



**LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS
VIRTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN
ACCIONES PARA LA MASIFICACIÓN
DE LA MEDIDA EN AMI**

DOCUMENTO DE TRABAJO

Diciembre de 2018

NOTA DE RESPONSABILIDAD –

Las opiniones que contenga este documento son parte de un ejercicio en desarrollo de identificación y análisis sectorial para consolidar acciones de transformación del sector eléctrico colombiano y no necesariamente representan la opinión oficial de una entidad o empresa de la Organización Colombia Inteligente.

La información contenida en este documento de trabajo podrá ser reproducida en cualquier medio o formato siempre y cuando se mencione explícitamente a Colombia Inteligente.

Colombia Inteligente
Todos los derechos reservados 2018 ©

COLOMBIA INTELIGENTE

Somos una red colaborativa, conformada por empresas y entidades, para la inserción integral y eficiente de los sistemas inteligentes a la infraestructura del sector eléctrico colombiano con el propósito de disminuir riesgos y maximizar beneficios a los actores de interés.

Principios

- **Fomentar** el desarrollo de soluciones tecnológicas integrales y eficientes para viabilizar la inserción de los sistemas inteligentes.
- **Acelerar** la creación de valor mediante un proceso de coparticipación intersectorial.
- **Compartir** conocimientos y experiencias para fortalecer el desarrollo tecnológico de las empresas y entidades.

Objetivo

Ser un arquitecto estratégico que promueve el desarrollo integral y eficiente de los sistemas inteligentes en Colombia para contribuir al acceso universal de la energía, a una participación activa de los ciudadanos, la productividad, la competitividad y el desarrollo sostenible del sector eléctrico y del país.

- **Fomentar** la generación de capacidades y conocimiento para el desarrollo de los sistemas inteligentes, en forma sinérgica y colaborativa.
- **Promover** pilotos y proyectos en sistemas inteligentes, propiciando las alianzas estratégicas con otros sectores de la economía e identificando fuentes de financiación.
- **Influir** la política, la regulación y la estandarización para la implantación de los sistemas inteligentes.
- **Generar** una organización sustentable, capaz de lograr los objetivos anteriores.

Con base en lo anterior, la organización desarrolla los ejes de trabajo soportados en actividades transversales para generar valor a la organización que redundará en beneficio del sector eléctrico colombiano y el país.

Miembros Comité Directivo



Institucionales Comité Directivo



EJES DE TRABAJO

1	Empoderamiento del usuario	Fomentar la participación de la demanda (gestión eficiente de la energía y respuesta demanda), la virtualización de la medida y la masificación de la medición inteligente (medición flexible)
2	Integración de tecnologías	Desarrollo de un sistema distribuido (tecnologías, microrredes y conexión)
3	Transformación del sistema eléctrico	Transformación digital, vigilancia y evolución tecnológica (arquitectura y funciones tecnológicas, espectro radioeléctrico, seguridad digital e interoperabilidad de los activos)

ACTIVIDADES

1	Monitorear tecnologías y métodos en el marco de los sistemas inteligentes aplicados al sector eléctrico
2	Promover arquitecturas y estándares para la adaptación de las transformaciones tecnológicas del sector eléctrico
3	Soportar la apropiación de tecnología aplicable, escalable y transferible en el sector eléctrico colombiano
4	Proponer criterios para evaluar y certificar tecnologías
5	Brindar lineamientos para una normativa proactiva

PROPUESTA DE VALOR

1	Un equipo con alto conocimiento técnico y comprometido para asesorar requerimientos del sector
2	Un espacio para la discusión de temas sectoriales
3	Realizar un trabajo conjunto y colaborativo para fortalecer e impulsar proyectos

ROLES Y RESPONSABILIDADES

Equipo Colombia Inteligente	Participantes empresas/entidades
1. Coordinar las actividades de socialización, discusión y aprobación. 2. Proponer material de trabajo. 3. Construir los documentos de formulación del proyecto. 4. Consolidar los resultados de las actividades realizadas.	1. Participar en las actividades asignadas. 2. Proponer y asesorar al grupo respecto a temas técnicos. 3. Gestionar con sus respectivas empresas/entidades su participación o la de otros representantes. 4. Socializar las actividades con su empresa/entidad.

El foco de Colombia Inteligente está orientada a cuatro líneas estratégicas: la generación de conocimiento, el desarrollo de proyectos tecnológicos, el fortalecimiento sectorial y la sostenibilidad organizacional.

SIGLAS

AMI: Infraestructura de medición avanzada (Advanced Metering Infrastructure).

AMR: Sistemas automáticos de lectura de contadores (Automatic Meter Reading).

BEMS: Sistema de gestión energía – edificaciones (Building and Energy Management System).

CIS: Sistema de información comercial (Commercial Information System).

CGM: Centro de Gestión de la Medida.

CMI: Modelo común de información (Common Information Model).

CND: Centro Nacional de Despacho, entidad encargada de la planeación, supervisión y control de la operación integrada de los recursos del sistema.

CNO: Consejo Nacional de la Operación.

CONPES: Consejo Nacional de Política Económica y Social.

CSIRT: Equipo de Respuesta ante Incidencias de Seguridad Informáticas (Computer Security Incident Response Team).

DER: Recursos de energía distribuidos (Distributed Energy Resource).

DERMS: Sistema de gestión recursos de energía distribuidos (Distributed Energy Resource Management System).

DLMS: Especificaciones del mensaje para el lenguaje con los dispositivos (*Device Language Message Specification*).

DMS: Sistema de gestión de la distribución (Distribution Management System).

DSO: Operador del sistema de distribución (Distribution System Operator).

DRMS: Sistema de gestión respuesta de la demanda (Demand Response Management System).

EAI: Integración de Aplicaciones Empresariales (Enterprise Application Integration).

EAM: Sistema gestión de activos empresarial (Enterprise Asset Management).

EMS: Sistema de gestión de energía (Energy Management System).

ESB: Bus de Mensajes Empresariales (Enterprise Message Bus).

FTP: Protocolo de transferencia de archivos (File Transfer Protocol).

GIS: Sistema de información geográfico (Geographic Information System).

HEMS: Sistema de gestión energía – hogar (Home and Energy Management System).

HES: Sistema de procesamiento, configuración y recolección de datos (Head End Systems).

HTTP: Protocolo de transferencia de hipertexto (Hypertext Transport Protocol).

ICCP: Protocolo de comunicación de centros de inter-control (Inter-Control Center Communications Protocol - IEC 60870-6/TASE.2).

LCC: Costo del ciclo de vida (Life-cycle cost).

MDC: Sistema de recolección de datos de medida (Meter data collector).

MDM: Sistema de gestión de la medida (Meter Data Management).

MSMQ: Software de mensajería segura de Microsoft (Microsoft Message Queuing).

MTD: Tiempo Máximo Tolerable de Interrupción.

NERC: Corporación norteamericana para la confiabilidad eléctrica (North American Electric Reliability Corporation's).

OMS: Sistema de gestión de eventos-fallas (Outage management system).

OR: Operador de la red. Persona encargada de la planeación de la expansión, las inversiones, la operación y el mantenimiento de todo o parte de un STR o SDL, incluidas sus conexiones al STN.

PLC: Power Line Carrier.

RMI: Método de invocación remota (Remote Method Invocation, point-to-point protocol).

RTO: Tiempos estimados de recuperación.

RTU: Unidad de Terminal Remota (Remote Terminal Unit).

SCADA: Supervisión, Control y Adquisición de Datos (Supervisory Control And Data Acquisition).

SDL: Sistema de Distribución Local. Sistema de transporte de energía eléctrica compuesto por el conjunto de líneas y subestaciones, con sus equipos asociados, que operan a los Niveles de Tensión 3, 2 y 1.

SIN: Sistema Interconectado Nacional.

SOA: Arquitectura Orientada a Servicios (Service Oriented Architecture).

SOC: Centros de Operaciones de Seguridad (Security Operations Center).

STR: Sistema de Transmisión Regional. Sistema de transporte de energía eléctrica compuesto por los Activos de Conexión del OR al STN y el conjunto de líneas, equipos y subestaciones, con sus equipos asociados, que operan en el Nivel de Tensión 4.

STN: Sistema de Transmisión Nacional. Es el sistema interconectado de transmisión de energía eléctrica compuesto por el conjunto de líneas, equipos de compensación y subestaciones que operan a tensiones iguales o superiores a 220 kV, los transformadores con este nivel de tensión en el lado de baja y los correspondientes módulos de conexión.

TIC: Tecnologías de la Información y Comunicación.

UC: Conjunto de elementos que conforman una unidad típica de un sistema eléctrico, destinada a la conexión de otros elementos de una red, al transporte o a la transformación de la energía eléctrica, o a la supervisión o al control de la operación de activos.

VE: Vehículo eléctrico (Electric Vehicle).

VPN: Red privada virtual (Virtual Private Network).

WAN: Red de área amplia (Wide Area Network).

GRUPO DE TRABAJO COLABORATIVO: MEDICIÓN FLEXIBLE

La construcción de este documento se realizó con la participación de miembros de las siguientes empresas y entidades:

- CELSIA S.A. E.S.P.
- ENEL-CODENSA S.A. E.S.P.
- EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN S.A. E.S.P.
- ELECTRICARIBE S.A. E.S.P.
- UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA.

Medición Flexible

Brindar recomendaciones y lineamientos estratégicos en pro de habilitar la virtualización de la información de la medida en AMI, a partir del análisis de casos de estudio implementados con el fin de probar mecanismos y funcionalidades alternativos de visualización que favorezcan la flexibilización de la operación y la prestación de servicios de valor agregado al usuario en favor de la eficiencia energética, la respuesta a la demanda y los modelos de tarificación horaria, entre otros.

En este sentido, el análisis se estructuró de la siguiente manera:

- **Lecciones aprendidas:** producto de la implementación por parte de las empresas de casos de estudio aplicados a la virtualización de información de la medida en AMI, con enfoque en aspectos tales como: funcionalidades y mecanismos de virtualización, arquitectura, comunicaciones, interoperabilidad, ciberseguridad y gobernanza de datos, variables a desplegar, indicadores de gestión, consideraciones de puesta en servicio y operación, entre otras.
- **Recomendaciones y lineamientos estratégicos:** a partir del análisis de las experiencias internacionales referenciadas y los resultados de ejercicios de discusión y levantamiento de lecciones aprendidas que en la temática han sido propiciados entre las empresas participantes del grupo de trabajo colaborativo en Medición Flexible de Colombia Inteligente.

Nota: en el documento de trabajo titulado "REFERENCIAMIENTO: MEDICIÓN FLEXIBLE (VISUALIZACIÓN)" se presenta una descripción más amplia de las experiencias internacionales en torno a infraestructura de medición avanzada usando display virtualizado y se propone un listado de definiciones (Anexo A).

VIRTUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

ACCIONES PARA LA MASIFICACIÓN DEL DE LA MEDIDA EN AMI

El objetivo del presente documento es recopilar las lecciones aprendidas en torno a la virtualización de la información de la medida en el marco de implementación de la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) que adelantan las empresas del Grupo de Trabajo Colaborativo de Medición Flexible liderado por Colombia Inteligente, con el propósito de proponer lineamientos para proceso de reglamentación del AMI (Res. MME 4 0072/2018).

Las lecciones aprendidas aquí recopiladas son el resultado de un ejercicio de discusión adelantado por las empresas con base en los avances obtenidos de la implementación de casos de estudio aplicados y con enfoque en el estudio de esta funcionalidad específica del AMI que tiene que ver con la virtualización de la información de la medida; y su contraste con los resultados del referenciamiento de la experiencia internacional consolidados por Colombia Inteligente y el análisis de 4 casos de estudio.

Caso	Conceptualización (1)	Solución Web (2)	Solución Web/APP (3)	Solución Web/APP/PLC (4)
Funcionalidades	- Lecturas históricas de consumos.	- Reporte de lecturas y consumos. - Estimación de gastos (consumo energético). - Incentivar acciones que generen ahorros y conciencia de la medición avanzada.	- Reporte de lecturas instantáneas. - Reporte histórico de consumos.	- Lectura y fecha de lectura actual. - Lectura y fecha de lectura anterior. - Fechas de facturación. - Fechas de vencimiento. - Consejos de eficiencia energética. - Notificaciones de información facturada.
Datos a visualizar	- Energía real (kWh) – lectura. - Energía Reactiva. - Potencia aparente. - Factor de potencia. - Corriente (A). - Ángulo de fase en radianes. - Consumo (kWh) entre diferentes momentos. - Voltaje fase/neutro (V). - Voltaje fase/fase (V).	- Energía real (kWh) – lectura. - Curva consumo energético	- Corrientes. - Voltajes. - Energía real (kWh)	- Consumos facturados en kWh - Perfiles de carga en kWh por día, semana y mes (gráficos)
Medio de visualización	- Web. - APP (móvil).	- Web.	- Web. - APP (móvil).	- Web. - APP (móvil).
Actualización de información	Diaria.	Diaria (3 actualizaciones)	Diaria (nivel de capacidad de datos derivadas de la operación sobre redes celulares comerciales).	Diaria (configurable según tipo y/o carga del cliente y restricciones de la red de comunicación)
Comunicaciones	-	Protocolo TCP/IP en servicios HTTPS	- Zig Bee / XBEE Mesh (DLMS) - Wifi / 3G	- PLC. - Inalámbrico. - Protocolo propietario sobre Meters and More - Protocolo IP
Ciberseguridad	Acuerdo CNO 788 / 1043	Acuerdo CNO 788 / 1043	Acuerdo CNO 788 / 1043	- Acuerdo CNO 788 / 1043 - AES-CTR/AES-CMAC
Número de usuarios	-	> 200	32	274

En ese contexto, se trabajó en la consolidación de lecciones aprendidas en torno a lineamientos estratégicos clasificados alrededor de 2 aspectos principales: tecnológicos y de implementación.

Tópico	Lecciones aprendidas
Funcionalidades y mecanismos de virtualización	- Las empresas generalmente optan por funcionalidades básicas asociadas con la virtualización de consumos históricos, donde los periodos de reporte y actualización son parametrizables. - Otras funcionalidades y requisitos a nivel de la visualización por lo general demandan nuevas exigencias a nivel de arquitectura y comunicaciones que deben ser atendidas (comerciales, operativas). - Cualquier implementación de virtualización de información debe garantizar la coincidencia exacta entre la información compartida al usuario y aquella reportada en la facturación.
Arquitectura de la solución e interoperabilidad	- Las soluciones se implementan con base en arquitecturas centralizadas, donde la consulta de información se hace sobre la base de datos del MDM, que es interoperable (bajo normas IEC) con diferentes tipos y marcas de medidores gracias a la participación de protocolos estándar. - Soluciones de virtualización con enfoque IoT, de interés futuro por parte de algunas de las empresas, implican una comunicación directa y en línea entre el dispositivo de visualización y el medidor, lo que conlleva a mayores requisitos en términos de la interoperabilidad, disponibilidad y seguridad en las comunicaciones.
Comunicaciones	- El costo de las comunicaciones asociado con las soluciones AMI en general suele ser elevado, siendo función de la geografía, disponibilidad de soluciones de comunicación y condiciones particulares de los usuarios. - Las comunicaciones para el caso de soluciones AMI es común que sean soportadas por redes celulares comerciales, pese a que las mismas no están en capacidad de dar las condiciones exigidas por dichos sistemas a nivel de confiabilidad, disponibilidad y velocidad de descarga de información, entre otras.
Ciberseguridad y gobernanza de datos	- Pese a que existen lineamientos de política en términos de seguridad de la información, se requiere definir los criterios de gobernanza de datos. - Resulta indispensable que la seguridad de información sea garantizada extremo a extremo, en la totalidad del tramo comprendido entre el MDM y el medidor, por ejemplo, mediante la implementación de canales seguros VPN entre concentrador-MDC-MDM y de protocolos de ciberseguridad en la conexión de los medidores. - Sin lineamientos claros sobre el tratamiento de datos, la información generada a través de AMI no garantiza que el uso de dichos datos agregue valor para los diferentes agentes. - Aunque las empresas han incorporado mecanismos para la autorización para el tratamiento de datos, por lo general, estas autorizaciones se han limitado al uso de información solo para fines operativos. - En muchos casos, los procesos actuales de las empresas no garantizan la completa y oportuna actualización de la información en las bases de datos asociadas con los sistemas AMI. Muestra de ello es que existen por ejemplo, conexiones nuevas creadas a nombre de un constructor que nunca fueron actualizadas con el nombre del usuario final dueño de la conexión. - No existen mecanismos para la validación y certificación de la relación comercial/ operativa (cliente/predio), que se origina cuando un usuario virtual se registra en la plataforma web/app (dirección de correo).
Implementación, puesta en servicio y operación de la solución	- La aceptación de los usuarios frente a la virtualización de información en AMI, está directamente ligada con la percepción de valor agregado que puedan percibir frente a las funcionalidades ofrecidas. Según la experiencia histórica, se evidencia que los usuarios muestran inicialmente una resistencia frente a este tipo de soluciones, en parte por el control que se puede llegar a ejercer a través de ellas. De manera que, se vuelven críticos tanto la socialización como el acompañamiento al usuario frente a las quejas y requerimientos generados. - La segmentación de clientes es un factor clave en la planificar la estrategia de implementación de cara a la virtualización de la información en AMI. - El despliegue de AMI, y entendido dentro de este las soluciones de virtualización, puede llegarse a ver limitado por la dependencia de recursos de personal altamente capacitados. - Respecto a la medición se requiere al menos un dato diario completo que debe ser medido para el cálculo de los indicadores operativos definidos. - La satisfacción del cliente se puede medir preliminarmente a partir del indicador de ingresos a la página web y app, y posteriormente, con los resultados de encuestas aplicadas a usuarios del grupo de interés. - La calidad del servicio no involucra medición de indicadores, ya que se entiende que estará implícitamente satisfecha siempre que se cumpla con las exigencias regulatorias.

