

SISTEMA ELÉCTRICO EN TRANSFORMACIÓN

Resultados y lecciones aprendidas de los pilotos de sistemas de medición inteligente (SMI)



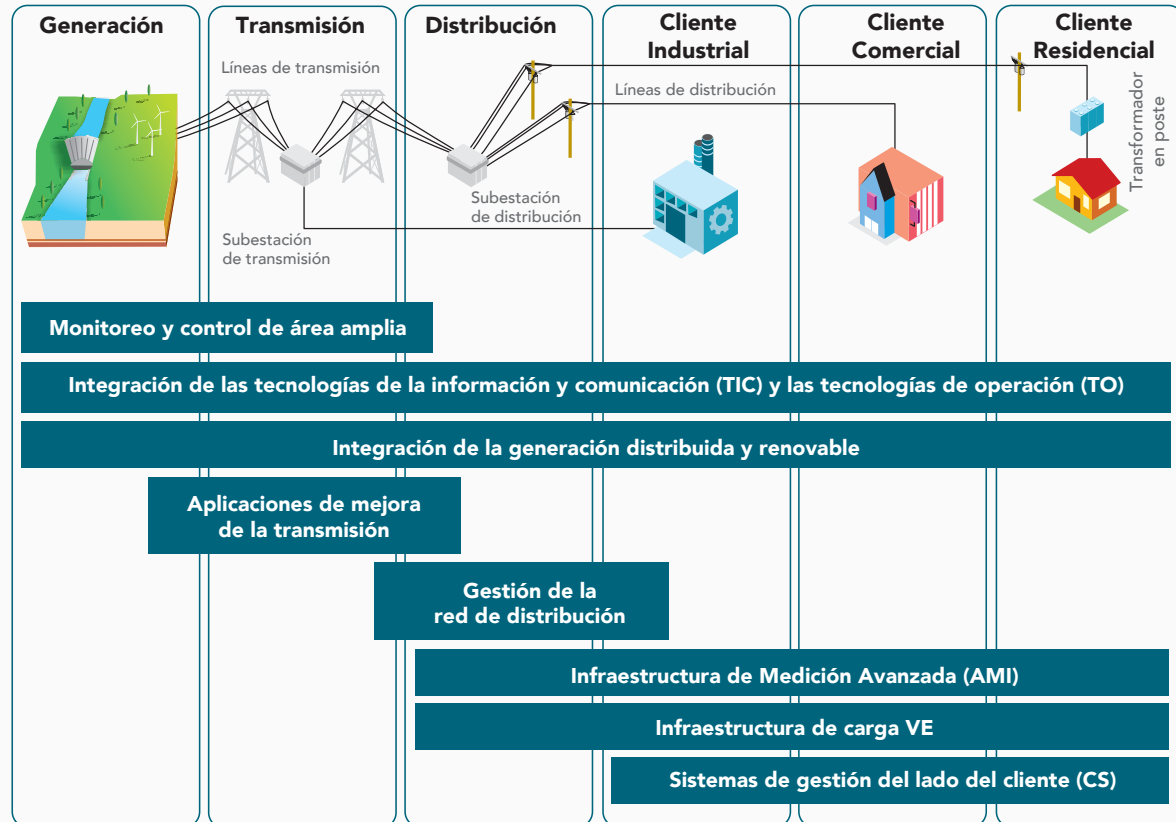


1

Introducción

La creciente penetración de los recursos energéticos distribuidos (DERs), que en su mayoría están conectados a la red de media y baja tensión, el aumento de la demanda máxima de los usuarios y el desarrollo de nuevos usos, como los vehículos eléctricos, impulsan una transformación significativa de la red eléctrica. De hecho, los flujos de energía en este nuevo escenario son bidireccionales y se establecen entre un número creciente de actores y dispositivos conectados y, como resultado, se vuelven menos predecibles. Bajo este nuevo escenario las tecnologías de redes inteligentes, incluida la implementación de sistemas de medición inteligente (SMI) para clientes residenciales y comerciales y los equipos eléctricos inteligentes con capacidad de comunicación (por ejemplo, reconectores, sensores y dispositivos de protección), permitirán el desarrollo de mayores flexibilidades en el sistema y contribuirán a mejorar la confiabilidad y eficiencia de la prestación del servicio¹. La adopción de las nuevas tecnologías y la digitalización de la red de distribución y su gestión (Figura 1) implicarán diversos cambios y una evolución en el conjunto de prácticas, procesos, capacidades, funciones de negocio y aplicaciones implementadas por las empresas de distribución de energía (EDEs) para la operación de la red y la prestación del servicio.

¹ Visión, estrategia y lineamientos para la Transformación Digital de las Empresas de Distribución Eléctrica del Perú, Catálogo de Tecnologías y Estándares desde la perspectiva del Modelo Arquitectural Smart Grid (SGAM), Proyecto "Distribución Eléctrica 4.0", 2022.

Figura 1: Categorización de tecnologías de red inteligente

Fuente: Technology Roadmap – Smart Grids. International Energy Agency, 2011.

Debido a los grandes avances que se han presentado en los sistemas de medición de energía, la medición inteligente se considera hoy como uno de los primeros pasos de evolución y transición hacia la red inteligente, en especial para las EDEs. Gracias al nivel de inteligencia y las capacidades de comunicación de los elementos que componen los sistemas de medición inteligente (SMI), la EDE estará en capacidad de desarrollar un sistema eléctrico que cumpla con las exigencias aún mayores de calidad, cobertura y sostenibilidad ambiental, a partir de la obtención de los datos de medición en tiempo real de los equipos de medida asociados a los clientes y a los sistemas de distribución (totalizadores, por ejemplo), a partir de los cuales se facilita la detección y anticipación de fallos en la red, la identificación de desviaciones en los patrones de consumo de los usuarios, la toma de decisiones inmediatas ante eventos y el direccionamiento oportuno de actividades de operación y mantenimiento. A nivel de usuario, los SMI permiten brindar a los clientes información detallada sobre su consumo de energía y facilita los medios para realizar una gestión más eficiente y económica del servicio; así mismo, habilita a la EDE para brindar a los clientes nuevos servicios y opciones, más allá de tan solo la disponibilidad de la energía eléctrica.

