

“Estudio Revisión de Estándares aplicables a SMMC”

Comisión Nacional de Energía
(CNE)

Informe de Estandarización en Sistemas de Medición, Monitoreo y Control 18II018-DC-G-IFI-01E

Centro Avanzado de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (AC3E)
Universidad Técnica Federico Santa María

Enero 2019

Rev. 1.1



Control de Cambios

Rev.	Fecha	Descripción
1.0	28-12-2018	Emitido a CNE.
1.1	08-01-2019	Emitido a CNE incluyendo modificaciones según observaciones.

Colaboraron

La redacción y preparación de este texto es la culminación de los esfuerzos de varios profesionales e investigadores. Desde la escritura hasta la revisión, el asesoramiento para la crítica, cada una de las siguientes personas ha proporcionado información valiosa de una forma u otra.

- Luciano Ahumada** Investigador asociado AC3E y Académico Escuela de Informática y Telecomunicaciones Universidad Diego Portales.
- Esteban Gil** Investigador asociado AC3E y Académico Departamento de Ingeniería Eléctrica Universidad Técnica Federico Santa María.
- Jonathan Frez** Académico Escuela de Informática y Telecomunicaciones Universidad Diego Portales.
- Diego Godoy** Ingeniero de Investigación y Desarrollo Energía AC3E.
- Pablo Dominguez** Jefe de Transferencia Tecnológica AC3E.

Tabla de Contenidos

1	Introducción	5
2	Interoperabilidad, estándar y protocolo abierto	6
2.1	Protocolo (en el contexto de protocolos de comunicación)	8
2.2	Protocolo abierto	8
2.3	Protocolo propietario.....	9
3	Una mirada internacional, mercado y competencia	10
4	Soluciones SMMC desde la estandarización	16
4.1	Protocolo de comunicaciones estándar IEC 62056: DLMS/COSEM.....	16
4.2	Protocolos de comunicaciones estándar ANSI	17
4.3	Protocolo de comunicaciones abierto PRIME.....	17
4.4	Protocolo de comunicaciones abierto <i>Meters and More</i>	18
5	Sobre la adopción de más de un estándar de operación en un SMMC	19
6	Referencias	21

1 Introducción

La Comisión Nacional de Energía (CNE) en su rol de servicio público que regula el sector energético en Chile, mediante un desarrollo energético confiable, sustentable y con precios justos, se encuentra actualmente en el proceso de elaboración del Anexo Técnico de Sistemas de Medición, Monitoreo y Control (AT SMMC) de la Norma Técnica de Calidad de Servicio para Sistemas de Distribución (NTD). El objetivo principal es establecer exigencias técnicas que permitan asegurar un nivel de seguridad y calidad mínimo para los SMMC (también conocidos como sistemas de medición inteligente, *smart meters* o infraestructura de medición avanzada) que deben implementar las Empresas Distribuidoras, de acuerdo con lo establecido en el artículo 6-11 de la NTD.

La necesidad de medir y tener datos cuantitativos de los parámetros relevantes en las redes eléctricas crece en conjunto con el desarrollo tecnológico de las mismas redes. Por otra parte, las nuevas tecnologías permiten incorporar capacidades de control y administración remota, logrando automatizar tanto las mediciones eléctricas como el cumplimiento de requerimientos técnicos y regulatorios, por ejemplo, dando cumplimiento a indicadores de calidad de servicio, calidad comercial y dando la posibilidad de realizar acciones en línea para beneficios del Cliente Final. Así, es natural y una realidad que en la mayoría de las regulaciones eléctricas a nivel internacional se encuentre establecido un proceso de un despliegue masivo de SMMC en sus redes de distribución.

Los SMMC son sistemas que, como toda tecnología, han tenido un crecimiento de sus capacidades, logrando incorporar más funcionalidades en busca de mayor automatización de la medición y control de diferentes aspectos. Las decisiones tecnológicas por detrás de esta automatización no son simples. Es necesario evaluar -entre otros aspectos- la necesidad de estandarizar el uso de mecanismos de comunicación en miras de lograr máxima compatibilidad de dispositivos, tecnologías y control de precios a partir de la operación dentro de un mercado espejo relevante. Por otro lado, la normativa debe cumplir con las garantías de calidad que ya existen en arquitecturas SMMC instaladas en el extranjero, y permitir proyectar su crecimiento y escalabilidad a otros servicios eléctricos de valor agregado y sistemas durante los próximos veinte años, al menos.