El ejercicio hace parte de las actividades desarrolladas por Colombia Inteligente con el fin de lograr la inserción integral y eficiente de los sistemas inteligentes a la infraestructura eléctrica, y particularmente, favorecer el despliegue e interoperabilidad de mecanismos alternativos (por ejemplo, virtuales) para visualización de la información de la medida en AMI.

El documento inicialmente presenta un resumen de los aspectos más relevantes identificados de la experiencia internacional referenciada en torno a la virtualización de información de la medida en AMI, y luego continúa haciendo una breve descripción y caracterización de los casos de estudio implementados por las empresas del Grupo de Trabajo. Finalmente, reporta el listado de lineamientos y recomendaciones estratégicas recopiladas, frente a los aspectos principales propuestos.

RECOMENDACIONES

A partir de las discusiones del Grupo de Trabajo Colaborativo en pro de habilitar la virtualización de la información de la medida en AMI, GTC Medición Flexible de Colombia Inteligente, estudios académicos, empresariales e institucionales, y la evidencia que se logró recopilar del avance en la implementación de los casos de estudio por parte de las empresas partícipes, se presentan las siguientes recomendaciones en pro de acceder a los beneficios ofrecidos por los mecanismos alternativos de visualización de la información, de cara a la flexibilización de la operación y la prestación de servicios de valor agregado al usuario.

Tópico	Recomendaciones y lineamientos estratégicos
Funcionalidades y mecanismos de virtualización	- Definir perfiles por tipo de usuario, según requerimientos para la visualización de la información. - Segmentar los clientes buscando priorizar la implementación sobre usuarios de interés. - Establecer mecanismos de comparación y control para la información virtualizada frente a los datos de facturación. - Vincular mecanismos de respuesta de la demanda.
Arquitectura de la solución e interoperabilidad	- Definir arquitectura objetivo referencial en el marco de AMI, para la funcionalidad de virtualización de la información bajo un modelo de interoperabilidad, ciberseguridad y articulado con la arquitectura de la operación. - Definir en la arquitectura el número de medidores o rangos aceptables para conectarse al modem del concentrador, generar soluciones tipo y limitar impactos por fallas en las comunicaciones.
Comunicaciones	- Implementar estrategias de optimización de ancho de banda y uso del espectro radioeléctrico. - Disponer los recursos necesarios para el despliegue de redes y soluciones de comunicaciones costo-eficientes de alta capacidad y disponibilidad.
Ciberseguridad y gobernanza de datos	- Ajustar requerimientos de ciberseguridad en el marco de AMI; cumpliendo con el acuerdo del 788 del CNO. - Ajustar lineamientos de política en el marco de AMI en términos de gobernanza de datos, que agregue valor a los diferentes agentes. - Incorporar procesos dinámicos y confiables de actualización y corrección de información por parte de las empresas. - Incorporar además, mecanismos de autorización para el tratamiento de datos en pro del cuidado de los datos, cumpliendo con la autorización expresa dada por el usuario para su uso.
Implementación, puesta en servicio y operación de la solución	- Trabajar en la definición de estrategias de socialización que enfatizen en los beneficios del AMI. - Definir reglas respecto de uso de los canales de comunicación a utilizar por los usuarios. - Posibilitar servicios de valor agregado a los usuarios, a partir de la instrumentalización de mecanismos de correlación entre la información comercial reportada por el usuario e información operativa.

CONTENIDO

1. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES.....	13
1.1. Virtualización de la medida.....	13
1.2. Experiencias	14
2. CASO COLOMBIA.....	20
2.1. Casos de estudio.....	20
2.1.1. Caso de estudio 1: conceptualización	21
2.1.2. Caso de estudio 2: solución web	22
2.1.3. Caso de estudio 3: solución web/APP.....	23
2.1.4. Caso de estudio 4: solución PLC/APP.....	24
2.2. Lecciones aprendidas.....	27
3. RECOMENDACIONES	29
BIBLIOGRAFÍA	31

Figuras

Figura 1 Etapas de desarrollo de la experiencia de usuario en visualización	19
Figura 5 Arquitectura de la solución (Caso estudio 2)	22
Figura 2 Arquitectura de la solución (Caso estudio 3)	23
Figura 3 Arquitectura de la solución (Caso estudio 3)	24
Figura 4 Imágenes de la interfaz gráfica solución IHD (Caso estudio 3)	25

Tablas

Tabla 1 Visualización de la información AMI en Europa	15
Tabla 2 Ejemplos en visualización de información de la medida	17
Tabla 3 Casos de estudio en la virtualización de la información	20
Tabla 4 Características del caso de estudio 3	24
Tabla 5 Características del caso de estudio 4	25
Tabla 6 Lecciones aprendidas en la virtualización de la información	27
Tabla 7 Recomendaciones para la virtualización de la información	29

1. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

Ante la masificación de la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI), en busca de un mayor empoderamiento por parte de los usuarios, toma gran relevancia la forma en que estos pueden interactuar con el sistema, tanto para visualizar y monitorear variables, como para el procesamiento y clasificación de la información que facilite la toma de decisiones acerca de su consumo, autogeneración y cogeneración. Desde este punto de vista, el monitoreo de las variables enviadas por los equipos de AMI puede ayudar al usuario para saber oportunamente si hay un desperdicio en el consumo de energía, o si puede obtener ingresos/ahorros por la participación en el programas de respuesta de la demanda. Adicionalmente, con la implementación de AMI, se pueden obtener beneficios asociados a la lectura y operación remota de los medidores inteligentes, logrando disminuir costos asociados a la facturación manual, disminuir la oportunidad de corrupción en el manejo de la información y evitar el error humano (Tyndall, Marshall, Armstrong, & Marshman, 2011).

Las iniciativas para que el usuario juegue un papel activo en las redes eléctricas, buscan que éste asuma una posición de tomador de decisiones racional basado en la disponibilidad de información, bajo la premisa que el usuario busque maximizar sus beneficios económicos. Sin embargo, la disponibilidad de información debe ser acompañada por educación al usuario final, con el objetivo de utilizarla en su beneficio, además de cambios culturales y sociales, debido a que los hábitos de los usuarios no incluyen el monitoreo constante de su comportamiento energético (Foulds, Rosalyn, & Macrorie, 2017).

1.1. Virtualización de la medida

En ese sentido, el canal o mecanismo de comunicación con el que el usuario recibe la realimentación de su consumo juega un papel fundamental. A continuación, se describen algunos de los canales usados para la visualización del consumo energético:

- **In Home Display IHD:** son dispositivos físicos, diseñados exclusivamente para suministrar información al usuario que le permita tomar decisiones acerca de su consumo. La principal ventaja es la comunicación en periodos cercanos a tiempo real con el medidor, dichos dispositivos pueden incorporar herramientas de procesamiento e información, sin embargo esto puede incrementar sus costos.
- **Páginas Web:** la información suministrada por AMI se pone a disposición del usuario en una página web, donde a través de su identificación el usuario puede acceder tanto a variables eléctricas instantáneas, como históricos de consumo propios y promedio de usuarios con un comportamiento similar, precio de la energía, entre otras variables. Como principales desventajas, es necesario que el usuario posea una conexión a internet y la consulta instantánea de los medidores inteligentes puede saturar las redes de comunicación del operador de red.
- **Aplicaciones móviles:** este canal interactivo aprovecha el despliegue de teléfonos inteligentes para interactuar con el usuario, su funcionamiento es similar al de la página web con desventajas y ventajas similares.
- **Mensajes de texto:** la comunicación se realiza por mensajes aprovechando la red GSM, regularmente es una comunicación unidireccional de forma periódica, diaria o mensual. Sin embargo es posible que el usuario envíe comandos de texto y reciba en respuesta la información solicitada.
- **Llamadas telefónicas:** a través de llamadas telefónicas el usuario puede obtener información de su consumo, sin embargo dicha información es limitada a consumos instantáneos, promedio o acumulados.

- **Facturas informativas:** en este tipo de documentos, además de la información de la facturación, el usuario puede acceder a comparaciones de su consumo con datos históricos y de otros usuarios, y posibles recomendaciones para mejorar su comportamiento.

Otro aspecto fundamental es la visualización de variables por el usuario, de tal forma que le permita tomar decisiones informadas de su comportamiento energético.

Típicamente la información que se visualiza es:

- **Comportamiento horario del consumo:** información del comportamiento horario del consumo del usuario, identificando diferencias en horas pico y horas valle, así como oportunidades para obtener ahorros por la participación en esquemas de tarificación intradiaria.
- **Comparación entre pares:** consiste en la comparación de los niveles de consumo de energía con hogares de tamaño similar. Esta información puede incluir vecinos u hogares de tamaño similar. Permite a los participantes ver si usan más o menos electricidad que sus compañeros.
- **Comparación histórica:** muestra los niveles de consumo de electricidad actuales en comparación con los niveles de consumo previos. Los participantes pueden saber si redujeron o aumentaron su consumo en comparación con el mismo período del año pasado u otros períodos de tiempo.
- **Precio de la electricidad:** indica el precio actual de la electricidad por kWh. Sin embargo, esta información no incluye la factura actualizada.
- **Desglose del consumo:** el consumo de electricidad se desglosa según los electrodomésticos. La profundidad y el grado de descomposición pueden variar, pero en la mayoría de los casos se mide el consumo del horno, el refrigerador, el televisor y la iluminación. Permite a los participantes ver cuánta electricidad utilizan los dispositivos individuales y actuar sobre este. Sin embargo, requiere de sensores adicionales que le permitan desagregar el consumo energético.
- **Nivel de consumo actualizado:** presenta el nivel de consumo actual en kWh. En sí mismo, no incluye el costo de la electricidad o el valor actual de la factura. Sin embargo, si se combina con objetivos de consumo u objetivos que no deben excederse, puede ser un poderoso incentivo para reducir el consumo.
- **Costo actualizado (factura):** presenta la factura actualizada que permite a los hogares calcular sus costos actuales de electricidad y actuar en consecuencia.
- **Ahorro en comparación con períodos anteriores:** compara el ahorro de energía con períodos anteriores. Los hogares tendrían un objetivo determinado para sus consumos de energía, que sería un ahorro porcentual en los consumos de energía anteriores.
- **Medio ambiente (emisiones de CO₂):** Muestra la cantidad de CO₂ que emiten los hogares debido al consumo de electricidad. Esto presenta los costos ambientales o las consecuencias del consumo de energía de los hogares.

1.2. Experiencias

Varios países han emprendido la instalación de medidores inteligentes en sus sistemas eléctricos, principalmente en el contexto europeo, donde en 2009 la Unión Europea recomendó la adopción de medición inteligente en los estados miembros. Sin embargo, se rige por decisiones autónomas de los estados miembro de acuerdo con estudios de la relación beneficio costo de la implementación.

Italia, Finlandia y Suiza avanzan hacia la adopción de la tecnología con instalación de 45 millones de medidores, con otros 13 miembros. Sin embargo, en siete estados (Bélgica, República Checa, Alemania, Letonia, Lituania, Portugal y Eslovaquia), el análisis de costo-beneficio fue negativo, lo que implica que el despliegue se retrasará o no se iniciará (EPRS , 2015).

Además, las empresas han incurrido en grandes inversiones en busca de proveer información a los usuarios acerca del comportamiento de su consumo, principalmente en aplicaciones móviles y programas de computador; sin embargo, este tipo de aplicaciones coexisten con los display convencionales en el cuerpo del medidor. La tendencia en los últimos años es almacenar la información del consumo en un repositorio centralizado y por medio de diferentes dispositivos consultarla, para generar reportes y visualización de forma amigable para el usuario (Salas Prat, 2017).

A continuación, se describen algunos de los modelos desarrollados en el contexto internacional, en cuanto al acceso por terceros a la información del usuario, periodicidad de actualización y canal utilizado.

Tabla 1 Visualización de la información AMI en Europa
Fuente: Adaptado de (Salas Prat, 2017)

País	Acceso por terceros	Periodicidad	Canal
Austria	Sí. Los consumidores tienen derecho a acceder a sus datos de consumo de forma gratuita. Terceros pueden acceder con el permiso del usuario.	12.00 h del día siguiente al consumo	Vía el portal web operado por la DSO.
Países Bajos	Sí. El mercado tiene la responsabilidad de proporcionar a los clientes la información sobre el consumo y el precio en tiempo real. El consumidor puede autorizar a un proveedor de servicios a utilizar en tiempo real sus datos para recibir servicios más allá del nivel mínimo regulado	Tiempo real	Los terceros pueden acceder a los datos a través de un servidor de acceso central (CAS), gestionado por el DSO. Los datos de consumo se almacenan localmente en los hogares y son accesibles e interoperables.
Noruega	Sí. Con el permiso del consumidor, las terceras partes tienen también acceso a los datos	Los consumidores y los comercializadores pueden acceder a los datos a las 9.00 h de la mañana del día siguiente al consumo. Los datos horarios son almacenados durante 15 meses y los datos semanales, durante tres años.	Se puede acceder a los datos a través del centro de datos centralizado Elhub
Finlandia	Sí. Con el permiso del consumidor, terceros tienen acceso a los datos.	El día siguiente al consumo. Los datos horarios deben ser almacenados durante al menos seis años.	Portal web del distribuidor (DSO). En el 2015 se empezó a desarrollar el data hub (donde está involucrado el TSO) y está previsto que opere en el 2019.

País	Acceso por terceros	Periodicidad	Canal
Irlanda	Sí. Además, los usuarios pueden acceder a sus datos localmente.	Acceso diario a lecturas de media hora para comercializadores, distribuidores y terceras partes.	Los consumidores pueden acceder a los datos de consumo en tiempo real a través de la red de telecomunicaciones de casa (wifi), cuando sea técnicamente posible.
Dinamarca	Sí. A través de un <i>data hub central</i> puede ponerse a disposición de terceros (desde el 4 de abril del 2016). Los consumidores pueden acceder a sus propios datos de forma gratuita. Los datos deben poder ponerse a disposición de los proveedores de servicios energéticos (los cuales deben estar registrados en Dinamarca, tener un sitio web y tener una razón viable para trabajar con los datos de consumo eléctrico) de forma gratuita y en un formato normalizado.	1-2 días después de la medida	Mediante el data hub central, el cual es accesible a través de las páginas web de los comercializadores de energía. El cliente accede a su contador a través de la página web <i>eloverblik.dk</i> con su identificador (NemID) para ver y exportar sus datos. Los consumidores pueden compartir sus datos con terceros a través de la plataforma de este tercero, quien envía al consumidor un enlace donde debe conectarse con su NemID y dar acceso (datos actuales y hasta un año de históricos), de modo que la tercera parte podrá acceder en línea a través de una API.
España	Sí. A través del portal web del DSO.	Como máximo al cabo de siete días desde la medida.	A través del portal web del DSO, las terceras partes pueden acceder a los datos del consumidor con su contraseña y permiso en formato CSV o Excel.
Suecia	Sí. La transposición de la Directiva de eficiencia energética en la legislación sueca reconoce la figura de los proveedores de servicios energéticos.	Un día después de la medida.	En la actualidad, a través del DSO, si bien es necesario el permiso del consumidor para poder actuar en su representación. En el futuro esto se realizará a través de un concentrador de datos central.
Reino Unido	Sí. Independientemente del comercializador eléctrico, se permitirá a los consumidores optar por compartir los datos de los contadores inteligentes con terceros con licencia.	Un día después de la medida. En tiempo real para los consumidores domésticos a partir de 2017.	Los consumidores y terceros pueden acceder a los datos a través de DCC (<i>Data Communication Company</i>).
Francia	Sí. A través de Linky. Tanto los comercializadores como los proveedores de servicios energéticos pueden ofrecer cualquier tipo de servicio basado en estos datos una vez obtenido el consentimiento informado de los consumidores (los datos siguen siendo propiedad del cliente).	La información está disponible 24 horas después del momento del consumo en Linky, en una página web dedicada a ello con un gráfico que muestra los cambios en la demanda de energía doméstica en periodos de 10 minutos.	Se accede a través del DSO de manera equivalente al Green Button. Para acceder al dato en tiempo real, los consumidores deben instalar un dispositivo en el contador digital (que puede ser provisto gratuitamente por el comercializador o el proveedor del servicio energético). También permite el control de electrodomésticos y otros equipos, según tarifas.

En la Tabla 2, se describen algunos ejemplos desarrolladas en el contexto internacional para visualización de información de infraestructura de medición avanzada. Si bien existen beneficios en la implementación de display físicos en los hogares (IHD) gracias a la disponibilidad de información de forma continua, la proliferación de dispositivos inteligentes como teléfonos, computadores y tabletas permiten una interacción más amigable y de menor costo para los usuarios. Las tendencias tecnológicas inspiradas en el ambiente ofrecen más información impresionista con menos gráficos y datos numéricos, utilizando dispositivos más estéticos, ergonómicos e intuitivos y convirtiendo el conocimiento del consumo un factor aspiracional para los usuarios.