2

SISTEMAS DE MEDICIÓN INTELIGENTE – SMI

Desde el punto de vista regulatorio², los SMI se definen como sistemas de medición conformados por una infraestructura de comunicaciones, concentradores de datos, medidores inteligentes y sistemas de recolección, almacenamiento y gestión de datos; los cuales en conjunto permiten:

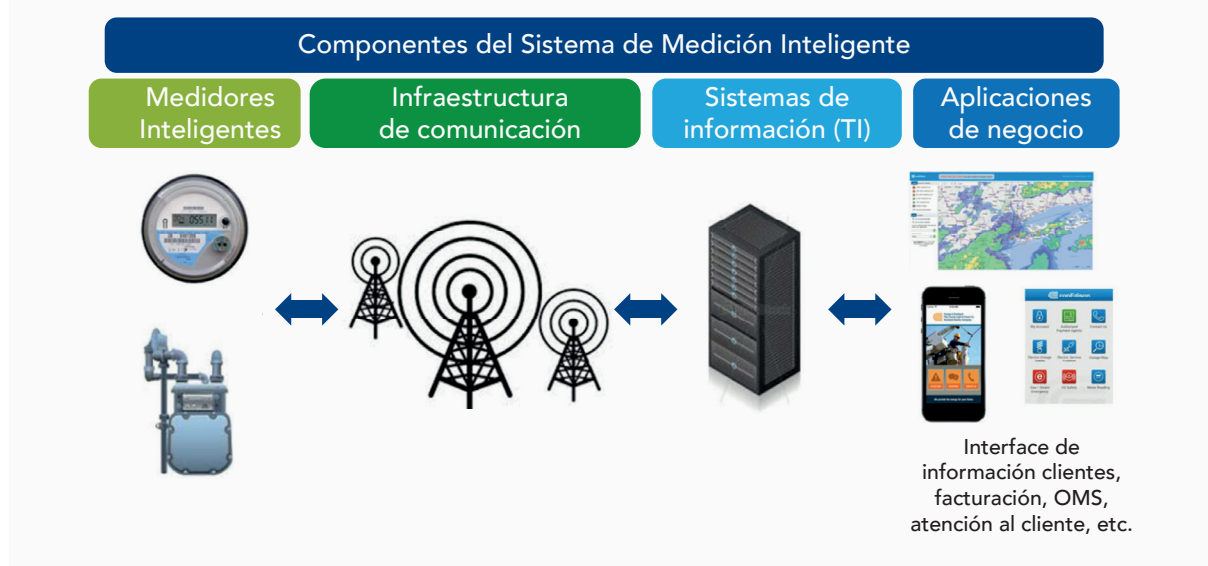


- Registrar, de forma detallada, el consumo eléctrico con una frecuencia establecida.
- Gestionar de forma remota y automatizada los equipos de medición.
- Gestionar la demanda, cortes y reconexiones de los equipos de medición y el registro continuo de los parámetros eléctricos.

La medición inteligente es una tecnología Smart Grid que tiene como objetivo la automatización del ciclo comercial de lectura, suspensión y reconexión del suministro de energía eléctrica, a través del uso de un sistema de comunicación bidireccional (basado en tecnologías de radio frecuencia y/o comunicación por línea de potencia) que asocia diversos elementos hardware (medidores inteligentes, colectores, concentradores de datos, entre otros) con el software para la administración de los datos de medida (HES y MDM), así como con los sistemas de gestión de usuarios (facturación, atención al cliente, etc.), tal como se ilustra en la Figura 2. Así mismo, el SMI permite el monitoreo y ayuda a controlar las actividades de la red de distribución, aumentando la eficiencia en su operación y la confiabilidad del flujo bidireccional de información de la electricidad transada entre consumidores y las EDEs.

La implementación de un SMI implica la integración de diversos equipos (hardware) y programas de sistema (software), comunicaciones e informática, capaces de interactuar entre sí de forma fiable, flexible y eficiente. Los principales componentes de la infraestructura de medición avanzada se resumen en la Tabla 1.

² Términos de Referencia para la Elaboración del Estudio de Costos del VAD 2022-2026 y 2023-2027, Gerencia de Regulación de Tarifas División de distribución Eléctrica. OSINERGMIN, enero 2022.

Figura 2: Arquitectura general de un Sistema de Medición Inteligente

Fuente: Con Edison AMI Business Plan, 2015.

Tabla 1: Componentes del sistema SMI

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Medidor Inteligente – Smart Meter	Dispositivos que miden y registran datos de uso de energía eléctrica (importada y exportada). Incorporan la capacidad de comunicación bidireccional confiable hacia otros equipos y sistemas de gestión para la lectura (remota o local), el procesamiento y la gestión de la medida, la gestión remota del suministro de energía eléctrica, la comunicación con otros dispositivos de la red y la comunicación con otros tipos de medidores (como medidores de gas o agua).
Concentrador de datos – UCD	Equipo que se encarga de recolectar los datos generados por una cantidad limitada de medidores, para luego transmitir esta información sobre la red de comunicación hacia los sistemas de información de la empresa de servicios. Típicamente los concentradores actúan como el punto de acceso de los sistemas de información empresariales (HES o MDC) a los medidores, agregando la información de múltiples medidores y transmitiéndola a través de la red AMI.
MDC – Meter Data Collector	Software encargado de recolectar de forma periódica o por demanda la información de medidores y concentradores.
HES – Head End System	El HES es un sistema compuesto por el hardware y software encargado de recolectar los datos generados por los sistemas de medición de energía en la red AMI actuando como un MDC. Adicionalmente incluye funciones de gestión y configuración de la infraestructura de comunicación y de los medidores inteligentes.
MDM – Meter Data Management	Sistema encargado de recolectar, validar, almacenar y administrar los datos de medición obtenidos por los sistemas de cabecera (HES o MDC), así como de procesar dichos datos en información fiable y optimizada que pueda ser utilizada por otros sistemas de información empresariales como, por ejemplo, facturación, CIS, OMS, etc.
Infraestructura de Comunicación	La infraestructura de comunicación puede estar soportada en varios medios y tecnologías para la transmisión de datos, incluyendo redes inalámbricas, microondas, redes por la línea de potencia - PLC, fibra óptica, entre otras, siendo totalmente flexible, puesto que, incluso, se puede disponer de sistemas de comunicación híbridos. Además, las interfaces de comunicación MDM – HES, HES – UCD, HES – Medidor y UCD – Medidor, pueden estar soportados por una amplia gama de estándares para intercambio de información, tales como IEC 61968, Multispeak, IEC 62056, ANSI (C12.19 y C12.22) y CLC/TS 50568.

De acuerdo con el contexto regulatorio las funcionalidades mínimas que deben cumplir los SMI a ser implementados en el Perú son las siguientes:

- Registros de energía y potencia en períodos que no superen el lapso de 15 minutos.
- Medición bidireccional, positivo aditivo, cuatro cuadrantes.
- El canal de comunicación debe permitir a la EDE obtener lectura de la demanda y eventualmente emitir órdenes al medidor para realizar tareas específicas.
- El medidor debe estar conectado a un sistema que permita informar al cliente en tiempo real sobre su uso actual u otra información que ayude al cliente a gestionar el costo y uso de la electricidad.
- Corte-reposición remoto.
- Posibilidad de limitación de potencia consumida por el usuario, para gestión de planes de control de la demanda.
- Opciones multi-tarifas / Tiempo de Uso y precios flexibles.
- Alerta de ausencia de tensión (Last Gasp).