Bajo este contexto, y como extensión de la Asesoría Especializada de AT SMMC [1] desarrollada por el AC3E, se realiza una revisión internacional de los estándares aplicables a los SMMC, con foco particular en la adopción de estándares que permitan asegurar la interoperabilidad de sus componentes, sean estos de distintas marcas o tecnologías, así como su compatibilidad con otros equipos o servicios que pudiesen ser desarrollados en el futuro, tanto por las mismas empresas distribuidoras como por terceros, resguardando la competencia. El reporte acá expuesto intenta entonces aportar a la definición de estándares de uso local, desde la revisión de la relevancia de la interoperabilidad del sistema, el análisis comparado de estándares y protocolos de uso masivo, así como del nivel de penetración de ellos en el contexto mundial.

2 Interoperabilidad, estándar y protocolo abierto

Actualmente existen más de 25 definiciones de interoperabilidad para los SMMC. Las definiciones más mencionadas son aquellas descritas en las normas IEC y ANSI. En el caso de IEC, se indica que “la interoperabilidad es la habilidad de dos o más dispositivos, de uno o más proveedores, para intercambiar información, utilizándola para una correcta operación”. En el caso de NIST (ANSI), se lee que “la interoperabilidad es la habilidad que tienen sistemas diversos, junto a sus componentes, para trabajar en conjunto. Para realizar esto de manera efectiva es necesario unificar *frameworks* de interfaces, protocolos y otros estándares consensuados”. Así, y desde las definiciones antes mencionadas, puede desprenderse que la interoperabilidad es la base y sustento de la escalabilidad y continuidad operacional de los sistemas. Es esta característica la que extiende la operación de una arquitectura de comunicaciones más allá de la particularidad del diseño de un fabricante.

Considerando lo anterior, debe destacarse que interoperabilidad no es sinónimo de estandarización. La estandarización es sólo una componente de la interoperabilidad. De no existir, no es factible definir perfiles interoperables en las múltiples capas conceptuales de una arquitectura de SMMC (que van desde estándares de capa física hasta *frameworks* de desarrollo de aplicaciones). De esta manera, es factible definir que sin estandarización no existe interoperabilidad, pero la estandarización por sí sola no hace que un sistema sea robusto e interoperable.

En los diversos reportes de interoperabilidad revisados existe consenso en que la interoperabilidad tiene un impacto técnico-económico sobre los mercados asociados a los SMMC. Esto se debe a que su existencia reduce la incertidumbre (más conocido como riesgo de mercado), lo cual permite que el mismo mercado crezca más rápido y genere mayor valor para el consumidor, lo cual se traduce en menores costos para el Cliente Final. También reduce los efectos de bloqueo para los consumidores, servicios públicos y proveedores. Con ello, también se limitan las libertades de diseño y operación de un operador de SMMC.

La adopción de un estándar único que habilite la creación de una arquitectura interoperable no reviste sólo un carácter técnico. Existen factores de mercado que deben ser tomados en cuenta, específicamente aquellos asociados a economías de escala. Para explicar este fenómeno considere, por ejemplo, el caso de la televisión analógica. Chile debió hace ya décadas optar por un estándar de televisión. Los candidatos de mayor presencia mundial correspondían a NTSC (Asia, América del norte, Islas del caribe, parte de Sudamérica), PAL (uso principal en Asia, África y Europa) o SECAM (Francia). Los tres sistemas definen protocolos de comunicación y codificación ampliamente conocidos y validados, que norman desde cómo se codifica la imagen a partir de técnicas de colorimetría. Chile optó en su momento por la norma dominante en la costa del océano Pacífico, apostando por el menor costo de equipos dado el mercado espejo que se crearía, además de la calidad técnica de la norma de transmisión. Esta decisión habilitó que: i) todos los canales de televisión transmitieran bajo la misma norma; ii) lo anterior permitió la aparición de múltiples proveedores de equipos intentando satisfacer

la demanda; iii) dado que está normado el cómo se transmiten los datos, todos los canales de televisión pueden ser decodificados en un solo receptor (no se debe cambiar el televisor dependiendo del canal sintonizado). Así, es sencillo ver que el uso de normas y estándares en ningún caso frena o impide la creación de arquitecturas tecnológicas ni tampoco reduce o comprime el mercado de proveedores.

Un segundo ejemplo en relación a la relevancia de la interoperabilidad puede encontrarse en la telefonía celular. Existen zonas donde un proveedor de servicios no posee cobertura. El caso típico corresponde a usuarios visitantes de una red celular extranjera (turistas). Si no existieran protocolos normados, estándares de diseño de equipos, entre otros, jamás habría sido posible que operadores firmaran convenios para la existencia del *roaming* internacional. Esto trasciende al uso de modelos de comunicación de base (como es el modelo OSI/ISO) puesto que se norman aspectos mucho más profundos del intercambio de datos para que la transmisión de información (voz o datos) sea factible. En una analogía con un SMMC, este fenómeno toma especial importancia en el contexto de generación distribuida, donde equipos no pertenecientes a una red podrían requerir conectarse a ella (tal como en el caso del *roaming* en sistemas celulares).