Tabla 2 Ejemplos en visualización de información de la medida
Fuente: Elaboración propia

Nombre	País	Canal	Funcionalidades
i-Energy	Argentina	• APP	• Demanda Actual de energía en Watts. • Consumo en kWh. • Comparación con el consumo del mes pasado, y un proyectado para el final del mes en curso. • Gráfico con el consumo histórico de energía en los últimos 12 meses. • Lectura de los contadores de energía Activa y Reactiva del medidor. • Información de recarga prepago. • Facturación.
My energy: First Utility	Reino Unido	• Web • APP	• Consumo de energía eléctrica. • Recomendaciones de eficiencia energética. • Ahorros de energía. • Temperatura. • Comparación con pares. • Producción con generación distribuidas. • Gestión de carga de vehículos eléctricos.
Kamstrup Smart Meter	Europa	• Web • APP	• Lectura móvil. • Lectura diaria mediante una red fija (opcional). • Lectura horaria mediante una red fija (opcional). • Lectura de contadores seleccionados en intervalos de 5 minutos (opcional). • Función de importación automática para importar la base de datos de clientes. • Visualización gráfica de los datos leídos. • Visualización geográfica de contadores. • Visualización de datos registrados de contadores de calefacción, refrigeración y agua. • Filtros de búsqueda avanzados.
Iberdrola Distribución	España	• APP	• Gráfica el consumo diario, semanal y mensual. • Comparar el consumo entre dos días, semanas o meses distintos. • Comprobar si la potencia contratada es la adecuada. • Descargar curvas de consumo horario facturado en formato Excel/csv. • Acceder a su contador para consultar su estado (conectado o desconectado). • Reconectar su interruptor de control de potencia (icp) si ha disparado por sobrecarga. • Generación diaria, semanal y mensual.
Eneri Smart Metering System	México	• Web • IHD	• Consumo (kWh). • Voltaje (V). • Corriente (A). • Demanda instantánea (kW). • Energía reactiva (kVArh). • Perfiles de consumos. • Comparaciones con diferentes días. • Comparaciones con otros usuarios. • Pérdidas de energía.

Así mismo, diferentes estudios internacionales han demostrado como la disponibilidad de información proveniente de la medición avanzada, puede incidir en el comportamiento energético del usuario, permitiéndole obtener ahorros en la factura y optimizar el uso de la infraestructura. No obstante, para capitalizar dichos beneficios, la disponibilidad de información debe estar acompañada por programas de respuesta de la demanda, como opciones tarifarias intradiarias y sistemas de control para las cargas eléctricas (SEDC, 2012) (BEUC, 2012).

Un ejemplo de estos estudios es el SMART-UP adelantado por la Unión Europea, que asiste a los consumidores para entender su comportamiento energético y aporta conocimientos sobre cómo interactuar con estos hogares de manera efectiva para generar cambios de comportamiento del consumo energético (SMART-UP, 2018). En general, el proyecto evidencio que los usuarios valoran la posibilidad de verificar su consumo energético; sin embargo, pocos lo hacen.

A continuación se listan algunas recomendaciones derivadas del estudio:

- Enfocar las estrategias de comunicación a una comunidad, edificio o área en particular puede ayudar a aumentar el compromiso a través de un sentimiento de acción colectiva.
- La divulgación puerta a puerta podría funcionar cuando lo realizan compañías que ya son conocidas y confiables, pero es poco probable que sean exitosa cuando no hay relación previa.
- Proporcionar comunicaciones holísticas que brinden orientación en áreas como el cambio de proveedores, tarifas, métodos de pago, entre otras.
- Presente los consejos de manera adicional (por ejemplo, a través de contenido de video digital o en línea) para garantizar que el número máximo de hogares se pueda involucrar con una intervención.
- Las iniciativas de capacitación específicas para trabajadores con contacto directo con los usuarios o instaladores son útiles y pueden ayudar a marcar una diferencia, especialmente en lo que respecta a la identificación de irregularidades evidentes con el consumo y la facturación, y permitirles proponer tarifas más adecuadas, así como adoptar prácticas más eficientes energéticamente. La capacitación puede proporcionar los conocimientos básicos necesarios para identificar y abordar las causas de vulnerabilidad de los hogares con los que trabajan.
- Si bien, los hogares de bajos ingresos pueden beneficiarse de la mejora de la eficiencia energética en sus rutinas diarias, en la mayoría de los casos el uso de energía ya es mínimo, y se debe prestar una atención similar para asegurar que estos hogares también mantengan un confort térmico adecuado, y no participar en más "supresión de la demanda". Los esfuerzos deben estar dirigidos a brindar asesoramiento para comprender las facturas, tratar con las deudas de energía y acceder a otros servicios.

El éxito de una estrategia de visualización depende del desarrollo de la experiencia del usuario, en la que éste perciba fácilmente los beneficios de contar con información de su consumo para la toma de decisiones. En ese sentido, en la Figura 1 se muestran las etapas para el diseño de la experiencia del usuario; en la cual, para las etapas iniciales los esfuerzos se concentran en el uso de la tecnología y en la comunicación al interior de la empresa; mientras que para las etapas finales se concentran en la comunicación y divulgación pública (VaasaETT, 2012).



Figura 1 Etapas de desarrollo de la experiencia de usuario en visualización
Fuente: Tomado de (VaasaETT, 2012)

Una mayor descripción se presenta en el documento: "REFERENCIAMIENTO: MEDICIÓN FLEXIBLE (VISUALIZACIÓN)" con las experiencias internacionales en torno a infraestructura de medición avanzada usando display virtualizado y se propone un listado de definiciones (Anexo A).

2. CASO COLOMBIA

En el contexto de masificación de la infraestructura de Medición Avanzada (AMI) que viene siendo propiciado en el país, la implementación de mecanismos de virtualización de la información cobra gran relevancia con el fin de propiciar un mayor empoderamiento del usuario, a partir del monitoreo efectivo de variables de la medida que promuevan la toma de decisiones oportuna y consciente por parte del usuario respecto de sus consumos, y en consecuencia, el acceso y maximización de los beneficios económicos de allí derivados.

Acorde con el referenciamiento realizado, a la fecha el país cuenta con experiencias en materia de implementación de soluciones de virtualización de la información de la medida considerando el gran interés de las empresas del sector para promover el estudio y la validación de este tipo de funcionalidades en el contexto actual de AMI.

2.1. Casos de estudio

Producto precisamente de este interés, se analizaron 4 casos de estudio que se describen a continuación, actualmente en fase de implementación por parte de empresas del sector eléctrico colombiano, pero desde ya aportando resultados importantes con relación a los aspectos técnicos, funcionales, de servicio, etc., que involucra la planificación y puesta en servicio de este tipo de soluciones y brinden recomendaciones para lograr la implementación eficiente de la medición avanzada y su infraestructura asociada.

En la Tabla 3 se muestran las características de los 4 casos de estudio.

Tabla 3 Casos de estudio en la virtualización de la información
Fuente: Elaboración propia

Caso	Conceptualización (1)	Solución Web (2)	Solución Web/APP (3)	Solución Web/APP/PLC (4)
Funcionalidades	- Lecturas históricas de consumos.	- Reporte de lecturas y consumos. - Estimación de gastos (consumo energético). - Incentivar acciones que generen ahorros y conciencia de la medición avanzada.	- Reporte de lecturas instantáneas. - Reporte histórico de consumos.	- Lectura y fecha de lectura actual. - Lectura y fecha de lectura anterior. - Fechas de facturación. - Fechas de vencimiento. - Consejos de eficiencia energética. - Notificaciones de información facturada.
Datos a visualizar	- Energía real (kWh) – lectura. - Energía Reactiva. - Potencia aparente. - Factor de potencia. - Corriente (A). - Ángulo de fase en radianes. - Consumo (kWh) entre diferentes momentos.	- Energía real (kWh) – lectura. - Curva consumo energético	- Corrientes. - Voltajes. - Energía real (kWh)	- Consumos facturados en kWh - Perfiles de carga en kWh por día, semana y mes (gráficos)

Caso	Conceptualización (1)	Solución Web (2)	Solución Web/APP (3)	Solución Web/APP/PLC (4)
	- Voltaje fase/neutro (V). - Voltaje fase/fase (V).			
Medio de visualización	- Web. - APP (móvil).	- Web.	- Web. - APP (móvil).	- PLC. - APP (móvil).
Actualización de información	Diaria.	Diaria (3 actualizaciones)	Diaria (nivel de capacidad de datos derivadas de la operación sobre redes celulares comerciales).	Diaria (configurable según tipo y/o carga del cliente y restricciones de la red de comunicación)
Comunicaciones	-	Protocolo TCP/IP en servicios HTTPS	- Zig Bee / XBEE Mesh (DLMS) - Wifi / 3G	- PLC. - Inalámbrico. - Protocolo propietario sobre Meters and More - Protocolo IP
Ciberseguridad	Acuerdo CNO 788 / 1043	Acuerdo CNO 788 / 1043	Acuerdo CNO 788 / 1043	- Acuerdo CNO 788 / 1043 - AES-CTR/AES-CMAC
Número de usuarios	-	> 200	32	274

2.1.1. Caso de estudio 1: conceptualización

El caso de estudio 1 no constituye en sí una solución de virtualización de la información en fase de implementación, sino más bien un modelo conceptual construido a partir de la experiencia de la empresa en la definición e implementación de sistemas de medición prepago, y sistemas de control de pérdidas operados bajo esquemas análogos a los de medición avanzada, que permite extrapolar información de utilidad en el ámbito de la definición y planificación de soluciones de virtualización de información de la medida AMI.

Este modelo en particular, considera que la medición y el reporte de información, a través de mecanismos de virtualización, requerirá mínimo de las siguientes variables de consumo al usuario, ya sea vía página web y/o aplicativos para teléfonos móviles (APP):

- Energía real (kWh) – lectura.
- Energía Reactiva.
- Potencia aparente.
- Factor de potencia.
- Corriente (amperios).
- Ángulo de fase en radianes.
- Consumo (kWh) entre diferentes momentos.
- Voltaje fase neutro -voltios.
- Voltaje fase fase - voltios.

Los demás aspectos asociados con la implementación de la solución de virtualización, aunque no se describen aquí, si fueron considerados y sirvieron de insumo a la discusión que tuvo lugar como parte del trabajo de levantamiento y consolidación de lecciones aprendidas y recomendaciones y lineamientos estratégicos que se presentan a continuación.

2.1.2. Caso de estudio 2: solución Web

El caso de estudio 2 está asociado con una solución web que busca: a) proveer a los clientes de información sobre sus lecturas y consumos de forma oportuna y directa, b) crear conciencia en el usuario sobre el alcance de la medición avanzada, c) involucrar al usuario con la utilización de energía eléctrica e incentivar acciones que generen ahorros, y d) facilitar la estimación de gastos relacionados con el consumo energético.

La herramienta tiene alcance a los usuarios que cuentan con medición avanzada, a partir de equipos medidores de tipo bicuerpo, cuya unidad de medición centralizada y display se encuentran físicamente ubicados en la vivienda del usuario. El entorno web de la solución de virtualización reemplazaría el display, dejando a disposición del usuario su lectura y curva de consumos actualizada, información que es consultada en la Base de Datos del Sistema comercial. No hay comunicación directa entre la interfaz de usuario y la unidad de medida.

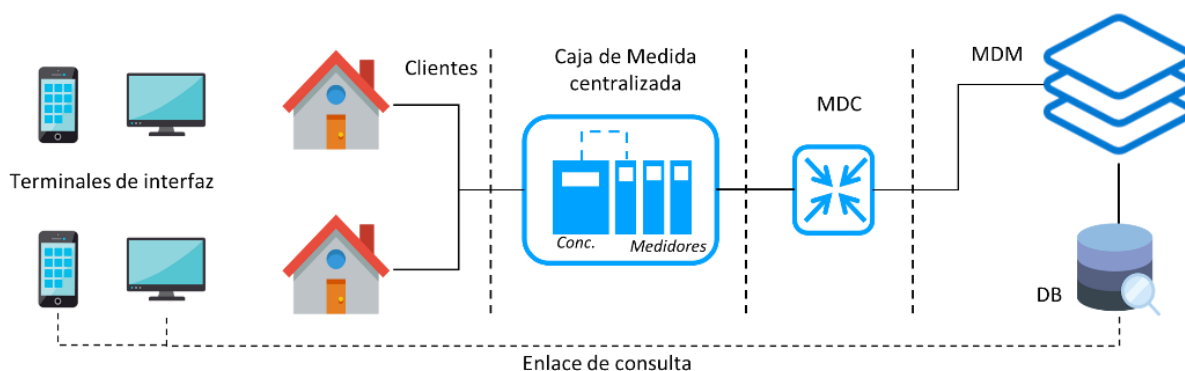


Figura 2 Arquitectura de la solución (Caso estudio 2)
Fuente: Elaboración propia de la empresa

En su primera etapa de implementación, la herramienta brinda acceso desde un navegador web y contará con las siguientes funcionalidades:

- Inicio de sesión por medio de un usuario y contraseña proporcionados. La contraseña podrá ser modificada por el usuario, siguiendo requisitos de seguridad.
- Mostrará en su ventana de inicio, la lectura de energía activa importada más reciente del cliente y la curva de su consumo energético.
- El usuario podrá visualizar la información de su equipo de medición correspondiente.
- En la sección de indicadores, la curva de consumo podrá ajustarse a la resolución que el usuario escoja (última semana, último mes, último año, etc.), mostrando el comportamiento histórico de los datos de uso del cliente.
- La apariencia de la herramienta será adaptativa, permitiendo su consulta desde un navegador móvil.
- Las políticas de uso de los datos del cliente estarán a disposición del usuario de la herramienta en el menú principal.

Con el fin de garantizar una transición que permita adaptación para los usuarios, se tiene contemplado liberar versiones posteriores de la herramienta, que permitan en el mediano plazo tener funcionalidades adicionales, tales como:

- Disposición de la herramienta en forma de aplicaciones móviles para sistemas operativos Android, iOS y Windows Phone.
- Opción de cálculo de consumos proyectados para el final del periodo de la consulta.
- Lectura de otras variables de interés además de la energía activa importada.
- Información de saldo a favor disponible y estimación de su fecha de consumo total para clientes prepago.

Además, y con miras a aprovechar al máximo el canal de interacción entre el usuario y la empresa, se prevé la inclusión en el largo plazo de otras funcionalidades para la herramienta, como por ejemplo:

- Canales de comunicación y servicio al cliente (radicación de PQR, líneas de atención, etc.) directamente desde la APP.
- Envío de mensajes vía correo electrónico o SMS de información de interés para los clientes.
- Conexión entre la herramienta y otros canales electrónicos de la empresa (web, APP, etc.).

Para la visualización, en la primera fase de implementación, las variables a mostrar serán la energía total activa importada (kWh) y el consumo hasta una resolución diaria. El usuario podrá elegir ver su curva de consumo en los periodos de tiempo que defina. Posteriormente, se incluirán las variables completas del perfil de carga del usuario (energía activa importada, energía activa exportada, energía reactiva importada, energía reactiva exportada, tensiones por fase, corrientes por fase, factor de potencia promedio).

A su vez, se definió que la información disponible en la base de datos tiene tres actualizaciones diarias.

Finalmente, la comunicación entre la Base de Datos y la interfaz de usuario se realizará a través del protocolo TCP/IP en servicios HTTPS. El usuario se conecta inicialmente en la capa de presentación (portal), internamente se asegura la trazabilidad de la base de datos y él la visualiza la información en modo espejo. Es decir, no accede directamente a la base de datos. La información del usuario no es pública. Solo puede ser accedida a través de un inicio de sesión que encripta la contraseña digitada. Para la utilización de la aplicación, el usuario deberá aceptar las políticas de uso y tratamiento de datos de la empresa.

2.1.3. Caso de estudio 3: solución Web/APP

El caso de estudio 3 es una solución compuesta por dos herramientas de visualización, una página web y un aplicativo para teléfonos móviles (APP); a través de las que se entrega información de la medida a un total de 32 usuarios de medición de avanzada; con equipos medidores de tipo monofásico, bifásico o trifásico ubicados físicamente en el frente de la vivienda -cerca al concentrador de datos-, y que se comunican al HES del centro de gestión de la medida (CGM) por XBEE vía protocolos DLMS.

En la Figura 3 se puede observar el esquema de interconexión y la arquitectura implementada para este caso de estudio planteado.

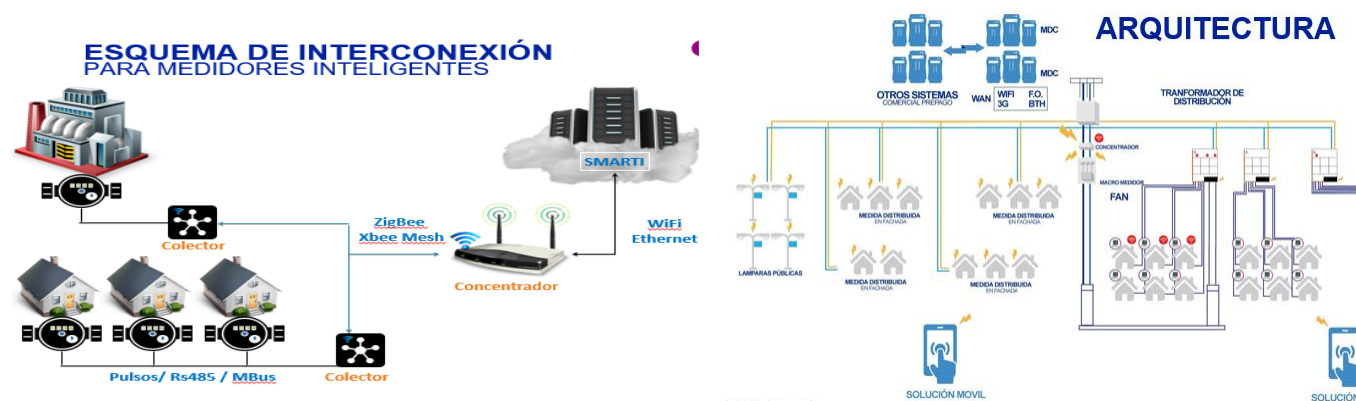


Figura 3 Arquitectura de la solución (Caso estudio 3)
Fuente: Elaboración propia de la empresa

En la Tabla 4 se describen las características principales del caso de estudio 3.