Así mismo, el marco regulatorio peruano define los criterios mínimos que se deben tener en cuenta como base para la selección de tecnologías SMI apropiadas, las cuales se deben aplicar según el contexto de despliegue de cada EDE:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Arquitectura e infraestructura tecnológica. ■ Adaptabilidad a la topografía del terreno. ■ Adaptabilidad a las condiciones operativas de las conexiones de los clientes. ■ Adaptabilidad a las condiciones ambientales. ■ Adaptabilidad al estado operativo de la red eléctrica. ■ Adaptabilidad a la longitud de la red. ■ Adaptabilidad al tipo de transformadores de distribución. | <ul style="list-style-type: none"> ■ Capacidad de transmisión de información y confiabilidad operativa. ■ Complejidad de mantenimiento. ■ Seguridad de la información / Sistemas de recuperación. ■ Capacidad para identificar fallas en el sistema de comunicación. ■ Instalación. ■ Compatibilidad con la mayoría de los medidores del mercado. ■ Costo por unidad instalada. ■ Costos de mantenimiento. ■ Experiencia en la aplicación de la tecnología. |
|---|--|

3

PILOTOS SMI

La implementación e integración de los SMI y su despliegue masivo implican una serie de retos para las EDEs, entre los que se destacan:



Infraestructura de comunicación: Existen diversas tecnologías que soportan las interfaces de comunicación entre los diferentes componentes del sistema. Estas tecnologías deben cumplir con los requisitos de desempeño, fiabilidad y seguridad necesarios para que el sistema de medición inteligente opere apropiadamente, conservando una relación de costo eficiencia adecuada. Por ello se deben evaluar las tecnologías bajo diferentes criterios, tales como:

- Tipo de tecnología y bandas de operación.
- Costo total.
- Esfuerzo de despliegue e integración.
- Escalabilidad.
- Interoperabilidad y seguridad.
- Calidad de servicio.
- Ambiente de instalación.
- Ciclo de vida de la tecnología.
- Control (dependencia de terceros o infraestructura propia).



Interoperabilidad: La interoperabilidad en el contexto de la medición inteligente se define como la habilidad de dos o más componentes del sistema de intercambiar información y de utilizar la información intercambiada para el propósito para el que está diseñado el componente (IEC 62056-1-0). Desde el punto de vista de implementación y despliegue implica:

- Asegurar la interoperabilidad de una población heterogénea de sistemas y dispositivos.
- Gestionar las generaciones de software de los sistemas y de firmware y hardware de los dispositivos.
- La gestión de múltiples canales de comunicación soportados por diferentes tecnologías y estándares.
- Proporcionar escalabilidad y desempeño.



Ciberseguridad: la ciberseguridad busca mantener la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información intercambiada por los diferentes componentes que conforman un SMI. El componente de seguridad es una funcionalidad intrínseca de la que debe estar dotado un sistema de medición inteligente y puede estar asociada a la protección del canal de comunicación y/o a la protección de los datos intercambiados (seguridad de extremo a extremo). Esto implica la gestión e implementación como parte del SMI de diferentes servicios de seguridad, tales como:

- Autenticación.
- Privacidad.
- Identificación.
- Autorización.
- No repudio.
- Control de acceso.



Puesta en operación: la puesta en operación implica tanto la adopción de las tecnologías como su integración a los procesos y sistemas de información de la empresa para su operación, de tal forma en que se puedan aprovechar todas sus funcionalidades y obtener todos sus beneficios. Para ello es indispensable conocer aspectos tales como:

- Funciones soportadas: lecturas, tipos de datos, corte y conexión, gestión de alarmas, monitoreo, etc.
- Comportamiento de los medidores.
- Principios de operación de las tecnologías.
- Consideraciones de configuración.
- Tipos y tiempos de respuesta.
- Modelo de datos y eventos.
- Integración con sistemas de información.



Formación del capital humano: implica la capacitación adecuada del recurso humano para facilitar la toma de decisiones y la operación y gestión del SMI. Las competencias adquiridas deben permitirle al personal de la empresa:

- El diseño del sistema, de acuerdo con el contexto de aplicación de la empresa.
- Las pruebas de verificación y aceptación de tecnologías SMI.
- La gestión de los datos generados por el sistema.
- La operación y mantenimiento del sistema.
- El escalamiento del sistema, incluyendo la plantificación y priorización de los despliegues.



Participación de los clientes: el despliegue de los SMI debe involucrar procesos de socialización adecuados con los clientes, de tal manera que estos acepten la nueva tecnología y reconozcan sus diferentes beneficios. Además, para lograr que los clientes impactados con los despliegues puedan percibir los beneficios de la medición inteligente, se deben implementar mecanismos de información (aplicativos móviles o páginas Web) apropiados en donde puedan:

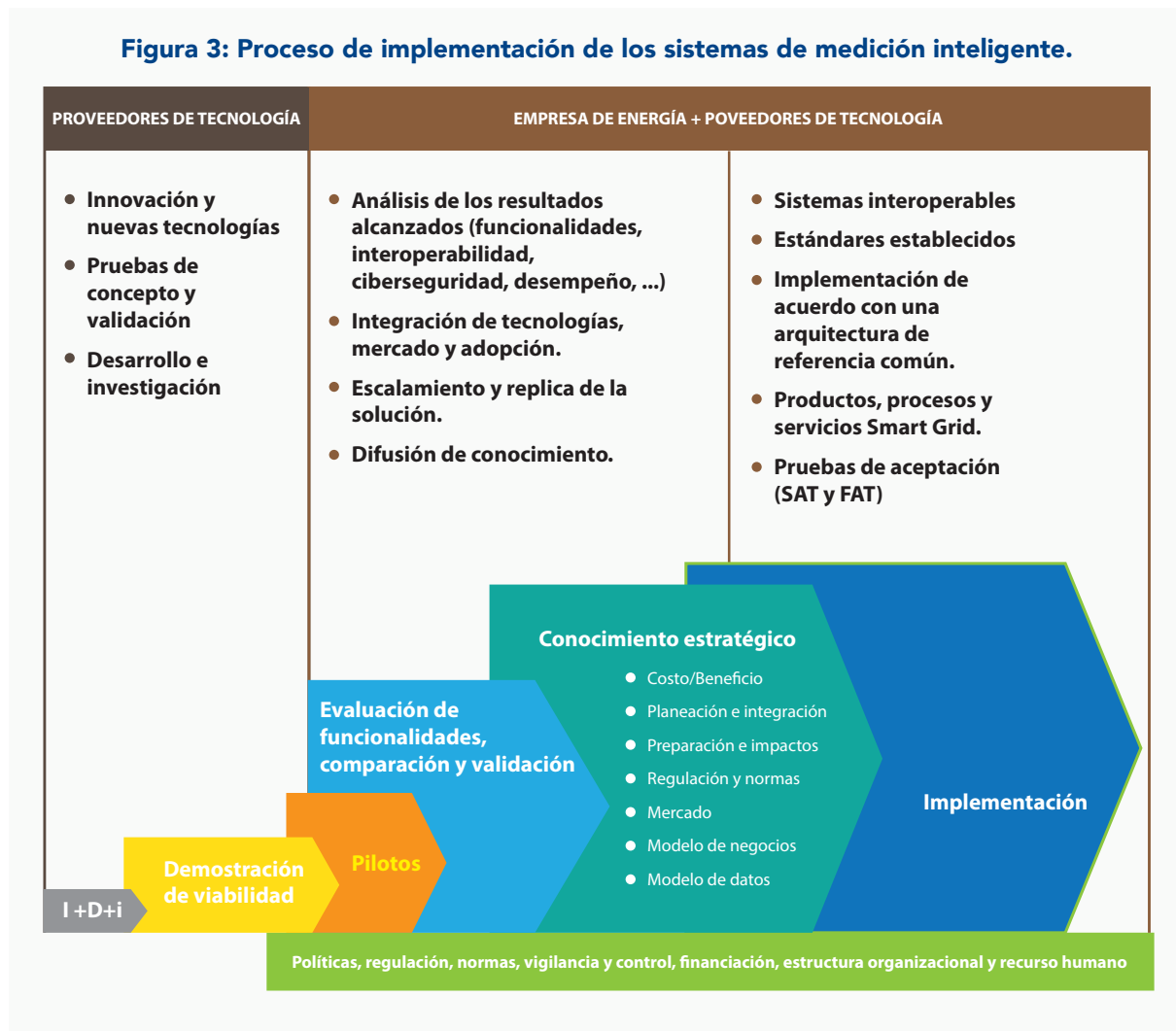
- Monitorear el uso de la energía casi en tiempo real (actualización de la información periódica). Se recomienda habilitar una interfaz simple e intuitiva que presente la información de forma comprensible y gráfica.
- Contar con información agregada que le permita tomar decisiones para gestionar sus consumos y el costo del servicio.
- Contar con recomendaciones para realizar un uso más eficiente de la energía.
- Contar con la opción de conocer cuál sería el costo del servicio en su opción tarifaria y en las demás opciones a las que pueda aplicar.
- Descargar sus perfiles históricos de consumo.

Es por ello por lo que, para afrontar de manera adecuada la adopción e implementación de los SMI, el marco normativo y regulatorio del Perú permite que las EDEs realicen hasta dos pruebas piloto previo al despliegue masivo³ en hasta el 1% de sus clientes. Durante el periodo de fijación del VAD 2018-2022 y 2019-2023, OSINERGMIN aprobó para 14 EDEs la elaboración de proyectos piloto de SMI en sus concesiones. El número de clientes sobre los cuales se efectuarían dichos pilotos representa el 1.09% del total de clientes de las EDEs involucradas.

Los proyectos piloto se definen como proyectos a pequeña escala utilizados para evaluar la viabilidad, duración, costo, desempeño, confiabilidad, funcionalidades y aceptación previo a un despliegue a gran escala, por ejemplo, de nuevas tecnologías o servicios. Así, el proceso de adopción y despliegue de los SMI inicia con la evaluación, comparación y validación de diferentes tecnologías de medición inteligente existentes, mediante el despliegue de pruebas piloto que le permitan a la empresa adquirir el conocimiento estratégico necesario para garantizar una implementación y escalamiento costo eficiente, técnicamente viable, confiable, interoperable y seguro (Figura 3). Así mismo, los pilotos permiten que el personal de todas las áreas involucradas de la EDE adquiera las competencias necesarias para la correcta especificación, planeación y despliegue del sistema.

³ Decreto Supremo 018-2016-EM (DS 018-2016) y Decreto Supremo 028-2021-EM (DS 028-2021).

Figura 3: Proceso de implementación de los sistemas de medición inteligente.



Fuente: Smart Grid Pilot Projects and Implementation in the Field. De Boer, P., Verhaegh, N. (2016).

3.1 EVALUACIÓN DE LOS PILOTOS SMI

Desde el punto de vista de fiscalización, el organismo regulador ha considerado los siguientes lineamientos para la evaluación de los pilotos⁴:

- Como información base se toma el programa de ejecución del proyecto del SMI aprobado.
- La información mínima requerida para la fiscalización de los pilotos es:
 - Informe de avance de ejecución de los SMI.
 - Base de datos de los avances del programa de ejecución de medidores y concentradores.
 - Presupuesto del proyecto y montos facturados a través del cargo adicional del VAD establecido para el piloto SMI.
 - Criterios de características y funcionabilidad en operación.

4 Resolución de Consejo Directivo Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería OSINERGMIN N° 238-2022-OS/CD.

- Indicadores de cumplimiento:
 - **Cumplimiento de ejecución del proyecto de SMI (CESM):** determina el grado de cumplimiento de la ejecución de las actividades del proyecto con respecto a las programadas en el proyecto piloto SMI aprobado.
 - **Cumplimiento de ejecución del presupuesto (CEP):** determina el grado de ejecución del presupuesto, con respecto al presupuesto aprobado en los alcances del proyecto piloto SMI.
 - **Desviación de los criterios de funcionalidad en operación (DCF):** evalúa el grado de cumplimiento de las características y funcionalidades del equipamiento SMI en operación, según lo considerado en la propuesta del proyecto aprobado.

Desde el punto de vista de la empresa y con el objetivo de adquirir el conocimiento estratégico necesario para la planeación e implementación de los despliegues masivos, económica y técnica, se recomienda que durante el piloto SMI se evalúen y/o registren los siguientes aspectos técnicos y operativos:



Aspectos técnicos del SMI: permite conocer las funcionalidades y principios de operación de las tecnologías. Así mismo, permite identificar el cumplimiento de los requerimientos técnicos mínimos:

- **Referencias y características técnicas de los medidores instalados:** marca, modelo, tipo de conexión, etc.
- **Arquitectura tecnológica de la solución:** componentes del sistema, tecnologías de comunicación utilizadas, topología, etc.
- Número de medidores instalados, número de concentradores instalados y número de medidores gestionados por concentrador, número de totalizadores instalados.
- **Variables medidas y reportadas al HES:** registros, perfiles, eventos, alarmas, etc.
- **Funcionalidades implementadas:** lectura remota, corte/conexión, limitación, prepago, etc.
- **Seguridad del sistema:** canal de comunicación, acceso a los medidores, acceso a los concentradores, etc.
- **Procesos implementados para la gestión de los datos del SMI:** laboratorio, aprovisionamiento de medidores, facturación, gestión del servicio (suspensión y reconexión), servicio prepago, calidad de servicio (notificación de cortes de suministro), información al cliente, etc.
- **Información presentada al cliente:** estado del servicio, perfiles de consumo, valor de la facturación, eventos, etc.
- **Integración del SMI a otros sistemas de información:** facturación, OMS, etc.



Caracterización de clientes intervenidos: la caracterización de los clientes intervenidos permite una evaluación integral de los pilotos, en especial la identificación de los beneficios percibidos por los usuarios del servicio. Esta información será de utilidad para la planeación de los despliegues, la selección de tecnologías apropiadas y la priorización de inversiones:

- **Tipos de clientes:** residencial, comercial, industrial, etc.
- Fechas de instalación (duración del piloto).
- **Tipo de predio y/o instalación:** bloques de edificios, predio individual, instalaciones comerciales, etc.
- **Tipo de zona:** urbana, semi-rural, rural, etc.
- **Tarifas:** de los clientes intervenidos



Desempeño operativo del SMI: la evaluación del desempeño operativo de las soluciones del SMI permite identificar oportunidades de mejora y el posible impacto en los procesos operativos de la EDE. Se resalta la evaluación de la calidad del canal de comunicación, ya que de éste depende en buena parte la confiabilidad y eficiencia de las funcionalidades del SMI:

- Eficiencia en la toma de lecturas de forma remota.
- Eficiencia en las acciones de corte y conexión.
- Eficiencia en la notificación de eventos de limitación (en caso se haya implementado la funcionalidad).
- **Evaluación del canal de comunicación (PLC/RF):** estadísticas de medidores con comunicación al concentrador.
- Instalación de elementos adicionales para mejorar las comunicaciones (por ejemplo, filtros PLC).