Tabla 4 Características del caso de estudio 3
Fuente: Elaboración propia

Temática	Descripción
Funcionalidades	La plataforma web y app como herramientas de visualización para el usuario final, ofrecerán inicialmente funcionalidades relacionadas con lecturas instantáneas e históricas de consumos. En una segunda fase, se proyecta que incluyan funcionalidades relacionadas con eficiencia energética y control de la demanda.
Visualización y actualización de información	Dentro de las variables que harán parte de la visualización, están: corrientes, voltajes, lecturas de consumo históricas. Sin embargo, por restricciones a nivel de capacidad de datos derivadas de la operación sobre redes celulares comerciales, se opta por limitar la frecuencia de actualización de la información en la base de datos del CGM a una vez al día (cada madrugada), asumiendo el problema de desactualización en la información de máximo un día que esto desencadena para el usuario.
Comunicaciones y seguridad	El protocolo de comunicaciones sobre el que opera la solución está basado en la NTC 6079 del Ictec, el cual pretende la estandarización de los equipos de medida, telecomunicaciones, SGO y ciberseguridad. En cuanto a ciberseguridad, toma en consideración tanto las normas internacionales como el acuerdo 788 del CNO.

2.1.4. Caso de estudio 4: solución Web/APP/PLC

El caso de estudio 4, corresponde a una solución basada en dos herramientas de visualización, una página web y un aplicativo para teléfonos móviles (APP); a través de la que se entrega información de la medida a un total de 274 usuarios con medición de avanzada; con equipos medidores marca propia de tipo monofásico (intensidad máxima 5-100A 120V, 60Hz), polifásico directo (intensidad máxima 5-100A 120/208V 60Hz), y polifásico con CT (intensidad máxima 5-20A 120V; 60Hz) que se comunican a través del protocolo Meter and more, el cual es considerado un protocolo pionero en versatilidad (comunicación PLC -Power Line Communication- de múltiples frecuencias y modos múltiples, modelo de datos flexible), estandarización (basado en estándares abiertos), disponibilidad (implementado y probado por un equipo internacional), y un dispositivo de primera clase para comunicación directa a el medidor inteligente.

El Meters and More funciona como dispositivo de usuario que permite al cliente conectarse directamente al sistema de medición inteligente a través de PLC, evitando cualquier otro dispositivo intermedio. Permite al cliente recibir información sobre el consumo de energía para aumentar su conciencia de consumo. Además, actúa como una conexión directa con el proveedor de servicios de energía o DSO, lo que permite un servicio de valor agregado como: gestión de la demanda y respuesta a la demanda, demanda activa y cambio de carga, consumo de energía de múltiples tarifas y más.

De manera tal que, el usuario puede recibir toda la información sobre su propio consumo de energía en tiempo real o histórico cómodamente desde su hogar.

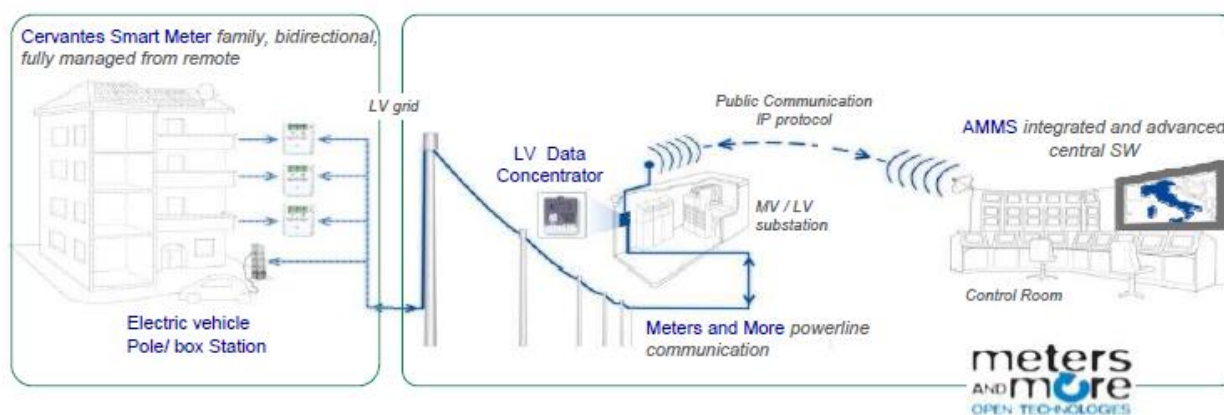


Figura 4 Arquitectura de la solución (Caso estudio 3)
Fuente: Elaboración propia de la empresa

El aplicativo para teléfonos móviles (APP) se diseñó única y exclusivamente para mostrar a los usuarios con medidor Smart la siguiente información:

- Consumos facturados en kWh.
- Lectura y fecha de lectura actual.
- Lectura y fecha de lectura anterior.
- Perfiles de carga en kWh por día, semana y mes (gráficos).
- Fechas de facturación.
- Fechas de vencimiento.
- Consejos de eficiencia energética.
- Notificaciones de información facturada.



Figura 5 Imágenes de la interfaz gráfica solución IHD (Caso estudio 3)

Fuente: Elaboración propia de la empresa

Por otra parte, las variables que se tiene previsto desplegar en la página web y en el app, son las siguientes (ver Tabla 5):

Tabla 5 Características del caso de estudio 4

Fuente: Elaboración propia

Parámetro	Frecuencia de Cargue	Obligatoriedad	Visualización	Observación
Consumo Activa +	Configurable según tipo y/o carga del cliente	Si	Configurable según tipo y/o carga del cliente	Consumo registros por el usuario en un periodo de tiempo. Con el cual se factura el servicio de energía (mes).
Promedio de consumo semanal Activa +	Semanal	Si	Semanal	Promedio de consumo de usuario semanal, permite al cliente observar sus tendencias de consumo por día.
Transferencias de energía, activa -	Mensual	No, solo cuando es requerido	Mensual	Energía generada por el usuario y entregada a la red en un periodo de tiempo. Con el cual se realiza transacción del servicio de energía(mes)

Parámetro	Frecuencia de Carga	Obligatoriedad	Visualización	Observación
Curva de carga	Configurable según tipo y/o carga del cliente	si	Configurable por el usuario	Grafica de variación de la demanda en el transcurso del tiempo, el intervalo de tiempo elegido para realizar análisis, puede ser diario, mensual, anual, configurable por el usuario
Demanda máxima	Configurable según tipo y/o carga del cliente	Si	Configurable por el usuario	Evento de mayor consumo de energía en un periodo de facturación

A nivel de comunicaciones, la solución opera bajo el protocolo propietario Meters and More explicado anteriormente. Respecto a ciberseguridad cuenta con las siguientes características: "High level of encryption and authentication, by the use of 128 bits AES algorithm: AES-CTR for efficient encryption and AES CMAC for authentication".

2.2. Lecciones aprendidas

Producto de la implementación de los casos de estudio en mención, y las jornadas de discusión respectivas con el grupo de trabajo colaborativo en Medición Flexible de Colombia Inteligente, se consigue recopilar las siguientes lecciones aprendidas en torno a tópicos claves de análisis en el contexto de implementación de la virtualización de información de la medida en AML.

Tabla 6 Lecciones aprendidas en la virtualización de la información
Fuente: Elaboración propia

Tópico	Lecciones aprendidas
Funcionalidades y mecanismos de virtualización	- Las empresas generalmente optan por funcionalidades básicas asociadas con la virtualización de consumos históricos, donde los periodos de reporte y actualización son parametrizables. - Otras funcionalidades y requisitos a nivel de la visualización por lo general demandan nuevas exigencias a nivel de arquitectura y comunicaciones que deben ser atendidas (comerciales, operativas). - Cualquier implementación de virtualización de información debe garantizar la coincidencia exacta entre la información compartida al usuario y aquella reportada en la facturación.
Arquitectura de la solución e interoperabilidad	- Las soluciones se implementan con base en arquitecturas centralizadas, donde la consulta de información se hace sobre la base de datos del MDM, que es interoperable (bajo normas IEC) con diferentes tipos y marcas de medidores gracias a la participación de protocolos estándar. - Soluciones de virtualización con enfoque IoT, de interés futuro por parte de algunas de las empresas, implican una comunicación directa y en línea entre el dispositivo de visualización y el medidor, lo que conlleva a mayores requisitos en términos de la interoperabilidad, disponibilidad y seguridad en las comunicaciones.
Comunicaciones	- El costo de las comunicaciones asociado con las soluciones AML en general suele ser elevado, siendo función de la geografía, disponibilidad de soluciones de comunicación y condiciones particulares de los usuarios. - Las comunicaciones para el caso de soluciones AML es común que sean soportadas por redes celulares comerciales, pese a que las mismas no están en capacidad de dar las condiciones exigidas por dichos sistemas a nivel de confiabilidad, disponibilidad y velocidad de descarga de información, entre otras.
Ciberseguridad y gobernanza de datos	- Pese a que existen lineamientos de política en términos de seguridad de la información, se requiere definir los criterios de gobernanza de datos. - Resulta indispensable que la seguridad de información sea garantizada extremo a extremo, en la totalidad del tramo comprendido entre el MDM y el medidor, por ejemplo, mediante la implementación de canales seguros VPN entre concentrador-MDC-MDM y de protocolos de ciberseguridad en la conexión de los medidores. - Sin lineamientos claros sobre el tratamiento de datos, la información generada a través de AML no garantiza que el uso de dichos datos agregue valor para los diferentes agentes. - Aunque las empresas han incorporado mecanismos para la autorización para el tratamiento de datos, por lo general, estas autorizaciones se han limitado al uso de información solo para fines operativos. - En muchos casos, los procesos actuales de las empresas no garantizan la completa y oportuna actualización de la información en las bases de datos asociadas con los sistemas AML. Muestra de ello es que existen por ejemplo, conexiones nuevas creadas a nombre de un constructor que nunca fueron actualizadas con el nombre del usuario final dueño de la conexión. - No existen mecanismos para la validación y certificación de la relación comercial/operativa (cliente/predio), que se origina cuando un usuario virtual se registra en la plataforma web/app (dirección de correo).
Implementación, puesta en servicio	La aceptación de los usuarios frente a la virtualización de información en AML, está directamente ligada con la percepción de valor agregado que puedan percibir frente

Tópico	Lecciones aprendidas
y operación de la solución	a las funcionalidades ofrecidas. Según la experiencia histórica, se evidencia que los usuarios muestran inicialmente una resistencia frente a este tipo de soluciones, en parte por el control que se puede llegar a ejercer a través de ellas. De manera que, se vuelven críticos tanto la socialización como el acompañamiento al usuario frente a las quejas y requerimientos generados. • La segmentación de clientes es un factor clave en la planificar la estrategia de implementación de cara a la virtualización de la información en AMI. • El despliegue de AMI, y entendido dentro de este las soluciones de virtualización, puede llegarse a ver limitado por la dependencia de recursos de personal altamente capacitados. • Respecto a la medición se requiere al menos un dato diario completo que debe ser medido para el cálculo de los indicadores operativos definidos. • La satisfacción del cliente se puede medir preliminarmente a partir del indicador de ingresos a la página web y app, y posteriormente, con los resultados de encuestas aplicadas a usuarios del grupo de interés. • La calidad del servicio no involucra medición de indicadores, ya que se entiende que estará implícitamente satisfecha siempre que se cumpla con las exigencias regulatorias.

3. RECOMENDACIONES

Producto del análisis de las experiencias internacionales referenciadas y los resultados de ejercicios de discusión propiciados en torno al levantamiento de lecciones aprendidas por parte de las empresas participantes del grupo de trabajo colaborativo en Medición Flexible de Colombia Inteligente, se obtienen recomendaciones y lineamientos estratégicos de alto nivel frente a cada uno de los tópicos claves analizados, buscando influir sobre los diferentes agentes del sector en pro de la definición acciones en el corto y mediano plazo que contribuyan a la habilitación de los mecanismos de virtualización de la información de la medida AMI en el contexto colombiano.

Tabla 7 Recomendaciones para la virtualización de la información
Fuente: Elaboración propia

Tópico	Acciones
Funcionalidades y mecanismos de virtualización	• Especificar requerimientos respecto a la información mínima y la periodicidad a la que deberá tener acceso el usuario, definiendo perfiles por tipo de usuario. • Segmentar los clientes buscando priorizar la implementación sobre usuarios de interés - por ejemplo, los de mayor consumo de energía-, y lograr una acertada parametrización de la visualización de información. • Establecer mecanismos de comparación y control para los datos desplegados por el sistema de virtualización versus los datos de facturación reportados. • Vincular mecanismos de respuesta de la demanda, en el que los usuarios puedan percibir valor agregado de la información generada.
Arquitectura de la solución e interoperabilidad	• Definir con prioridad una arquitectura objetivo referencial en el marco de AMI que incluya la funcionalidad de virtualización de la información, bajo un modelo de interoperabilidad donde conviven las diferentes tipologías y tecnologías de elementos de medición y visualización gracias a la operación de protocolos estándar. • Definir en la arquitectura el número de medidores o rangos aceptables para conectarse al modem del concentrador y generar soluciones tipo, en aras de minimizar el impacto ante un posible fallo en las comunicaciones.
Comunicaciones	• Disponer los recursos que sean necesarios en favor del despliegue de redes y soluciones de comunicaciones costo-eficientes de alta capacidad y disponibilidad, que provean el acceso a la información acorde con las necesidades de los usuarios y en atención a la demanda creciente que se tiene a nivel de dispositivos conectados a la red. • Implementar estrategias de optimización de ancho de banda, como por ejemplo, disminuir la frecuencia de envío de información desde el medidor (no diaria); traer comprimida y particionada dicha información; eliminar las configuraciones de keep alive del medidor; entre otras.
Ciberseguridad y gobernanza de datos	• Ajustar requerimientos de ciberseguridad en el marco de AMI; en cumplimiento de los lineamientos de política para la ciberseguridad y la ciberdefensa definidos por el acuerdo del 788 del CNO. • Ajustar lineamientos de política en el marco de AMI en términos de gobernanza de datos, que agregue valor a los diferentes agentes. • Incorporar por parte de las empresas procesos dinámicos y confiables de actualización y corrección de información, en aras de mantener la base de datos actualizada y la correspondencia entre la información desplegada al usuario y el reporte de facturación. • Dichos procesos a nivel de empresa deben incorporar además, mecanismos de autorización para el tratamiento de datos que garanticen el cuidado de los datos, que son propiedad de los usuarios, y velando por que se dé el acceso a estos siempre que sea requerido por el usuario, acorde con la autorización expresa que haya dado para su uso, que en la medida de lo posible de debe estar limitada solo a fines operativos.

Tópico	Acciones
Implementación, puesta en servicio y operación de la solución	• Dada la evidencia obtenida de poca accesibilidad de los usuarios a la información virtualizada, se debe trabajar en la definición de estrategias alternativas de socialización con los usuarios, que enfatizan en los beneficios que provee AMI, como por ejemplo: programas de respuesta de la demanda, eficiencia energética, etc. • Definir reglas respecto de uso de los canales de comunicación a utilizar por los usuarios, teniendo en cuenta sus características socioeconómicas y de acceso a diferentes recursos. • Posibilitar servicios de valor agregado a los usuarios, a partir de la instrumentalización de mecanismos de correlación entre la información comercial reportada por el usuario (por ejemplo, un correo electrónico) y la información operativa (por ejemplo, un domicilio), a través del uso de variables <i>match</i> (por ejemplo, el número de identificación del contrato).

BIBLIOGRAFÍA

- BEUC. (2012). *Empowering Consumers Through Smart Metering*. The European Consumer Organisation.
- EPRS . (2015). Smart electricity grids and meters in the EU Member States., (pp. 1-8).
- Foulds, C., Rosalyn, R., & Macrorie, R. (2017). Energy monitoring as a practice: Investigating use of the iMeasure online energy feedback tool. *Energy Policy 104*, 194–202.
- Salas Prat, P. (2017). Acceso a los datos de consumo eléctrico de los contadores digitales y su uso. *Autoritat catalana de la Competencia*.
- SEDC. (2012). *Smart Meters and their central role in consumer empowerment* . Smart energy Demand Coalition. Retrieved from <http://www.smartem.eu/wp-content/uploads/2012/02/SEDC-Smart-Meter-Position-Paper.pdf>
- SMART-UP. (2018). *Consumer empowerment in a smart meter world*. Retrieved from www.smartup-project.eu
- Tyndall, M., Marshall, R., Armstrong, E. K., & Marshman, C. (2011). Potential EMC Implementation problems of Smart Metering, Display and Communications. *2nd IEEE PES International Conference and Exhibition on Innovative Smart Grid Technologies*, (pp. 1-5). Manchester.
- VaasaETT. (2012). *Energy Efficiency through Information and Communication Technology – Best Practice Examples and Guidance*. VaasaETT Global Energy Think Tank.



Datos de contacto

Teléfono: +(574) 444 12 11 ext.190 - 171 - 117

Dirección: Carrera 46 # 56 – 11, Edf. Tecnoparque Piso 13

Medellín – Colombia

e-mail: difusión@colombiainteligente.org

Página Web: www.colombiainteligente.org

Twitter: @colombiaintelig



REFERENCIAMIENTO MEDICIÓN FLEXIBLE (VISUALIZACIÓN)

DOCUMENTO DE TRABAJO

Agosto de 2018

COLOMBIA INTELIGENTE

Somos una red colaborativa, conformada por empresas y entidades, para la inserción integral y eficiente de los sistemas inteligentes a la infraestructura del sector eléctrico colombiano con el propósito de disminuir riesgos y maximizar beneficios a los actores de interés.

Principios:

- **Fomentar** el desarrollo de soluciones tecnológicas integrales para viabilizar la inserción de los sistemas inteligentes.
- **Acelerar** la creación de valor mediante un proceso de coparticipación intersectorial.
- **Compartir** conocimientos y experiencias para fortalecer el desarrollo tecnológico de las empresas y entidades.

Miembros



NOTA DE RESPONSABILIDAD –

Las opiniones que contenga este documento son parte de un ejercicio en desarrollo de identificación y análisis sectorial para consolidar acciones de transformación del sector eléctrico colombiano y no necesariamente representan la opinión oficial de una entidad o empresa de la Organización Colombia Inteligente.

La información contenida en este documento de trabajo podrá ser reproducida en cualquier medio o formato siempre y cuando se mencione explícitamente a Colombia Inteligente.

Colombia Inteligente
Todos los derechos reservados 2018 ©

Presentación del Documento

Este documento tiene como objetivo realizar un referenciamiento tecnológico en busca de la implementación de Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) con display virtualizado, considerando aspectos geográficos, segmentos del mercado, estandarización de datos, normativa, evaluación y certificación de la función de medición. En el entendido, que contar con la información generada por la implementación de AMI, puede habilitar nuevos modelos de negocio en el sector eléctrico colombiano y aumentar el valor agregado para los usuarios.

En este sentido, el documento se ha estructurado de la siguiente manera:

1. GLOSARIO: contiene definiciones y conceptos que permiten hablar en un lenguaje común, ajustado a los lineamientos de política y regulación en Colombia.
2. ANTECEDENTES EN COLOMBIA TECNOLOGIAS EN MEDICION FLEXIBLE: antecedentes en infraestructura de medición avanzada para Colombia, a partir de estudios realizados por Colombia Inteligente, la UPME y diferentes actores del sector. Y los requerimientos para la instalación de medidores en el país.
3. VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN: se realiza una descripción de las alternativas tecnológicas para obtener realimentación por parte del usuario a través de la disponibilidad de información descripción de algunas experiencias internacionales en torno a infraestructura de medición avanzada usando display virtualizado.
4. RETOS PARA MASIFICAR LA MEDICIÓN FLEXIBLE EN COLOMBIA: se presentan los retos para la masificación de la infraestructura de medición avanzada en el país, específicamente en las temáticas asociadas a la virtualización de la información y el acceso del usuario final.

Grupo de trabajo colaborativo en medición flexible

La construcción de este documento se realizó con la participación de miembros de las siguientes empresas y entidades:

- CELSIA S.A. E.S.P.
- CIDET.
- CODENSA S.A. E.S.P.
- ELECTRICARIBE S.A. E.S.P.
- EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN S.A. E.S.P.
- UNIDAD DE PLANEACIÓN MINIERO ENERGÉTICA - UPME

CONTENIDO

1. GLOSARIO	5
2. ANTECEDENTES EN COLOMBIA	9
2.1. Ley 142 de 1994	12
2.2. Código de medida CREG 038 de 2014.	13
2.3. Reglamento Técnico de Instalaciones residenciales - RETIE	14
2.4. NTC 5226:2017 (IEC 62052-11:2003)	14
3. VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	16
3.1. Experiencias Internacionales	18
4. RETOS PARA MASIFICAR LA MEDICIÓN FLEXIBLE EN COLOMBIA	26

FIGURAS

Figura 1 Marco normativo Medición Flexible	9
Figura 2 i-energy Discar	22
Figura 3 My energy: First Utility	23
Figura 4 Kamstrup Smart Meter	23
Figura 5 Iberdrola Distribución	24
Figura 6 Eneri Smart Metering System	25
Figura 7 India: Smart Energy Meter (SEM)	25

TABLAS

Tabla 1 Funciones de los componentes de AMI	11
Tabla 2 Antecedentes políticos, normativos y regulatorios	11
Tabla 3 grandes proyectos en medición inteligente en Europa	18
Tabla 4 Visualización de la información AMI en Europa	19
Tabla 5 Proyectos piloto en visualización de la información	21
Tabla 6 Retos para masificar la medición flexible en Colombia	26

1. GLOSARIO

El objetivo de esta sección es contextualizar el proyecto de Medición Flexible, así como brindar definiciones y conceptos que permitan a los participantes del grupo de trabajo colaborativo hablar en un lenguaje común, ajustado a los lineamientos de política y regulación en Colombia.

Termino	Definición
Ciberseguridad	Estrategias y acciones diseñadas para proteger la privacidad de los datos relacionados con la red inteligente, y la seguridad de las redes informáticas y de comunicaciones que son fundamentales para el funcionamiento y la disponibilidad de la infraestructura de energía eléctrica asociada (MME, 2018).
Dispositivo remoto	Dispositivo que regula a distancia el funcionamiento de un aparato, mecanismo o sistema (MME, 2018).
Infraestructura de Medición Avanzada, AMI	Es la infraestructura que permite la comunicación bidireccional entre los usuarios y los operadores de red. Esta infraestructura integra hardware (medidores avanzados, enrutadores, concentradores, antenas, entre otros), software y arquitecturas y redes de comunicaciones, que permiten la operación de la infraestructura y gestionar datos del sistema de distribución de energía eléctrica (MME, 2018). Por otra parte la NTC 6079 define AMI como: Son las siglas en inglés de Advanced Metering Infrastructure, hace referencia a aquellos sistemas de medición que permiten no solo la lectura de parámetros eléctricos provenientes de un medidor electrónico de forma periódica, sino que además permiten la reconfiguración remota y acción sobre componentes externos como contactores o reconectores y otros dispositivos, así mismo permite una interacción más cercana con el usuario.
Interoperabilidad	La capacidad de dos o más redes, sistemas, aplicaciones, dispositivos o componentes de los mismos o diferentes fabricantes, de intercambiar información y posteriormente utilizarla con el fin de realizar las funciones requeridas (MME, 2018).
Medidores avanzados	Dispositivos que miden y registran datos de uso de energía eléctrica en intervalos de una hora como mínimo, con capacidad de almacenar y transmitir datos. Estos datos se proporcionan, por lo menos, con frecuencia diaria a los operadores de red y a los usuarios. La información registrada se puede utilizar, entre otros fines, para la gestión comercial, la planeación y operación del sistema, y la gestión de pérdidas. Los medidores avanzados posibilitan la comunicación bidireccional entre el usuario y el operador de red (MME, 2018).
Operador de Red del STR y SDL (OR)	Persona encargada de la planeación de la expansión, las inversiones, la operación y el mantenimiento de todo o parte de un Sistema de Transmisión Regional (STR) o un Sistema de Distribución Local (SDL), incluidas sus conexiones al Sistema de Transmisión Nacional (STN). Los activos pueden ser de su propiedad o de terceros (MME, 2018).

Termino	Definición
Red inteligente	Sistema de aplicaciones de información y comunicaciones integradas con la generación, transmisión, distribución, y las tecnologías de uso final de energía eléctrica. Esta red permite la participación activa de los usuarios, la integración de las opciones de generación y almacenamiento locales, la incorporación de energías renovables, la optimización y operación más eficiente del sistema de potencia, la anticipación y respuesta ante perturbaciones en el sistema, y la operación flexible contra apagones o desastres naturales, entre otros (MME, 2018).
Usuario	Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde este se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se denomina también consumidor (MME, 2018).
Lectura y operación remota	Contribuye al ahorro de costes de operación al no ser necesario el desplazamiento de personal de la compañía. Asimismo, permite a los Operadores de Red (OR) disponer de monitorización de los flujos de potencia en sus redes (UPME, 2016).
Limitación de potencia de forma remota	Permite a los OR la reducción de costes de operación y, a los usuarios, disminuir su factura ya que pueden solicitar cambios de potencia contratada de manera más ágil, ajustando la misma a sus necesidades reales (UPME, 2016).
Detección de manipulación de los contadores y aviso a compañía	Supone una valiosa herramienta para la reducción de las pérdidas no técnicas, no solo por el hecho de detectar las manipulaciones sino también por el efecto disuasorio que origina el control externo realizado por parte del operador (UPME, 2016).
Información al usuario	Los medidores inteligentes van a permitir que el usuario disponga de toda la información relativa a su consumo en tiempo real, ya sea directamente en el medidor o en un portal Web (información de tarifas, información de su consumo puntual y acumulado para periodos prefijados, saldo disponible modalidad prepago, etc.). El usuario va a conocer su perfil de consumo y va a poder calcular los ahorros que le supondría un cambio en sus hábitos (UPME, 2016).
Tarifificación horaria	Esta funcionalidad supone la implementación de distintos tramos horarios de facturación en los medidores inteligentes, de manera que los precios se ajusten y tengan cierta proporcionalidad al costo real de la energía en cada momento. Permitirá fomentar que los usuarios modifiquen sus hábitos de consumo, desplazando carga de períodos pico a periodos valle de la curva de consumo (UPME, 2016).
Medida de generación distribuida	La conexión a la generación distribuida en baja tensión (en las instalaciones del usuario) requiere que los medidores inteligentes dispongan tanto de la capacidad de medida de la energía entrante como de la saliente, para usuarios que actúen como consumidores y/o generadores de energía (UPME, 2016).
Gestión activa de cargas	Posibilidad de conectar o desconectar cargas gestionables en los momentos más convenientes según la curva de demanda. Esta funcionalidad puede suponer una contribución importante para el aplanamiento de la curva de demanda y para la integración de la generación distribuida, lo que reducirá la necesidad de instalar nuevos sistemas de generación. Existen diversos sistemas de gestión activa de cargas como por ejemplo utilizando un sistema Volt Var Control (UPME, 2016).

Termino	Definición
Automatización de la red de distribución. (ADA)	La automatización de la red por medio del uso de la infraestructura de medida y las TIC es necesaria tanto para maximizar la integración de las DER, como para mejorar la continuidad y la calidad del suministro. El incremento del nivel de automatización permite asegurar la continuidad del suministro, siendo este uno de los objetivos principales de la red eléctrica colombiana por contar actualmente con unos tiempos de interrupción de suministro demasiado elevados (UPME, 2016).
Telemando (control remoto)	La capacidad de operar de forma remota sobre elementos de corte y maniobra de la red de distribución permitirá reducir de forma significativa los tiempos de reposición ADA de suministro en caso de incidencias en la red, mejorando como resultado la continuidad de suministro (UPME, 2016).
Localización de fallas	El desarrollo y optimización de métodos de localización de fallas contribuye a la mejora de la continuidad del suministro, reduciendo los tiempos de reposición del servicio en caso de falla. Los métodos comprenden desde detectores de paso de falla hasta complejos métodos de localización basados en inyección de ondas de alta frecuencia dependiendo la característica aérea o subterránea de la Red (UPME, 2016).
Self-Healing	El Self-Healing, o auto-cicatrización, es la función más avanzada de la tecnología ADA. Esta consiste en la automatización total del proceso de detección y localización de fallas y reposición de suministro, lo cual minimiza el tiempo de interrupción de suministro (UPME, 2016).
Reconfiguración automática	Esta funcionalidad avanzada implica el desarrollo de algoritmos de reconfiguración óptima que hacen uso de la información del estado de la topología de la red, obtenida a partir de los distintos elementos de la tecnología AMI instalados en líneas, subestaciones, sistemas de generación y en los propios medidores inteligentes instalados en el lado del usuario. La optimización de la configuración de red permite la mejora de la eficiencia energética (balanceando flujos de energía) y el aumento de la vida útil de sus elementos al evitar/disminuir sobrecargas en dichos elementos de la red (UPME, 2016).
Gestión de activos	Prácticamente todas las tecnologías y funcionalidades Redes Inteligentes pueden aportar beneficios a la optimización del CAPEX y OPEX. Desde este punto de vista, la gestión de activos no se enmarca en exclusiva en ninguno de los bloques tecnológicos de RI. En este informe se ha asociado a la tecnología ADA por ser la más cercana al operador de red. La gestión de activos comprende todas aquellas actividades destinadas a mejorar el mantenimiento, alargar la vida útil y a planificar las inversiones de los elementos clave de la red, con objeto de optimizar el CAPEX y OPEX de los operadores de red (UPME, 2016).
Sistema de recolección de datos de medida (MDC)	El Sistema de recolección de datos de medida es un elemento a través del cual se gestiona la información del equipo de medida, y sirve además de interfaz con el head end.
Head End System (HES)	Este sistema se encarga de la recepción de la información de todas las unidades concentradoras (o directamente de las unidades de medida) y su transmisión al centro de análisis de información, según las especificaciones de comunicación y de seguridad. El HES actúa, como todos los demás elementos en forma bidireccional.

Termino	Definición
Sistema de gestión de la medida (MDM)	Es uno de los componentes clave en las infraestructuras de redes inteligentes, realiza la gestión y almacenamiento de los datos recogidos por los aparatos de medición del consumo. Esta información procede fundamentalmente de los servidores que gestionan la recogida de datos, incluyendo AMI y sistemas automáticos de lectura de contadores (Automatic Meter Reading - AMR). Las soluciones MDM pueden contener información sobre mediciones e, incluso, datos sobre clientes.
Macromedidor	Medidor que registra el consumo de energía activa y reactiva de un transformador o alimentador de distribución. Se utiliza para realizar el balance de energía con respecto a la suma de los consumos de las cargas asociadas al circuito.
Interfaz de usuario	Función que permite al usuario acceder a información de su consumo (energía, alarmas, eventos, mensajes, códigos de error, etc.). Recibe la información directamente desde el MDM usando medios como Internet, telefonía, televisión IP o red celular.
PLC	Son las siglas en inglés de Power Line Carrier, es un método de comunicación que hace uso de las redes eléctricas para el intercambio de información entre el medidor y el concentrador o entre el medidor y un display remoto que se encuentra conectado a la misma red eléctrica. (NTC6079)
PLC Baja Frecuencia	La tecnología PLC o Power Line Carrier aprovecha la red eléctrica para transmitir de datos, en el caso de la comunicación a baja frecuencia se incluye un dispositivo de comunicación de medición avanzado en cada medidor, un transformador en la cabecera del alimentador que se encarga de inyectar la señal sobre la onda de 60 Hz, un amplificador y una unidad procesadora de señales.
PLC Alta Frecuencia	Al igual que en el caso de baja frecuencia la tecnología de comunicación de PLC a alta frecuencia utiliza la red eléctrica para la transmisión de datos; sin embargo, ésta utiliza señales de alta frecuencia
Radio frecuencia LA	La técnica de radio frecuencia utiliza el espacio aéreo para la transmisión de señales. Consiste en nodos principales equipados con antenas sirviendo de repetidoras. Usualmente operan a UHF (frecuencia ultra alta). Sistema RF de largo alcance utiliza concentradores que reciben los datos desde el dispositivo de comunicación en los medidores (AMCD) y los envían a continuación a MDM mediante una red WAN.
Radio Frecuencia MESH	Los sistemas RF de largo alcance pueden ser difícil de expandir con una buena calidad de señal en ciertas condiciones geográficas. Para enfrentar esta dificultad se desarrolla un nuevo tipo de red, donde cada nodo puede operar como receptor y trasmisor. Esto permite expandir el alcance geográfico de los sistemas RF y reducir casos de falta de comunicación.
Red Celular	La red de comunicación celular se utiliza cuando existe una relación beneficio costo positiva. Mediante este tipo de comunicación es necesario contratar el servicio con un operador y pagar periódicamente una mensualidad.
Display	Dispositivo de algunos aparatos electrónicos que permite mostrar información al usuario de manera visual

2. ANTECEDENTES EN COLOMBIA

La inserción de la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) en Colombia ha estado marcado por iniciativas de carácter privado de las empresas del sector, haciendo parte de pilotos en busca de identificar potencialidades y beneficios de la medición inteligente. Cada empresa ha ajustado las aplicaciones a sus necesidades, por lo tanto se cuentan con diversas tecnologías y proveedores instalados en el país. En la Figura 1, se muestran los antecedentes normativos en el que se han desarrollado estos proyectos. Vale la pena resaltar que los lineamientos de política para la masificación del AMI en el país se dieron en la resolución MME 4 0072 de 2018 y se encuentra en desarrollo el marco regulatorio.