Beneficios operativos: con base en las funcionalidades del SMI se deben identificar y cuantificar los beneficios operativos alcanzables. Se recomienda contar con una línea base y definir indicadores clave de desempeño (KPIs) específicos para cada uno de los posibles beneficios identificados:

- Reducción de tiempos de ejecución de procesos de corte/reconexión del servicio.
- Disminución de errores de facturación.
- Disminución de facturación con valores promedio.
- Disminución de reclamos por parte de los clientes.
- Reducción en los tiempos de duración de las interrupciones del servicio.



Beneficio para los clientes: la implementación del SMI debe traducirse en beneficios directos e indirectos para los clientes. Por ello es importante cuantificarlos y habilitar las herramientas necesarias para que los clientes puedan alcanzarlos, como por ejemplo las interfaces de acceso a la información. La cuantificación de beneficios debe tener en cuenta la caracterización de los clientes y partir de líneas base especificadas apropiadamente:

- **Cambio de tarifa:** clientes con uso de tarifa BT5F, por ejemplo.
- **Acceso de los clientes a información de consumo:** número de clientes que acceden a la información de consumo.
- **Reducción en los costos de energía para los clientes:** niveles de reducción de consumo de energía alcanzados, niveles de reducción de valores facturados, etc.

4

RESULTADOS Y LECCIONES APRENDIDAS

Diferentes EDEs del país han iniciado el despliegue de los pilotos SMI; algunas empresas incluso cuentan con experiencias previas (pruebas de concepto) aplicadas a un número limitado de clientes. El objetivo de la implementación de los pilotos SMI se ha orientado inicialmente a la optimización de los procesos de medición de registros de consumo de energía, así como a la gestión remota de las acciones de corte y reconexión del servicio, la gestión de alarmas y otras funcionalidades del sistema, que se traduzcan a futuro en nuevos servicios y opciones para los clientes.

En las siguientes secciones se describen los principales resultados y lecciones aprendidas obtenidas a partir de la ejecución de los proyectos piloto por parte de las EDEs.

4.1 Diseño del piloto

Los objetivos de la implementación de los SMI pueden ser muy diferentes en cada EDE y dependen de la realidad de cada empresa y de las características particulares del área de influencia y clientes a impactar con el despliegue SMI. La definición de estos objetivos debería ser el punto de partida para el diseño del proyecto piloto. Con estos objetivos definidos, la EDE puede establecer los casos de uso o procesos de negocio (prepagos, facturación, etc.) que serán impactados o soportados por la medición inteligente, e identificar las funcionalidades que deben ser soportadas por el sistema. A partir de los objetivos se pueden definir las métricas adecuadas para verificar el cumplimiento de las funcionalidades y para cuantificar los costos y los beneficios del sistema.

De igual manera, durante el proceso de diseño del SMI es recomendable involucrar a todas las áreas cuyos procesos se verán impactados por la medición inteligente (comercial, operación y mantenimiento, TIC, planeación, entre otras). Tradicionalmente, se ha limitado a las gerencias de comercialización y de TIC de las EDE; sin embargo, es necesario reconocer, desde el inicio, los desafíos que supondrán la integración a nivel de los sistemas de información y de operaciones de la empresa, con el ánimo de aprovechar todas las funcionalidades del sistema y alcanzar sus beneficios, facilitar el escalamiento y reducir los costos de implementación, por lo que es necesario el establecimiento de un equipo multidisciplinario que involucre a todas las áreas usuarias.

4.2 Despliegue del sistema

Para garantizar una correcta implementación del sistema y previo al despliegue en campo es recomendable identificar qué pruebas se pueden realizar sobre los sistemas, tanto in situ (Site Acceptance Testing – SAT) como en fábrica (Factory Acceptance Testing – FAT), de tal manera que se garanticen los requerimientos y funcionalidades solicitadas. En ese sentido, es importante incorporar en los Términos de Referencia la metodología que se va a aplicar y cuáles serán los componentes bajo prueba (MDM, HES, concentradores de datos, medidores). Como parte de la metodología se deben definir y describir los casos de prueba incluyendo procedimientos y criterios de aceptación (Figura 4). Esta misma metodología se puede utilizar para comprobar la correcta operación del equipamiento una vez este desplegado en campo.

Figura 4: Ejemplo de metodología de pruebas

Metodología	Pruebas funcionales	Pruebas de integración
<ol style="list-style-type: none"> Definición y descripción de los casos de prueba. Despliegue del ambiente de pruebas. Ejecución de los casos de prueba. Documentos y reporte de resultados. Socialización de lecciones aprendidas. 	<ul style="list-style-type: none"> Bidireccionalidad Función prepago/pospago Lectura de registros acumulados Lectura de registros instantáneos Lecturas programadas. Perfiles Eventos y alarmas Configuración Actualización de firmware. Corte y conexión remota Ultimo suspiro Limitación de corriente Llamadas por petición (ODR) Interoperabilidad y Ciberseguridad Comunicaciones Confiabilidad ... 	<ul style="list-style-type: none"> Aprovisionamiento de medidores Descarga de perfiles Eventos Registros de cierre diario Lecturas por demanda (ODR) Conexión/desconexión del suministro.
Componentes bajo prueba <ul style="list-style-type: none"> MDM HES Concentradores Medidores: directa (1P2W, 3P4W,...), semidirecta (3F) 		Protocolos <ul style="list-style-type: none"> ANSI: C12.19, C12.18, C12.21, C12.22 DLMS/COSEM (IEC 62056): modelo de datos y transporte de mensajes. IDIS ...
		Tecnologías <ul style="list-style-type: none"> G3-PLC, PRIME PLC, ZIGBEE, LoRa, Celular (2G/3G/4G), Ethernet...

Fuente: Transformación Energética, los retos de la Medición Inteligente, Taller de sensibilización a las EDEs, Proyecto Distribución Eléctrica 4.0, 2022.

Típicamente los contratos para la implementación de los SMI son llave en mano, a través de la selección de contratistas especializados. Como lección aprendida, es importante que los despliegues sean acompañados también por el personal de la EDE para que éste se familiarice con la tecnología, los procesos de despliegue y puesta en operación, las herramientas utilizadas y las dificultades que se pueden presentar durante las instalaciones (técnicas, procedimentales y sociales). Este conocimiento le permitirá a la EDE implementar y/o ajustar de forma adecuada los procesos de operación y mantenimiento del sistema. El acompañamiento permitirá también identificar las necesidades de formación/capacitación del personal de la EDE, tanto de la operativa en campo como de la operativa a nivel de gestión empresarial.