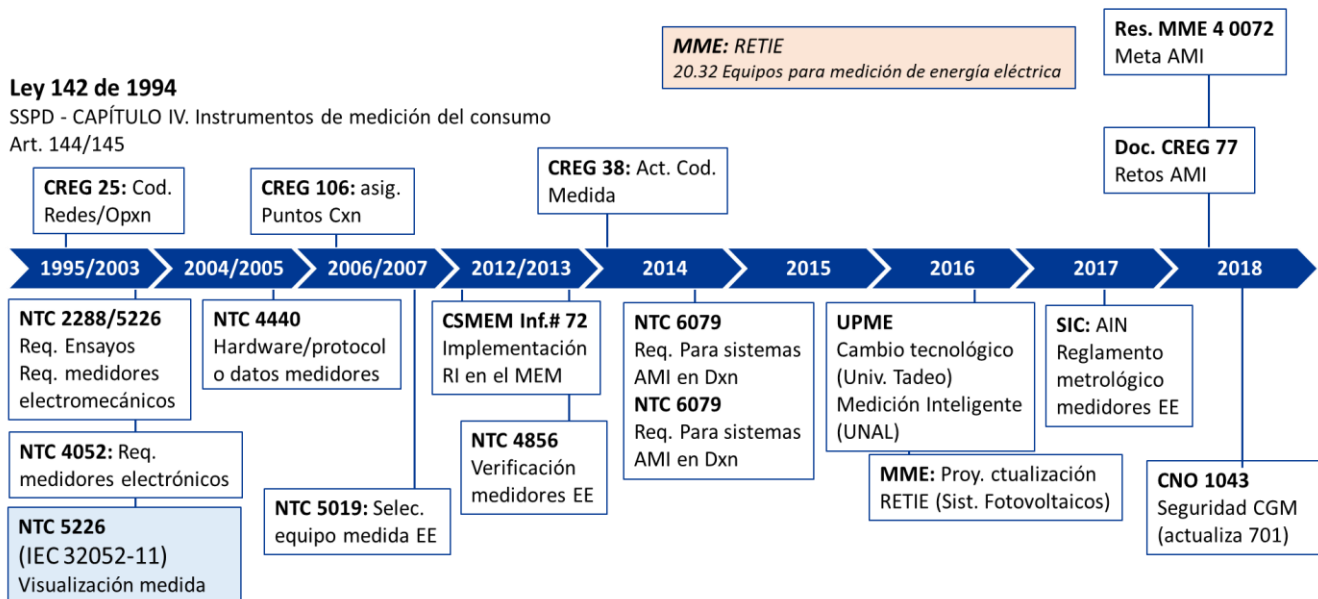


Figura 1 Marco normativo Medición Flexible
Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, la política pública en medición inteligente ha estado a cargo del Ministerio de Minas y Energía, quien en 2018 publicó la resolución MME 4 0072 “por el cual se establecen lineamientos de política pública para implementar Infraestructuras de Medición Avanzada en el servicio público de energía eléctrica”. Entre los lineamientos del documento se encuentran las definiciones en lo concerniente a AMI en el país, funcionalidades básicas, agentes responsables de la implementación, gradualidad de la implementación (95% de los usuarios urbanos y 50% de los urbanos rurales) entre otros lineamientos. Respecto a la definición de acceso a información por parte del usuario proporcionada en la resolución, se declara: “Proporcionar información al usuario a través de un medio de visualización normalizado que pueden ser, entre otros, computadores, aplicaciones para telefonía móvil o monitores exclusivos”; es decir, el documento ya presenta lineamientos de política pública para la virtualización del display del usuario.

Según la resolución MME 4 0072 los objetivos de implementación de AMI en el país son:

- Facilitar esquemas de eficiencia energética, respuesta de la demanda, y modelos de tarificación horaria y/o canastas de tarifas.
- Permitir, entre otros, la incorporación eficiente de tecnologías de autogeneración, generación distribuida y vehículos eléctricos.
- Mejorar la calidad del servicio a través del monitoreo y control de los sistemas de distribución.
- Dinamizar la competencia en la comercialización minorista de energía eléctrica.
- Gestionar la reducción de las pérdidas técnicas y no técnicas.

- Reducir los costos de la actividad de comercialización.

Así mismo en el Artículo 5 se describen las funcionalidades básicas del AMI son:

- **Almacenamiento:** Permitir el almacenamiento de datos en el medidor avanzado.
- **Comunicación bidireccional:** Permitir la comunicación en dos direcciones con el usuario y los elementos de la AMI.
- **Ciberseguridad:** Brindar soporte de comunicaciones de datos seguras.
- **Sincronización:** Permitir la sincronización automática y remota de tiempos entre el medidor avanzado y la AMI.
- **Actualización y configuración:** Posibilitar la actualización y configuración local y remota del medidor avanzado referente al software, intervalos de lectura, tarifas, entre otros.
- **Acceso al usuario:** Proporcionar información al usuario a través de un medio de visualización normalizado que puede ser, entre otros, plataformas web, computadores, aplicaciones para telefonía móvil o monitores exclusivos.
- **Lectura:** Permitir la lectura local y remota de las variables y eventos generados por el medidor avanzado.
- **Medición horaria:** Soportar la implementación de esquemas de opciones de tarifas horarias y/o canastas de tarifas.
- **Conexión, desconexión y limitación:** Permitir de forma remota y local la conexión, desconexión y la limitación del suministro de energía.
- **Anti-fraudes:** Facilitar la prevención y la detección de fraudes.
- **Registro de medición bidireccional:** Permitir la medición y registro de las transferencias de energía en dos direcciones, desde y hacia la red eléctrica o de entrada y salida del medidor avanzado.
- **Calidad del servicio:** Proporcionar medidas sobre la duración de las indisponibilidades en el servicio de energía eléctrica.
- **Prepago:** Soportar la implementación de modo prepago, permitiendo al usuario pagar el servicio de energía por adelantado.

Adicionalmente, la resolución faculta a la Comisión de Regulación en Energía y Gas – CREG para establecer los requisitos en interoperabilidad y ciberseguridad de los equipos de AMI.

Por otra parte, Carbon Trust (2016) en estudio realizado para la Unidad de Planeación Minero Energética, identificó las tecnologías utilizadas en diferentes países; estudio donde se tuvieron en cuenta criterios como diferentes tecnologías de comunicación, países con una generación de energía, redes de distribución y mercados energéticos, comparables a Colombia, conocimiento en el despliegue de AMI, plataforma de comunicación AMI, y la estrategia de despliegue en países seleccionados. Las tecnologías identificadas fueron:

- Italia (PLC / Nacional)
- Reino Unido (Celular / Nacional)
- Suecia (Tecnologías de comunicación mixta / Regional)
- EE.UU., California (RF / Regional)

Este proyecto cuenta con la descripción de los sistemas AMI, opciones de diseño de sistemas AMI, costos, beneficios y funcionalidades de sistemas AMI, análisis y revisión de las experiencias internacionales de implementación de medición avanzada, análisis de costo-beneficio de implementación de la medición avanzada en Colombia y una propuesta de implementación gradual (MME, 2017).

Adicionalmente, la Unidad de Planeación Minero Energética UPME en compañía del grupo de investigación Electrical Machines and Drives, EM&D, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, han adelantado una serie de estudios conducentes a la masificación de la medición inteligente en el país, principalmente enfocados a la identificación de funcionalidades de la medición inteligente

(UPME, 2017). Entre las funcionalidades identificadas de forma preliminar se encuentran las descritas en la Tabla 1.

Tabla 1 Funciones de los componentes de AMI
Fuente: Elaboración propia a partir de (UPME, 2017).

Funciones de MDM (Meter Data Management)	Funciones de Head End System	Funcionalidades del medidor
- Datos para facturación - Reportes de calidad del servicio - Reparto de información - Diferenciar información - Muestreo de información - Esquemas de tarificación - Reportes regulatorios - Aplicación de gestión de la demanda - Acceso vía web de información - Datos impersonales - Funciones de analítica	- LRM - Lectura remota medidor - GD – Importación y exportación de energía - FRA – prevención y detención de fraudes - Operación y mantenimiento - SIN- Sincronización de tiempos medidor - USU- Acceso información Usuario - CDL – Conexión, desconexión o limitación - LPL – Lectura y parametrización local - Prepago - Elementos de privacidad - Datos impersonales - Estimación de información - Ciberseguridad - Verificación de información - Validación de información - Alarmas y eventos - Acceso vía web de información	- SEG – Comunicación de datos seguros - SIN – Sincronización de datos del medidor - ALM – Almacenamiento de datos del medidor - COB - Comunicación bidireccional

Los estudios adelantados por la UPME y la Universidad Nacional aún están en desarrollo, en el cual han venido participando los agentes del sector en diversos espacios, especialmente en la modalidad de talleres.

En cuanto a los antecedentes para el país, los requerimientos para los medidores instalados, obedecen a la política establecida en el Capítulo IV de la Ley 142 de 1994, los requisitos del Código de Medida de la resolución CREG 038 de 2014, los requerimientos específicos del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas y las normas técnicas de los diferentes operadores de red. En la Tabla 2 se resumen los antecedentes políticos, normativos y regulatorios en el país.

Tabla 2 Antecedentes políticos, normativos y regulatorios
Fuente: Elaboración propia

Documento	Descripción
Ley 142 de 1994	Régimen de los servicios públicos domiciliarios, en el Capítulo IV respecto a los instrumentos de medición del consumo, para que los suscriptores o usuarios adquieran, instalen, mantengan y reparen los instrumentos necesarios para medir sus consumos.
CREG 038 de 2014 Código de Medida	Condiciones técnicas y procedimientos aplicables a la medición de energía de los intercambios comerciales en el SIN, los intercambios con otros países, las transacciones entre agentes y las relaciones entre agentes y usuarios.
Reglamento Técnico de Instalaciones residenciales - RETIE	Establece las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico.
NTC 5226:2003 (IEC 62052-11:2003)	Equipos de medición de energía eléctrica (c.a.). Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo
NTC 2288:2003 (IEC 62053-11:2003)	Equipos de medición de energía eléctrica (c.a.). Requisitos particulares. Medidores electromecánicos de energía activa (Clases 0,5, 1 y 2)

Documento	Descripción
NTC 4052:2003 (IEC 62053-21:2003)	Equipos de medición de energía eléctrica (c.a.). Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía activa (Clases 1 y 2)
NTC 2147:2003 (IEC 62053-22:2003)	Equipos de medición de energía eléctrica (c.a.). Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía activa (Clases 0,2 S y 0,5 S)
NTC 4569:2003 (IEC 62053-23:2003)	Equipos de medición de energía eléctrica (c.a.). Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía reactiva (clases 2 y 3)
NTC 4688:1999 (IEC 62053-31:1998)	Equipo para medidores de electricidad (c.a.). Requisitos particulares. Dispositivos de salida de pulsos para medidores electromecánicos y electrónicos - solamente dos hilos -
NTC 4649:1999 (IEC 62053-61:1998)	Equipo para medidores de energía eléctrica (c.a.). Requisitos particulares. Requisitos de tensión y consumo de potencia.
IEC 62059-11:2002	Electricity metering equipment (c.a.). - Dependability - Part 11: General concepts
IEC 62059-21:2002	Electricity metering equipment (c.a.). - Dependability - Part 21: Collection of meter dependability data from the field
NTC 6079: 2014 (En revisión)	Requisitos para sistemas de infraestructura de medición avanzada (AMI) en redes de distribución de energía eléctrica

2.1. Ley 142 de 1994

En la Ley 142 de 1994 por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones, el legislador dispone de lineamientos respecto a los instrumentos de medición del consumo como se describe a continuación:

"CAPÍTULO IV. DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DEL CONSUMO

ARTÍCULO 144. DE LOS MEDIDORES INDIVIDUALES. Los contratos uniformes pueden exigir que los suscriptores o usuarios adquieran, instalen, mantengan y reparen los instrumentos necesarios para medir sus consumos. En tal caso, los suscriptores o usuarios podrán adquirir los bienes y servicios respectivos a quien a bien tengan; y la empresa deberá aceptarlos siempre que reúnan las características técnicas a las que se refiere el inciso siguiente.

La empresa podrá establecer en las condiciones uniformes del contrato las características técnicas de los medidores, y del mantenimiento que deba dárseles.

No será obligación del suscriptor o usuario cerciorarse de que los medidores funcionen en forma adecuada; pero sí será obligación suya hacerlos reparar o reemplazarlos, a satisfacción de la empresa, cuando se establezca que el funcionamiento no permite determinar en forma adecuada los consumos, o cuando el desarrollo tecnológico ponga a su disposición instrumentos de medida más precisos. Cuando el usuario o suscriptor, pasado un período de facturación, no tome las acciones necesarias para reparar o reemplazar los medidores, la empresa podrá hacerlo por cuenta del usuario o suscriptor.

Sin embargo, en cuanto se refiere al transporte y distribución de gas, los contratos pueden reservar a las empresas, por razones de seguridad comprobables, la calibración y mantenimiento de los medidores.

ARTÍCULO 145. CONTROL SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE LOS MEDIDORES. Las condiciones uniformes del contrato permitirán tanto a la empresa como al suscriptor o usuario verificar el estado de los instrumentos que se utilicen para medir el consumo; y obligarán a ambos a adoptar precauciones eficaces para que no se alteren. Se permitirá a la empresa, inclusive, retirar temporalmente los instrumentos de medida para verificar su estado."

Dicha Ley no expone requerimientos específicos respecto a la visualización de los datos de los medidores; sin embargo, dicta lineamientos en temas de facturación e información que debe contener.

2.2. Código de medida CREG 038 de 2014.

En Código de Medida se establecen las condiciones técnicas y procedimientos aplicables a la medición de energía de los intercambios comerciales en el SIN, los intercambios con otros países, las transacciones entre agentes y las relaciones entre agentes y usuarios. Respecto al registro y lectura de información el Código establece en su Artículo 15:

“Las fronteras comerciales con reporte al ASIC deben contar con medidores de energía activa y reactiva de tal manera que permitan, como mínimo, el registro horario de las transacciones de energía en el primer minuto de cada hora y con los equipos necesarios para realizar la lectura, interrogación y reporte de la información en los siguientes términos:

- a) Los medidores deben contar con un dispositivo de intercambio de información que permita la descarga local de las mediciones realizadas y de los parámetros configurados en el medidor, además de un sistema de visualización de las cantidades registradas, así como, la fecha y hora. El sistema de visualización puede o no estar integrado a los medidores.*
- b) Para la lectura remota de la información, cada medidor debe contar con la infraestructura necesaria que permita el cumplimiento de los plazos y requerimientos establecidos en el artículo 37 de la presente resolución.*
- c) La configuración de los parámetros del medidor principal y del medidor de respaldo debe ser la misma.*
- d) El procedimiento de interrogación remota de los medidores, el procesamiento y consolidación de las lecturas en las bases de datos de los Centros de Gestión de Medidas y el reporte de las lecturas al ASIC debe realizarse de manera automática.*
- e) El almacenamiento de los datos registrados en los medidores, principal y de respaldo, debe ser como mínimo de 30 días con intervalo de lectura cada 60 minutos, incluyendo la etiqueta de tiempo.*
- f) El representante de la frontera debe almacenar los datos registrados por los medidores, principal y de respaldo, al menos por los dos (2) años inmediatamente anteriores al día de la lectura. La información debe estar disponible para su comprobación por parte de las autoridades competentes y por quien realice las verificaciones de que trata esta resolución.*
- g) Para la determinación del consumo o transferencia de energía en una frontera comercial no se permite realizar balances a partir de lecturas realizadas en otras fronteras, salvo los casos señalados en la regulación.*
- h) Los medidores de los sistemas de medición nuevos o todo medidor que se adicione o remplace en los sistemas de medición existentes deben cumplir con los requisitos señalados en este artículo.*

En el caso de que los medidores no cuenten aún con los requisitos señalados en este artículo, el representante de la frontera dispone de 24 meses contados a partir de la entrada en vigencia de la presente resolución para realizar las adecuaciones necesarias.

Para las fronteras comerciales sin reporte al ASIC será suficiente el registro de la acumulación del consumo o transferencia de energía, el cual será leído periódicamente por el representante de la frontera a través de los mecanismos de los cuales disponga, con sujeción a la regulación aplicable.

Adicionalmente, respecto a los componentes del sistema de medición el código establece que estos pueden contener un interfaz de comunicación:

“Los dispositivos de interfaz de comunicación que permitan la interrogación local, remota y la gestión de la información en los términos previstos en la presente resolución. Estos equipos pueden estar integrados o no, al medidor”

2.3. Reglamento Técnico de Instalaciones residenciales - RETIE

Si bien, el RETIE vigente no tiene requisitos específicos respecto a las certificaciones y características de los medidores de consumo, El Ministerio de Minas y Energía viene trabajando en una actualización en la que se dispone:

20.32 EQUIPOS PARA MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Aplica a medidores de energía activa, medidores de energía reactiva, transformadores de potencial (TP), transformadores de corriente (TC) y sus gabinetes de encerramiento.

Los elementos utilizados en la medición de energía eléctrica deben cumplir los requisitos señalados en normas técnicas internacionales, de reconocimiento internacional o NTC que le apliquen, tales como: IEC 61869-5, IEC 60044-3, NTC 2205, NTC 2207, NTC 2147, NTC 4440, NTC 4052, NTC 4569, NTC 5019, NTC 4540 y demostrarlo mediante certificado de conformidad de producto, expedido por un organismo de certificación acreditado.

Los equipos de medición utilizados en actividades propias del servicio público de electricidad, deben cumplir los requisitos señalados en el Código de Medida expedido por la CREG, según el tipo y condición de medición que se requiera.

Los medidores de energía activa y reactiva, transformadores de potencial y transformadores de corriente, además de la conformidad del producto deben contar con certificado de calibración.

En la selección de equipos de medición y su instalación se debe tener en cuenta las condiciones ambientales del lugar.

2.4. NTC 5226:2017 (IEC 62052-11:2003)

Respecto a los requisitos generales y visualización de los valores medidos, ensayos y condiciones de ensayo de los equipos de medición de energía eléctrica, la NTC 5226 en su numeral 5.10 dispone:

“La información puede ser mostrada en registrador electromecánico o en un display electrónico. En el caso del display electrónico, la memoria no volátil correspondiente, debe tener un tiempo de retención mínimo de cuatro (4) meses.