4.3 Operación del sistema SMI

Se ha identificado que trabajar con tecnologías basadas en estándares y protocolos abiertos para habilitar las comunicaciones y el intercambio de datos entre los componentes del sistema permite no solamente contar con un amplio número de soluciones basadas en dichos estándares, si no que, adicionalmente, permitirá dotar de flexibilidad y eficiencia al SMI, reduciendo la necesidad de invertir esfuerzos y recursos en las integraciones y sentando las bases para el escalamiento y masificación futura. Asimismo, al utilizar tecnologías basadas en protocolos y/o estándares abiertos, se permite a los desarrolladores y fabricantes innovar y mejorar los productos y servicios de manera independiente; y se evita la dependencia de tecnologías propietarias, reduciéndose la dependencia de un solo proveedor y se incentiva una mayor competencia en el mercado.

Durante la operación del sistema y teniendo en cuenta una definición apropiada de KPIs, las EDEs generarán conocimiento valioso con relación a la forma en que realmente funcionan las tecnologías e identificarán las brechas de desempeño entre

lo ofrecido por los proveedores en las fichas técnicas y lo que realmente obtienen. Esto permitirá caracterizar y evaluar las tecnologías SMI implementadas en diferentes escenarios de aplicación con lo cual se obtendrá la experiencia necesaria para mejorar los requerimientos técnicos y funcionales de cara a un despliegue masivo. Se recomienda evaluar todos los componentes del sistema: medidores de energía, concentradores o colectores de datos y Head-End System.

Así mismo, a partir de la evaluación funcional de los pilotos se han evidenciado las siguientes lecciones aprendidas:

- El HES es un componente de especial relevancia en el SMI, dado que permite centralizar y automatizar la toma de lecturas, el almacenamiento de los datos y la gestión de los medidores y concentradores. Por ello se debe prestar especial atención a la identificación y validación de las funcionalidades habilitadas y soportadas por este sistema, así como de las capacidades y limitaciones de almacenamiento y de concurrencia de comandos de lectura y acciones sobre los dispositivos en campo. Esta caracterización es de especial importancia en los despliegues masivos.
- Se evidencia la necesidad de implementar tareas de sincronización de reloj, tanto para los medidores inteligentes como para los concentradores, de tal manera que se garantice que la fecha y hora de estos dispositivos esté sincronizada con la fecha y hora legal del Perú. Para implementar esta funcionalidad se puede aprovechar el cliente NTP del que disponen los concentradores de las diferentes marcas.
- Se evidencia la necesidad de realizar un monitoreo continuo del estado de comunicación de los medidores, aprovechando las funcionalidades que soporta el sistema para tal fin (Figura 5). Estas funcionalidades pueden variar según la tecnología SMI implementada. Es recomendable optar por soluciones que permitan evaluar tanto las comunicaciones de red de vecindario NAN/FAN (RF y/o PLC), como las comunicaciones de área amplia WAN.

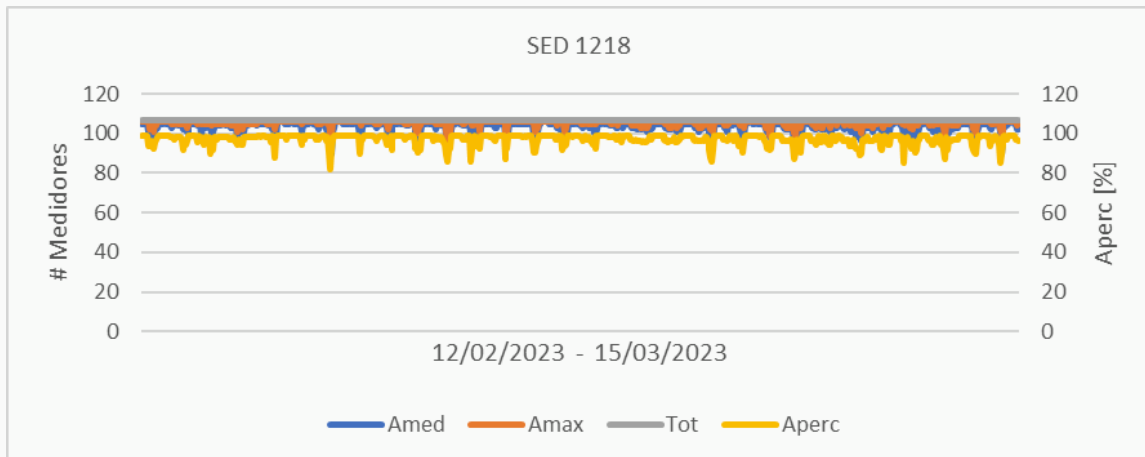
Figura 5: Ejemplo de contenido – Reporte G01 Calidad de Comunicaciones, Concentrador CIRCUTOR

```
<Report IdRpt="G01" IdPet="0" Version="3.4">
  <Cnc Id="CIR4622142233">
    <G01 Fh="202303181100000000w" Amed="1" Amax="1" Tot="287" Aperc="0.34"/>
    <G01 Fh="202303181200000000w" Amed="1" Amax="1" Tot="287" Aperc="0.34"/>
    <G01 Fh="202303181300000000w" Amed="1" Amax="2" Tot="287" Aperc="0.34"/>
    <G01 Fh="202303181400000000w" Amed="1" Amax="2" Tot="287" Aperc="0.34"/>
    <G01 Fh="202303181500000000w" Amed="1" Amax="3" Tot="287" Aperc="0.34"/>
    <G01 Fh="202303181600000000w" Amed="18" Amax="52" Tot="287" Aperc="0.34"/>
    <G01 Fh="202303181700000000w" Amed="30" Amax="58" Tot="287" Aperc="5.22"/>
    <G01 Fh="202303181800000000w" Amed="14" Amax="31" Tot="287" Aperc="9.75"/>
    <G01 Fh="202303181900000000w" Amed="22" Amax="37" Tot="287" Aperc="0.34"/>
    <G01 Fh="202303182000000000w" Amed="32" Amax="65" Tot="287" Aperc="5.22"/>
    <G01 Fh="202303182100000000w" Amed="9" Amax="22" Tot="287" Aperc="4.18"/>
    <G01 Fh="202303182200000000w" Amed="16" Amax="47" Tot="287" Aperc="16.37"/>
    <G01 Fh="202303182300000000w" Amed="31" Amax="45" Tot="287" Aperc="14.63"/>
    <G01 Fh="202303190000000000w" Amed="58" Amax="107" Tot="287" Aperc="35.19"/>
    <G01 Fh="202303190100000000w" Amed="84" Amax="134" Tot="287" Aperc="33.10"/>
    <G01 Fh="202303190200000000w" Amed="192" Amax="253" Tot="287" Aperc="86.06"/>
    <G01 Fh="202303190300000000w" Amed="253" Amax="265" Tot="287" Aperc="91.63"/>
    <G01 Fh="202303190400000000w" Amed="224" Amax="266" Tot="287" Aperc="63.76"/>
    <G01 Fh="202303190500000000w" Amed="148" Amax="182" Tot="287" Aperc="29.96"/>
    <G01 Fh="202303190600000000w" Amed="86" Amax="114" Tot="287" Aperc="29.96"/>
    <G01 Fh="202303190700000000w" Amed="44" Amax="79" Tot="287" Aperc="9.75"/>
    <G01 Fh="202303190800000000w" Amed="8" Amax="31" Tot="287" Aperc="0.34"/>
    <G01 Fh="202303190900000000w" Amed="1" Amax="5" Tot="287" Aperc="0.34"/>
    <G01 Fh="202303191000000000w" Amed="1" Amax="2" Tot="287" Aperc="0.34"/>
    <G01 Fh="202303191100000000w" Amed="1" Amax="7" Tot="287" Aperc="0.34"/>
    <G01 Fh="202303191200000000w" Amed="2" Amax="10" Tot="287" Aperc="0.34"/>
    <G01 Fh="202303191300000000w" Amed="1" Amax="11" Tot="287" Aperc="3.48"/>
    <G01 Fh="202303191400000000w" Amed="1" Amax="10" Tot="287" Aperc="1.74"/>
    <G01 Fh="202303191500000000w" Amed="9" Amax="25" Tot="287" Aperc="1.74"/>
    <G01 Fh="202303191600000000w" Amed="5" Amax="15" Tot="287" Aperc="2.78"/>
    <G01 Fh="202303191700000000w" Amed="16" Amax="36" Tot="287" Aperc="2.78"/>
    <G01 Fh="202303191800000000w" Amed="11" Amax="6" Tot="287" Aperc="0.34"/>
```

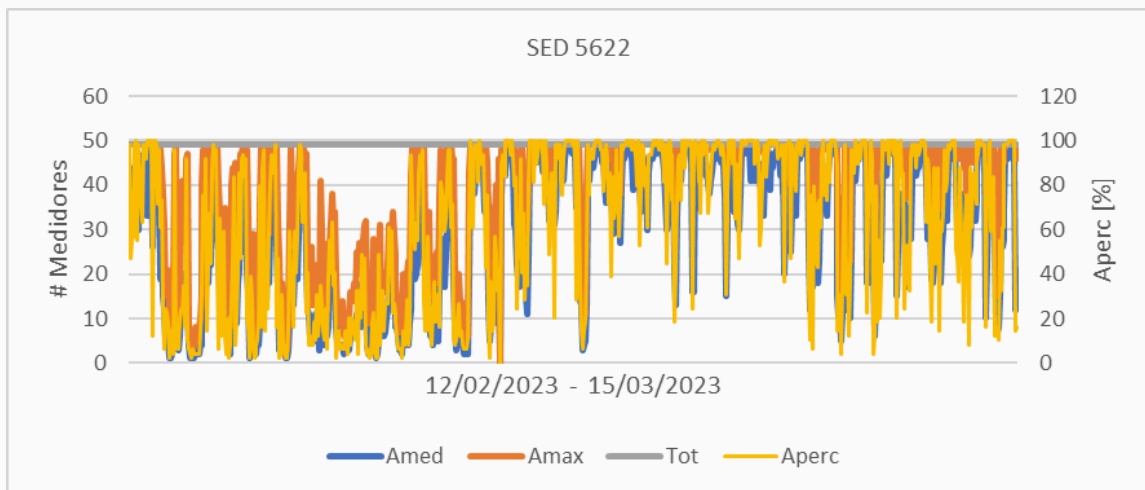
Fuente: Reporte de Avance, Proyecto Piloto SMI SEAL, 2023.

Este monitoreo permite identificar comportamientos no esperados o situaciones que afecten las comunicaciones, tales como la presencia de ruido, atenuaciones de señal o interferencia en los canales de comunicación. Se debe tener en cuenta que estas situaciones pueden ser esporádicas o continuas en el tiempo, por lo que pueden requerir de un análisis detallado (Figura 6).

Figura 6. Ejemplo de diagnóstico de comunicaciones – Tecnología PRIME PLC



Porcentaje de medidores con comunicación (Aperc): 97.3%



Porcentaje de medidores con comunicación (Aperc): 63.4%

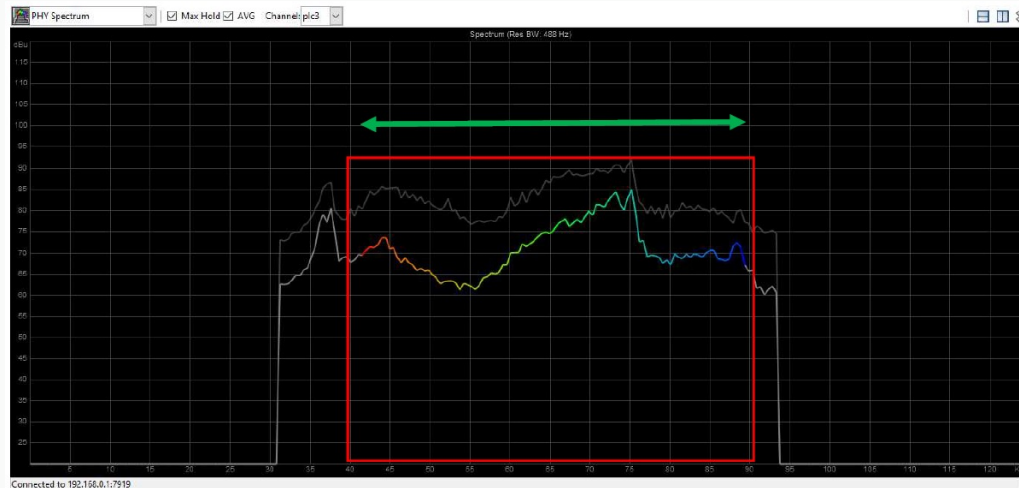
Fuente: Reporte de Avance, Proyecto Piloto SMI SEAL, 2023.

Un análisis más detallado permitirá identificar las acciones a realizar para garantizar altos niveles de fiabilidad, ya sea ajustando la configuración de los medidores (umbrales de voltaje de operación de los módulos de comunicación) o instalando filtros y/o repetidores en aquellos clientes que presenten altos niveles de ruido o interferencia. Este análisis puede requerir el uso de herramientas y personal especializado (Figura 7).

Figura 7. Ejemplo de análisis de frecuencia de señales PLC para identificación de interferencias