En el caso de múltiples valores presentados en el mismo display, debe ser posible mostrar el contenido de todas las memorias correspondientes. Cuando se muestre el contenido de la memoria, debe ser posible la identificación de cada tarifa aplicada, y para displays de secuencia automática, cada display de registro para propósitos de facturación debe mantenerse mínimo durante 5 s.

La tarifa activa debe ser indicada.

Cuando el medidor no esté energizado, el display electrónico no necesita mostrar información. La unidad principal para los valores de medición debe ser kilovatio-hora (kWh), kilovar-hora (kvarh), kilovoltioamperio-hora (kVAh) o megavatio-hora (MWh), megavar-hora (Mvarh), megavoltioamperio-hora (MVAh)

Para registradores electromecánicos, las indicaciones sobre el registrador deben ser indelebles y fácilmente legibles. Los tambores de rotación continua que indican los valores más bajos deben estar graduados y numerados en diez divisiones, donde cada división está subdividida en diez partes o cualquier otra disposición que asegure la misma precisión de lectura. Los tambores que indican una fracción decimal de la unidad deben ser marcados en forma diferente cuando éstos son visibles. Cada elemento numérico de un display electrónico debe ser capaz de mostrar todos los números desde “cero” hasta “nueve”.

El registrador debe ser capaz de registrar y mostrar, comenzando desde cero, por un mínimo de 1 500 h, la energía correspondiente a la corriente máxima a la tensión de referencia y factor de potencia unitario.

Debe ser imposible borrar el dato de la energía eléctrica total acumulada durante el uso.”

Respecto al display para los medidores, la NTC 5226 lo define como “dispositivo que muestra el (los) contenido(s) de la(s) memoria(s).” y el Registrador como: “parte del medidor que hace posible la determinación del valor a ser medido. El registrador puede ser un dispositivo electromecánico o electrónico compuesto por la memoria y el display que almacena y muestra la información. Un solo display electrónico puede ser utilizado con memorias electrónicas múltiples para formar registros electrónicos múltiples.”

En la actualización de la norma técnica realizada en 2017, fue modificado el numeral 3.3.2. Respecto al título y la definición para que el uso exterior sea aplicable tanto al medidor como al display separado.

3. VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Ante la masificación de la Infraestructura de Medición Avanzada, en busca de un mayor empoderamiento por parte de los usuarios, toma gran relevancia la forma en que estos pueden interactuar con el sistema, tanto para visualizar y monitorear variables, como para el procesamiento y clasificación de la información que facilite la toma de decisiones acerca de su consumo, autogeneración y cogeneración. Desde este punto de vista, el monitoreo de las variables enviadas por los equipos de AMI puede ayudar al usuario para saber oportunamente si hay un desperdicio en el consumo de energía, o si puede obtener ingresos/ahorros por la participación en el mercado de energía. Adicionalmente, con la implementación de AMI, se pueden obtener beneficios asociados a la lectura y operación remota de los medidores inteligentes, logrando disminuir costos asociados a la facturación manual, disminuir la oportunidad de corrupción en el manejo de la información y evitar el error humano (Tyndall, Marshall, Armstrong, & Marshman, 2011).

Las iniciativas para obtener realimentación por parte del usuario, buscan que éste asuma una posición de tomador de decisiones racional basado en la disponibilidad de información, bajo la premisa que el usuario busque maximizar sus beneficios económicos. Sin embargo, la disponibilidad de información debe ser acompañada por educación al usuario, para saber cómo utilizarla en su beneficio, además de cambios culturales y sociales, gracias a que los hábitos de los usuarios no incluyen el monitoreo constante de su comportamiento energético (Foulds, Rosalyn, & Macrorie, 2017).

En ese sentido, el canal de comunicación con el que el usuario recibe la realimentación de su consumo juega un papel fundamental. A continuación, se describen algunos de los canales usados para obtener realimentación por parte del usuario.

- **In Home Display IHD:** son dispositivos físicos, diseñados exclusivamente para suministrar información al usuario que le permita tomar decisiones acerca de su consumo. La principal ventaja es la comunicación en periodos cercanos a tiempo real con el medidor, dichos dispositivos pueden incorporar herramientas de procesamiento e información, sin embargo esto puede incrementar sus costos.
- **Páginas Web:** la información suministrada por AMI se pone a disposición del usuario en una página web, donde a través de su identificación el usuario puede acceder tanto a variables eléctricas instantáneas, como históricos de consumo propios y promedio de usuarios con un comportamiento similar, precio de la energía, entre otras variables. Como principales desventajas, es necesario que el usuario posea una conexión a internet y la consulta instantánea de los medidores inteligentes puede saturar las redes de comunicación del operador de red.
- **Aplicaciones móviles:** este canal interactivo aprovecha el despliegue de teléfonos inteligentes para interactuar con el usuario, su funcionamiento es similar al de la página web. Con desventajas y ventajas similares.
- **Mensajes de texto:** la comunicación se realiza por mensajes aprovechando la red GSM, regularmente es una comunicación unidireccional de forma periódica, diaria o mensual. Sin embargo es posible que el usuario envíe comandos de texto y reciba en respuesta la información solicitada.
- **Llamadas telefónicas:** a través de llamadas telefónicas el usuario puede obtener información de su consumo, sin embargo dicha información es limitada a consumos instantáneos, promedio o acumulados.

- **Facturas informativas:** en este tipo de documentos, además de la información de la facturación, el usuario puede acceder a comparaciones de su consumo con datos históricos y de otros usuarios, y posibles recomendaciones para mejorar su comportamiento.

Típicamente la información que se entrega al usuario es:

- **Comparación entre pares:** consiste en la comparación de los niveles de consumo de energía con hogares de tamaño similar. Esta información puede incluir vecinos u hogares de tamaño similar. Permite a los participantes ver si usan más o menos electricidad que sus compañeros.
- **Comparación histórica:** muestra los niveles de consumo de electricidad actuales en comparación con los niveles de consumo previos. Los participantes pueden saber si redujeron o aumentaron su consumo en comparación con el mismo período del año pasado u otros períodos de tiempo.
- **Precio de la electricidad:** indica el precio actual de la electricidad por kWh. Sin embargo, esta información no incluye la factura actualizada.
- **Desglose del consumo:** el consumo de electricidad se desglosa según los electrodomésticos. La profundidad y el grado de descomposición pueden variar, pero en la mayoría de los casos se mide el consumo del horno, el refrigerador, el televisor y la iluminación. Permite a los participantes ver cuánta electricidad utilizan los dispositivos individuales y actuar sobre.
- **Nivel de consumo actualizado:** presenta el nivel de consumo actual en kWh. En sí mismo, no incluye el costo de la electricidad o el valor actual de la factura. Sin embargo, si se combina con objetivos de consumo u objetivos que no deben excederse, puede ser un poderoso incentivo para reducir el consumo.
- **Costo actualizado (factura):** presenta la factura actualizada que permite a los hogares calcular sus costos actuales de electricidad y actuar en consecuencia.
- **Ahorro en comparación con períodos anteriores:** compara el ahorro de energía con períodos anteriores. Los hogares tendrían un objetivo determinado para sus consumos de energía, que sería un ahorro porcentual en los consumos de energía anteriores.
- **Medio ambiente (emisiones de CO₂):** Muestra la cantidad de CO₂ que emiten los hogares debido al consumo de electricidad. Esto presenta los costos ambientales o las consecuencias del consumo de energía de los hogares.

De acuerdo con Stromback, Dromacque, & Yassin (2011) en un estudio que comparo los canales de IHD, páginas web y facturas informativas para más de 100 proyectos piloto, el único canal con un ahorro significativo en el consumo eléctrico fueron los IHD. Sin embargo, otros estudios enfatizan en la necesidad de proveer información de manera interactiva y de fácil acceso, que involucren factores socioculturales (Foulds, Rosalyn, & Macrorie, 2017).

Diversas instituciones han implementado proyectos piloto para evaluar el desempeño de las diferentes alternativas tecnológicas para proveer información a los usuarios, resaltando la necesidad de integrar otro tipo de variables no eléctricas, como temperatura, clima, economía, entre otras. Mediante estos pilotos se ha evidenciado que los usuarios pueden tomar decisiones de forma informada, logrando participar en mecanismos de mercado, como respuesta de la demanda, y compra y venta de energía. Además, la investigación en este campo muestra beneficios de obtener estadísticas de largo plazo, que afectan el comportamiento de consumo de electricidad de los usuarios, a fin de lograr un uso inteligente

de la electricidad. La visualización de dichos sistemas ayudará a mejorar interactivamente el comportamiento de los usuarios (Xiaodong, Bo, Yuanyuan, Haijing, & Bochong, 2017).

Un ejemplo de este tipo de proyectos piloto fue realizado por CenterPoint Energy, Inc.'s en Estados Unidos en el año 2011, en el proyecto de demostró que el 71% de los usuarios, de una muestra de 500, cambiaron sus hábitos de consumo a partir de la información disponible en las pantallas en sus hogares por medio de IHD (DOE, 2011).

En el caso de China, se instalaron medidores inteligentes para identificar la efectividad de los IHD para proveer información en tiempo real en busca de reducir el consumo de energía en los hogares de Shanghai. Los resultados de la investigación demostraron una mayor conciencia, comprensión y actitudes hacia el ahorro de energía mediante los dispositivos IHD (Peng, Jingchun, Xingxing, Xudong, & Yingchu, 2015).

Otras aplicaciones han utilizado combinaciones de redes zigbee, wifi, GPRS y GSM para suministrar información en tiempo real a los usuarios, en este tipo de arquitectura el medidor se comunica directamente con una base de datos (wifi o zigbee) y posteriormente se comunica la información con un IHD o teléfonos inteligentes (GSM o GPRS) (Himshekhar & Saikia, 2015) (Yeolekar, Kulkarni, & Bharadwaj, 2015) (Del Prete & Landi, 2012)

3.1. Experiencias Internacionales

Varios países han emprendido la instalación de medidores inteligentes en sus sistemas eléctricos, principalmente en el contexto europeo, donde en 2009 la Unión Europea recomendó la adopción de medición inteligente en los estados miembros. Sin embargo, se rige por decisiones autónomas de acuerdo con estudios de la relación beneficio costo de la implementación. Italia, Finlandia, y Suiza avanzan hacia la adopción tecnología con instalación de 45 millones de medidores, con otros 13 miembros. Sin embargo, en siete estados miembros (Bélgica, República Checa, Alemania, Letonia, Lituania, Portugal y Eslovaquia), el análisis de costo-beneficio fue negativo, lo que implica que el despliegue se retrasará o no se iniciará (EPRS, 2015). En la Tabla 3 se muestran grandes proyectos emprendidos en el continente europeo para la masificación de la medición inteligente.

Tabla 3 grandes proyectos en medición inteligente en Europa
Fuente: Elaboración propia a partir de (GTD, 2016)

País	Proyecto	Cobertura	Inversión declarado	Costo por medidor	Comunicaciones
Italia	ENEL TELEGESTORE project Italy	32 millones de Clientes	2.800 millones de euros	87 €.	FSK estándar Propietario y Open Meter
Francia	ERDF Project	Piloto: 300 mil Clientes Total: 35 millones de medidores	7.800 millones de dólares americanos	185 US\$	Estándar S-FSK y Linky G3-PLC
España	IBERDROLA STAR project	10,5 millones de Clientes	2.000 millones de euros	213 US\$	PLC Prime en BT y GPRS PLC MT ADSL
España	Proyecto ENEL / ENDESA	13 millones de Clientes	6 millones de euros (para 6 mil medidores restantes)	112 US\$	Modulación: B-PSK y Estándar: Protocolo Abierto (Meters and More)

Además, las empresas han incurrido en grandes inversiones en busca de proveer información a los usuarios acerca del comportamiento de su consumo, principalmente en aplicaciones móviles, y programas de computador; sin embargo, este tipo de aplicaciones coexisten con los display

convencionales. La tendencia en los últimos años es almacenar la información del consumo en la nube y por medio de diferentes dispositivos consultarla, para generar reportes y visualización de forma amigable para el usuario. En la *Tabla 4*, muestra las características de la visualización de la información de los programas adelantados en Europa.

Tabla 4 Visualización de la información AMI en Europa

Fuente: Adaptado de (Salas Prat, 2017)

País	Acceso por terceros	Periodicidad	Canal
Austria	Sí. Los consumidores tienen derecho a acceder a sus datos de consumo de forma gratuita. Terceros pueden acceder con el permiso del usuario.	12.00 h del día siguiente al consumo	Vía el portal web operado por la DSO.
Países Bajos	Sí. El mercado tiene la responsabilidad de proporcionar a los clientes la información sobre el consumo y el precio en tiempo real. El consumidor puede autorizar a un proveedor de servicios a utilizar en tiempo real sus datos para recibir servicios más allá del nivel mínimo regulado	Tiempo real	Los terceros pueden acceder a los datos a través de un servidor de acceso central (CAS), gestionado por el DSO. Los datos de consumo se almacenan localmente en los hogares y son accesibles e interoperables.
Noruega	Sí. Con el permiso del consumidor, las terceras partes tienen también acceso a los datos	Los consumidores y los comercializadores pueden acceder a los datos a las 9.00 h de la mañana del día siguiente al consumo. Los datos horarios son almacenados durante 15 meses y los datos semanales, durante tres años.	Se puede acceder a los datos a través del centro de datos centralizado Elhub
Finlandia	Sí. Con el permiso del consumidor, terceros tienen acceso a los datos.	El día siguiente al consumo. Los datos horarios deben ser almacenados durante al menos seis años.	Portal web del distribuidor (DSO). En el 2015 se empezó a desarrollar el data hub (donde está involucrado el TSO) y está previsto que opere en el 2019.
Irlanda	Sí. Además, los usuarios pueden acceder a sus datos localmente.	Acceso diario a lecturas de media hora para comercializadores, distribuidores y terceras partes.	Los consumidores pueden acceder a los datos de consumo en tiempo real a través de la red de telecomunicaciones de casa (wifi), cuando sea técnicamente posible.
Dinamarca	Sí. A través de un data hub central puede ponerse a disposición de terceros (desde el 4 de abril del 2016). Los consumidores pueden acceder a sus propios datos de forma gratuita. Los datos deben poder ponerse a disposición de los proveedores de servicios	1-2 días después de la medida	Mediante el data hub central, el cual es accesible a través de las páginas web de los comercializadores de energía. El cliente accede a su contador a través de la página web eloverblik.dk con su identificador (NemID) para ver y exportar sus datos. Los consumidores pueden

País	Acceso por terceros	Periodicidad	Canal
	energéticos (los cuales deben estar registrados en Dinamarca, tener un sitio web y tener una razón viable para trabajar con los datos de consumo eléctrico) de forma gratuita y en un formato normalizado.		compartir sus datos con terceros a través de la plataforma de este tercero, quien envía al consumidor un enlace donde debe conectarse con su NemID y dar acceso (datos actuales y hasta un año de históricos), de modo que la tercera parte podrá acceder en línea a través de una API.
España	Sí. A través del portal web del DSO.	Como máximo al cabo de siete días desde la medida.	A través del portal web del DSO, las terceras partes pueden acceder a los datos del consumidor con su contraseña y permiso en formato CSV o Excel.
Suecia	Sí. La transposición de la Directiva de eficiencia energética en la legislación sueca reconoce la figura de los proveedores de servicios energéticos.	Un día después de la medida.	En la actualidad, a través del DSO, si bien es necesario el permiso del consumidor para poder actuar en su representación. En el futuro esto se realizará a través de un concentrador de datos central.
Reino Unido	Sí. Independientemente del comercializador eléctrico, se permitirá a los consumidores optar por compartir los datos de los contadores inteligentes con terceros con licencia.	Un día después de la medida. En tiempo real para los consumidores domésticos a partir de 2017.	Los consumidores y terceros pueden acceder a los datos a través de DCC (Data Communication Company).
Francia	Sí. A través de Linky. Tanto los comercializadores como los proveedores de servicios energéticos pueden ofrecer cualquier tipo de servicio basado en estos datos una vez obtenido el consentimiento informado de los consumidores (los datos siguen siendo propiedad del cliente).	La información está disponible 24 horas después del momento del consumo en Linky, en una página web dedicada a ello con un gráfico que muestra los cambios en la demanda de energía doméstica en periodos de 10 minutos.	Se accede a través del DSO de manera equivalente al Green Button. Para acceder al dato en tiempo real, los consumidores deben instalar un dispositivo en el contador digital (que puede ser provisto gratuitamente por el comercializador o el proveedor del servicio energético). También permite el control de electrodomésticos y otros equipos, según tarifas.

El nivel de empoderamiento del usuario respecto a su consumo energético depende de la información que este tenga disponible para tomar decisiones, a nivel internacional se han desarrollado varios proyectos piloto con el objetivo de evaluar el nivel de participación utilizando diferentes estrategias y canales de comunicación de la información generada por el AMI. En la Tabla 1, se muestran diferentes proyectos adelantados en Holanda, encontrando que el nivel de ahorro energético depende de la cultura energética de los usuarios y de la estrategia de visualización implementada; sin embargo, no se evidencia una diferencia marcada entre los diferentes modos y canales.