Análisis de frecuencia en suministro 72271

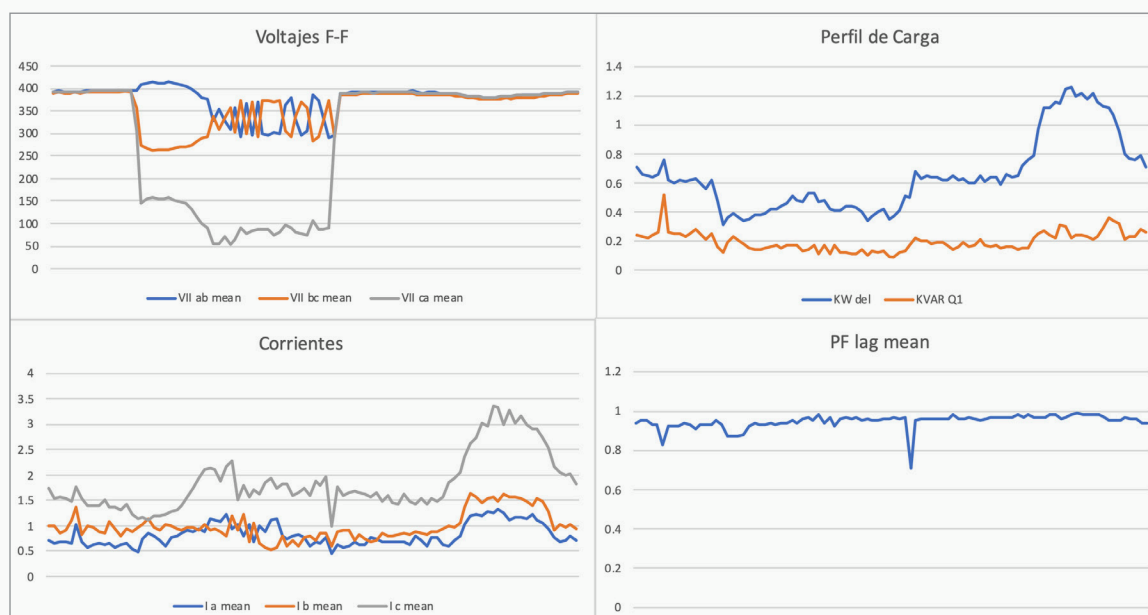


Análisis de frecuencia en suministro 65126

Fuente: Reporte de Avance, Proyecto Piloto SMI SEAL, 2023.

- Para el caso de los concentradores PLC, la capacidad de medición embebida que incorporan (supervisor) permite tomar registros de energía, perfiles de carga y registros de instrumentación de la SED. Para el caso de soluciones RF se recomienda incluir como parte del SMI los totalizadores. Los datos generados por estos medidores se pueden aprovechar, por ejemplo, para el cálculo de balances, la planeación de la expansión de la red o la identificación de anomalías en la prestación del servicio (Figura 8).

Figura 8. Ejemplo de identificación de anomalía en los voltajes de fase de una SED en baja tensión



Fuente: Reporte diagnóstico monitoreo SED en baja tensión HIDRANDINA, Proyecto Distribución Eléctrica 4.0, 2023.

- Es recomendable además que las EDE identifiquen los requerimientos necesarios para que la infraestructura de comunicaciones desplegada en el piloto SMI se pueda aprovechar con el fin de habilitar la comunicación con otros tipos de dispositivos de gestión y monitoreo de la red de distribución, tales como detectores de paso de falla, elementos de automatización (por ejemplo, reconectores), monitores de transformadores y luminarias para alumbrado público inteligente. Esto puede ser aprovechado para presentar proyectos tipo PITEC y MCS a ser financiados por cargos adicionales en los futuros procesos de fijación tarifaria del VAD. Establecer sinergias entre proyectos se convierte en un punto clave que ayudará además a obtener buenos ratios de Costo-Beneficio que viabilicen los proyectos de red eléctrica inteligente.

4.4 Integración del SMI a los sistemas de información de la empresa

Durante la implementación de los pilotos SMI es necesario que las EDE identifiquen los procesos comerciales, operativos y de planeación que serán impactados por los sistemas de medición inteligente. Conocer las funcionalidades del sistema permitirá una apropiada actualización de los procesos para posibilitar el desarrollo de nuevos servicios, el tránsito de los flujos de datos entre los sistemas nuevos y los heredados y la obtención de beneficios a partir de la información generada por los medidores inteligentes. Así mismo, es importante anticipar la actualización de procesos comerciales centrales, tales como: aprovisionamiento y alta de los medidores, lectura de medidores para facturación, servicios de corte y reconexión, mantenimiento,

entre otros. En ese sentido, se deben identificar y evaluar las funcionalidades y/o mecanismos disponibles en los Head-End System para la integración con otros sistemas de información, las cuales típicamente están soportadas en APIs o Servicios Web. Por ejemplo, la medición inteligente impacta directamente el proceso comercial de la prestación del servicio; para poder aprovechar los beneficios de la gestión remota de los medidores se requiere crear un nuevo proceso para integrar las lecturas obtenidas desde el HES al sistema comercial de la empresa.

4.5 Seguridad física y cibernética del sistema

La seguridad tanto de los dispositivos como de los datos que generan es una capacidad intrínseca de la que debe estar dotado cualquier SMI. Por ello es recomendable:

- Identificar los mecanismos y herramientas disponibles en el sistema para garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos generados por los dispositivos que lo componen.
- Identificar los mecanismos y medios disponibles para garantizar la seguridad física de los dispositivos en campo, tales como logs de eventos de acceso, sensores de apertura de tapa bornera y envoltente, sensores de campo magnético, entre otros.
- Definir procesos para gestionar los eventos y alarmas de seguridad generadas por el sistema.
- Realizar pruebas de hacking ético a los componentes del sistema para identificar vulnerabilidades y oportunidades de mejora.
- Incidir para que en todo momento el SMI utilice las mejores características de seguridad con las que cuente.

4.6 Procesos operativos y marco regulatorio

Se recomienda que la EDE realice un análisis del impacto de la adopción de las tecnologías SMI en los procesos de prestación del servicio, en especial desde el punto de vista del marco regulatorio vigente, con el ánimo de identificar barreras o posibles oportunidades de mejora que deban ser conocidas por OSINERGMIN. Por ejemplo, se evidenció una barrera regulatoria que limita alcanzar los beneficios económicos de la operación remota de los medidores inteligentes, particularmente de la función de desconexión de suministro, ya que el procedimiento de suspensión (corte) del servicio sigue requiriendo de la asistencia de personal de la empresa en sitio para la instalación del sticker de notificación de suspensión del servicio.

4.7 Competencias del personal de la EDE

Los SMI – y en general el despliegue de tecnologías basadas en red inteligente – requieren de la formación del capital humano. Este desarrollo de capacidades debe estar orientado a: (i) el diseño del sistema (identificación de tecnologías, dispositivos y sistemas de información, redes de comunicación, requerimientos que deben

cumplir estos dispositivos, las características, funcionalidades mínimas, requisitos de integración y requisitos mínimos de cara a la operación de la empresa); (ii) conocimiento e interpretación de pruebas de verificación y aceptación de los componentes y sistemas; y (iii) gestión, integración y analítica de datos.

4.8 Uso de la información por parte de los clientes

La implementación de los SMI debe generar beneficios para los clientes, lo que se logra especialmente a partir del conocimiento de sus patrones de consumo. Por ello es importante contar con herramientas de acceso a dicha información de forma sencilla y comprensible para los clientes, con base en la cual puedan tomar decisiones apropiadas para hacer un uso eficiente del servicio. Así mismo la empresa debe implementar indicadores que permitan conocer la recurrencia en el uso de las plataformas, la información de mayor interés para los usuarios y los beneficios económicos por un uso eficiente de la energía alcanzados por los clientes; esto incluye el impacto económico de la adopción de tarifas por franjas horarias, como la BT5F. Los resultados de estas evaluaciones serán un insumo fundamental para la cuantificación de los beneficios y la definición de estrategias para que los clientes puedan alcanzarlos.

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

Decimocuarta Edición - Lima - Mayo 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