Tabla 5 Proyectos piloto en visualización de la información

Fuente: Adaptado de (Elburg, 2014)

Proyecto	Canal	Descripción	Ahorro electricidad	Ahorro Gas	Ahorros comparados con
Oxxio 2008 / 2010: 24 meses	Web	- 2,513 - Clientes Oxxio con conciencia energética	1,5 %	1,8 %	Usuarios con Smart meter respecto a usuarios son smart meter
TU Delft 2008 / 2010: 15 meses	In-home display	- 54 - Propietarios de las viviendas	1,7 % - 7,8%	NA	Seguimiento al consumo histórico
Nuon 2009 / 2010: 4 meses	In-home display	- 40 - Clientes con conciencia energética y sin conciencia energética	6 %	12 %	Usuarios con Smart meter pero sin IHD
Amsterdam Smart City 2010 / 2011: 12 meses	In-home display	- 40 - Propietarios de las viviendas	4,6 %	4,5 %	Grupo de control sin Smart meter
Enexis: Smart Energy savings 2011 / 2013: 24 meses	Interruptores inteligentes y aplicaciones de termostato	- 900 - Grandes consumidores - Hogares grandes	--	--	
Stedin: PowerPlayer 2012 / 2013: 9 meses	Retroalimentación directa a través del display	- 140 - Bajos ingresos - Sector de alquiler	5,6 %	6,9 %	Consumo histórico
Liander: 'Energy Warriors' 2012 / 2013: 12 meses	Retroalimentación directa en app en los smartphones	- 330 - Educación más alta - Mayores ingresos - Consciencia energética	3 %	4 %	Consumo histórico

A continuación, se describen algunas de las aplicaciones desarrolladas en el contexto internacional.

- **i-Energy Medidores Discar Argentina**

i-energy es una aplicación móvil desarrollada por Discar en Argentina, como medio comunicación para sus medidores "DiMET", con la aplicación el usuario puede acceder a información sobre su consumo de energía eléctrica, tendencias de consumo, estado de crédito, notificaciones, etc como se muestra en la Figura 2.

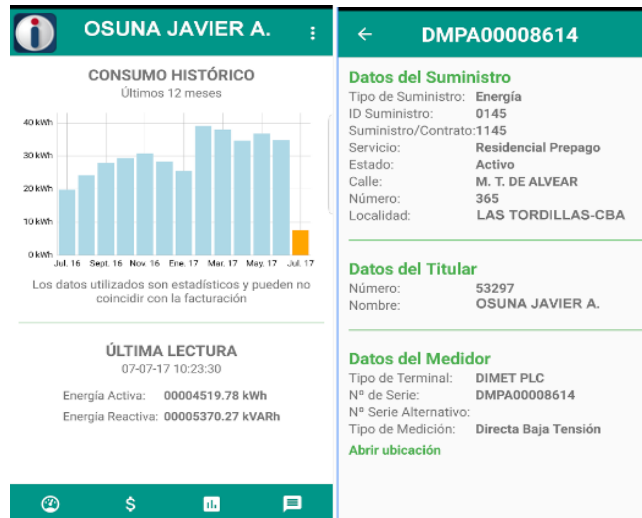


Figura 2 i-energy Discar
Fuente: Tomado de (PlayStore, 2017)

Para usuarios pospago la aplicación permite:

- Conocer la Demanda Actual de energía en Watts.
- Conocer el Consumo en kWh en lo que va del mes en curso, y compararlo con el consumo del mes pasado, y un proyectado para el final del mes en curso.
- Acceder a un gráfico con el consumo histórico de energía en los últimos 12 meses.
- Acceder a la lectura de los contadores de energía Activa y Reactiva del medidor.

Adicionalmente, para usuarios prepago, permite:

- Acceder al estado actual del Crédito cargado en el medidor (en kWh), y el tiempo estimado de dicha carga (en días y horas) con base al consumo proyectado.
- La aplicación también permite recibir las notificaciones sobre Crédito Escaso, Falta de Crédito y Recargas de Crédito, entre otras.

• **My energy: First Utility**

My energy es una aplicación web y para teléfonos móviles desarrollada por First Utility en reino unido, la herramienta promete ahorrar dinero a través del control del consumo de energía. Muestra exactamente cuánto está gastando el usuario en un momento dado. Su gama de herramientas ayuda a calcular cuánto podría ahorrar en sus facturas mediante pequeños ajustes, como cambiar las bombillas o apagar el televisor en modo de espera. Incluso puede averiguar qué tan eficiente en energía es comparado con sus vecinos.



Figura 3 My energy: First Utility
Fuente: Tomado de (First-Utility, 2017)

- **Kamstrup Smart Meter**

Esta aplicación es parte de la solución de medición inteligente de Kamstrup. La aplicación permite visualizar el patrón de la demanda de energía a intervalos de una hora o de 15 minutos y muestra cuadros comparativos de años anteriores. Tiene la capacidad de visualización de los datos recogidos automáticamente del medidor e incluso cuando se encuentra en stand-by realiza la estimación de consumo. Este valor le dará una idea clara de todo el consumo de energía no deseada.



Figura 4 Kamstrup Smart Meter
Fuente: Tomado de (PlayStore , 2017)

Las características principales de la aplicación son:

- Gráficos de consumo de energía en intervalos de una hora o de 15 minutos
- Gráficos de su consumo de energía por día durante una semana
- Gráficos de su consumo de energía por día durante un mes
- Gráficos de su consumo de energía por mes durante un año
- Comparar el consumo de energía mensual de un año
- Vea su última lectura de medidores y registros de tarifa
- Ingresar con número de cliente y número de medidor

• Iberdrola Distribución

Iberdrola Distribución permite conocer la información en detalle de los contratos de acceso a la red y de generación, introducir auto-lecturas, informar de una falla en el suministro, enviar documentación de forma electrónica y denunciar un posible fraude.

Además, si tiene instalado un contador inteligente con telegestión operativa, podrá:

- visualizar de forma gráfica el consumo diario, semanal y mensual
- comparar el consumo entre dos días, semanas o meses distintos.
- comprobar si la potencia contratada es la adecuada
- descargar sus curvas de consumo horario facturado en formato Excel y CSV
- acceder a su contador para consultar su estado (conectado o desconectado)
- reconectar su interruptor de control de potencia (ICP) si ha disparado por sobrecarga

Si además es un productor de energía eléctrica podrá visualizar de forma gráfica los datos, hora a hora, de su generación diaria, semanal y mensual.

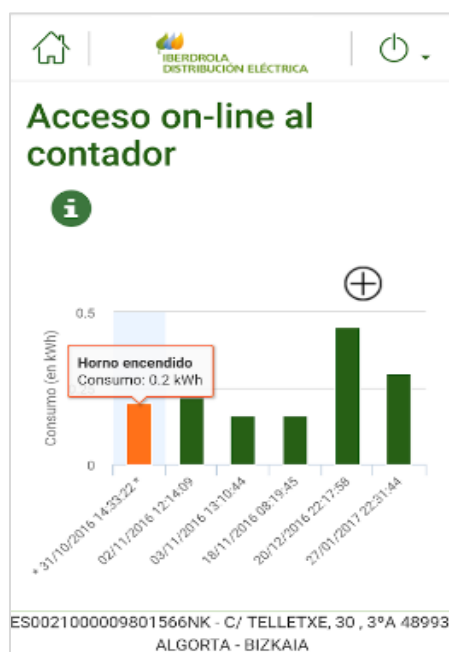


Figura 5 Iberdrola Distribución
Fuente: Tomado de (PlayStore, 2017)

• Eneri Smart Metering System

Es una aplicación basada en arquitectura web que provee de un lugar centralizado para los datos de los medidores ya que permite en tiempo real o automatizado la recolección de datos de los medidores (diferentes variables eléctricas, alarmas), así como su administración (corte, reconexión remota), permitiendo de esta manera la disminución de cartera vencida, reducción de costo y tiempo en el proceso de facturación. El sistema está diseñado modularmente para ser altamente escalable, confiable y flexible manteniendo un alto desempeño para el manejo de los datos; pueden ser usadas

bases de datos en línea y otra espejo para el reporte e inteligencia de negocio (ENERI, 2017). En la Figura 6 se muestra una visualización del software.



Figura 6 Eneri Smart Metering System
Fuente: Tomado de (ENERI, 2017).

- **India: Smart Energy Meter (SEM)**

En Preethi & Harish (2016) se presenta un medidor inteligente con medición y facturación automática, el sistema utiliza una red de comunicación: Este medidor cuenta con un display LCD y se comunica con una estación base a través de Zigbee, desde donde se pueden enviar mensajes de texto tanto a la compañía como al usuario acerca de su consumo.

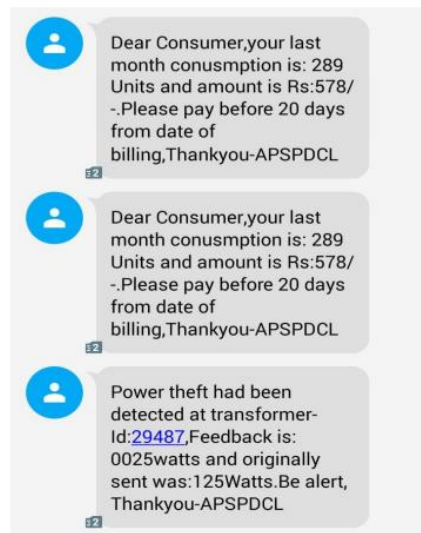


Figura 7 India: Smart Energy Meter (SEM)
Fuente: Tomado de (Preethi & Harish, 2016).

4. RETOS PARA MASIFICAR LA MEDICIÓN FLEXIBLE EN COLOMBIA

De acuerdo con el documento CREG 077 de 2018, en el país se deben realizar ajustes regulatorios para la implementación de un esquema de medición avanzada, ante la ausencia de normatividad que permita implementar AMI de manera masiva y la asignación de los costos asociados de una manera eficiente. Para conseguirlo la comisión propone ajustes en tres ejes conceptuales:

- Adaptar y/o ajustar la regulación que hace referencia en materia de medida en atención al concepto de medición avanzada.
- Protección a los derechos de los usuarios.
- La promoción de la competencia en la actividad de comercialización.

En ese sentido, se deben realizar ajustes entre otras a las resoluciones CREG 225 de 1995, 108 de 1997, 070 y 131 de 1998, 156 de 2011, 180 de 2014, 038 de 2014, 015 y 030 de 2018.

En particular, respecto a la visualización de la información por parte de los usuarios o suscriptores del servicio de energía eléctrica, es necesario realizar ajustes normativos, teniendo en cuenta las características tecnológicas de la medición avanzada, y los beneficios de implementación para los usuarios finales.

Tabla 6 Retos para masificar la medición flexible en Colombia
Fuente: Elaboración propia

Contexto	Reto	Documento Referencia
Los requerimientos de contar con un display físico en los medidores avanzados pueden aumentar los costos de implementación de AMI, sin obtener beneficios adicionales para el usuario.	Actualizar los documentos normativos necesarios para permitir el uso de display virtualizados para proveer información que permita generar mayor valor para los usuarios.	RES CREG 038/14 RETIE NTC 5226:2003 (IEC 32052-11:2003)
Sin lineamientos claros sobre el tratamiento de datos, la información generada a través de AMI no garantiza que el uso de dichos datos agregue valor para los diferentes agentes.	Ajustar requerimientos de administración de datos en el marco de AMI que garantice la eficiencia en prestación del servicio (registro, Almacenamiento, procesamiento y difusión de la información)	RES MME 4 0072/18
Sin lineamientos en interoperabilidad, pueden surgir ineficiencias como resultado de inversiones cuyas funcionalidades no se utilicen de manera óptima.	Ajustar requerimientos en interoperabilidad y ciberseguridad en el marco de AMI.	RES MME 4 0072/18 DOC CREG 077/18
La masificación y aceptación de AMI por parte de los usuarios, depende de la percepción de valor agregado que estos puedan percibir de las soluciones.	Vincular mecanismos de respuesta de la demanda, en el que los usuarios puedan percibir valor agregado de la información generada.	RES MME 4 0072/18 DOC CREG 077/18

Contexto	Reto	Documento Referencia
No existen lineamientos en cuanto a los canales de comunicación en el que los usuarios pueden tener acceso a la información generada por el AML.	Definir reglas respecto de uso de los canales de comunicación a utilizar por los usuarios, teniendo en cuenta sus características socioeconómicas y de acceso a diferentes recursos.	RES MME 4 0072/18 DOC CREG 077/18
No existen lineamientos en cuanto a la información a la que debe tener acceso el usuario en el contexto del AML.	Definir requerimientos respecto a la información mínima y la periodicidad a la que deberá tener acceso el usuario, definiendo perfiles por tipo de usuario.	RES MME 4 0072/18 DOC CREG 077/18
El costo de las comunicaciones suele ser elevado, dependen de la geografía, disponibilidad de soluciones de comunicación y condiciones particulares de la ubicación de los usuarios. Adicionalmente, el despliegue de las comunicaciones y operadores celulares no son confiables para las funcionalidades del sistema AML.	Implementar soluciones de comunicación costo eficientes para garantizar el acceso a la información según las necesidades de los usuarios.	RES MME 4 0072/18 DOC CREG 077/18 UIT-T E.800 Comisión Nacional de Comunicaciones Res No. 3797 de 2013.
No existe definición sobre suministro del medidor avanzado como parte integral de la infraestructura del sistema de medición avanzada que facilita la operación de captura, análisis y explotación de la información por parte de los operadores de red.	Implementar soluciones integrales y eficientes para captura, análisis y explotación de la información.	RES MME 4 0072/18 DOC CREG 077/18
Asumir el costo inicial del medidor avanzado por parte del usuario puede traer retrasos en la implementación de AML y generar sobrecostos que pueden ser gestionados con economías de escala.	Considerar el suministro del medidor avanzado como parte integral de la infraestructura del sistema de medición avanzada para facilitar la captura, análisis y explotación de la información.	RES MME 4 0072/18 DOC CREG 077/18

Referencias

- Carbon Trust. (2016). Análisis Costo Beneficio de implementación de AMI en Colombia., (pág. 2016).
- Del Prete, G., & Landi, C. (2012). Real-time smart meter with embedded web server capability. *IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings*, (págs. 682-687). Graz.
- DOE. (26 de 07 de 2011). *ENERGY.GOV*. Obtenido de <https://energy.gov/articles/centerpoint-energy-and-us-deputy-secretary-energy-daniel-poneman-announce-results-pilot>
- Elburg, H. (2014). Dutch Energy Savings Monitor for the Smart Meter.
- ENERI. (1 de 12 de 2017). Obtenido de <http://www.eneri.com.mx/AMI>
- EPRS . (2015). Smart electricity grids and meters in the EU Member States., (págs. 1-8).
- First-Utility. (7 de 12 de 2017). Obtenido de <https://www.first-utility.com>
- Foulds, C., Rosalyn, R., & Macrorie, R. (2017). Energy monitoring as a practice: Investigating use of the iMeasure online energy feedback tool. *Energy Policy 104*, 194–202.
- GTD. (2016). Estudio de medidores inteligentes y su impacto en la tarifa .
- Himshekhar, D., & Saikia, L. (2015). GSM Enabled Smart Energy Meter and Automation of Home Appliances. *2015 International Conference on Energy, Power and Environment: Towards Sustainable Growth (ICEPE)*, (págs. 1-5). Shillong.
- MME. (2017). Memoria Justificativa: Por el cual se establecen lineamientos de política pública para implementar Infraestructuras de Medición Avanzada en el servicio público de energía eléctrica. Bogotá.
- MME. (29 de 01 de 2018). Resolución Número 40072 del 29 de enero de 2018: Por el cual se establecen los mecanismos para implementar la Infraestructura de Medición Avanzada en el servicio público de energía eléctrica. Bogotá.
- Peng, X., Jingchun, S., Xingxing, Z., Xudong, Z., & Yingchu, Q. (2015). Case Study of Smart Meter and In-home Display for Residential Behavior Change in Shanghai, China. *The 7th International Conference on Applied Energy – ICAE2015*, 2694 – 2699 .
- PlayStore . (7 de 12 de 2017). Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=dk.kamstrup.smartmeter>
- PlayStore. (7 de 12 de 2017). Obtenido de <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mrdims.android&hl=es>
- Preethi, V., & Harish, G. (2016). Design and implementation of smart energy meter. *2016 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, 1-5.
- Salas Prat, P. (2017). Acceso a los datos de consumo eléctrico de los contadores digitales y su uso. *Autoritat catalana de la Competencia*.

- Stromback, J., Dromacque, C., & Yassin, M. H. (2011). The potential of smart meter enabled programs to increase energy and systems efficiency: a mass pilot comparison. *VaasaETT, Global Energy Think Tank*.
- Tyndall, M., Marshall, R., Armstrong, E. K., & Marshman, C. (2011). Potential EMC Implementation problems of Smart Metering, Display and Communications. *2nd IEEE PES International Conference and Exhibition on Innovative Smart Grid Technologies*, (págs. 1-5). Manchester.
- UPME. (2016). *Smart Grids Colombia Visión 2030 : Antecedentes y Marco Conceptual del Análisis, Evaluación y Recomendaciones para la Implementación de Redes Inteligentes en Colombia*. Bogotá.
- UPME. (2017). Maximizando el uso de la medición inteligente, mas allá de las funcionalidades. Bogotá.
- Xiaodong, F., Bo, Q., Yuanyuan, L., Haijing, Z., & Bochong, H. (2017). Energy Visualization for Smart Home. *Energy Procedia*, 2545-2548. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.732>.
- Yeolekar, D., Kulkarni, H. H., & Bharadwaj, D. G. (2015). Combined Zigbee & GSM approach for AMR in harmonic monitoring and assessment on smartphone,. *IEEE International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)*, (págs. 1-7). Coimbatore.