En línea con lo antes expuesto, el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica CENELEC [2] define interoperabilidad como “la habilidad de dos o más redes, sistemas, dispositivos, aplicaciones o componentes de una red, para intercambiar y usar información y así realizar las funciones requeridas”. Desde esta definición también definen el llamado “perfil de interoperabilidad” entendido como un documento que describe cómo se implementarán los estándares o especificaciones para dar respuesta a los requerimientos emanados desde una aplicación, componente funcional, comunidad o contexto. Este perfil es, entonces, un elemento clave dentro del diseño de una arquitectura SMMC, basado en estándares y requerimientos, para lograr la total interoperabilidad. Sin él, existen libertades que atentan contra las garantías y certezas del intercambio de información.

Según CENELEC, y en términos simples, si dos o más sistemas son capaces de intercambiar datos, ellos exhiben interoperabilidad sintáctica. La especificación del formato y protocolo de comunicación es una herramienta clave para lograrla (por ejemplo, formatos de datos como XML, o protocolos de comunicación como TCP/IP). Esto es también válido y necesario para niveles más bajos de la comunicación: se debe asegurar que los caracteres sean almacenados y transmitidos en una misma variante de códigos de caracteres como son ASCII o Unicode en todas las componentes, que las tablas de datos sean entendidas de forma equivalente en ambos extremos, entre otros aspectos. De no existir esta interoperabilidad sintáctica se intercambiarán datos, pero la interpretación y el procesamiento de ellos no tendrá sentido, y -en consecuencia- no será posible lograr la interoperabilidad en su definición.

La interoperabilidad sintáctica yace entonces en la clara definición de protocolos de comunicación e intercambio de datos en un formato conocido por quien los envía y recibe. Así, es necesario precisar las diferencias entre los siguientes conceptos.

2.1 Protocolo (en el contexto de protocolos de comunicación)

Se trata de las reglas que define la sintaxis, semántica y sincronización de la comunicación, así como también los posibles métodos de recuperación de errores [3]. En otras palabras, un protocolo que comunica a los transceptores A y B es el acuerdo de qué envío y cómo lo envío, para que ambos logren interpretar y procesar la información.

2.2 Protocolo abierto

Corresponde a una secuencia de pasos y reglas (como todo protocolo) que su(s) creador(es) dejan disponible a todos aquellos interesados de ocuparlo. El hecho que un protocolo sea abierto no lo transforma en sinónimo de calidad. Las reglas de operación en él definidas podrían incluso ser inseguras o de baja eficiencia, por ejemplo.

La naturaleza abierta, siempre que se vea complementada con la incorporación a un estándar, habilita la masificación y orientación a la calidad del protocolo. Los grupos de estandarización revisan permanentemente el estado de la técnica, apostando siempre por la compatibilidad entre dispositivos. Es necesario destacar que un protocolo abierto podría contener etapas o reglas de conexión a componentes propietarias, es decir, a partes de un sistema que no son de uso público y requieren de su licenciamiento o compra en alguna medida. Así, la operación podría no ser escalable a proveedores de equipos que no cuenten con las licencias de las componentes en cuestión. De esta manera, y en rigor, cualquier conjunto de reglas puestas a disposición de la comunidad podría considerarse como un protocolo abierto: desde un conjunto de reglas para enviar mensajes vía palomas mensajeras, hasta cómo emplear OFDM en un enlace óptico. Este ejemplo tan simple habla de lo ambiguo del término, y a su vez del riesgo asociado a permitir la utilización de protocolos abiertos no estandarizados dentro de un SMMC.

Un protocolo abierto se convierte en estándar (o parte de un estándar), cuando aparece un organismo normalizador que i) da contexto a su revisión, aseguramiento de la calidad, y manejo de versiones; ii) difunde y fomenta su uso entre proveedores de equipos de comunicación para alcanzar máxima compatibilidad y crecimiento en el mercado de equipos; iii) publica una serie de normas bajo las cuales debe regirse en el contexto de una arquitectura. Es ahí cuando se establece que el protocolo está “normado” o “estandarizado” y es de uso público [4].

2.3 Protocolo propietario

Conjunto de reglas, al igual que los anteriores, que es propiedad de un proveedor en particular, y en muchos casos opera de forma paralela a protocolos abiertos estandarizados. Un ejemplo de ello se observa en algunos proveedores de tarjetas inalámbricas: si el transmisor y el receptor son de la misma marca emplean un protocolo propietario, y funcionan a una velocidad prometida mayor a que si son de distintos fabricantes (modalidad donde se usa el protocolo abierto estandarizado). De este ejemplo sencillo, se observa que mecanismos de transmisión no estandarizados pueden coexistir con una modalidad compatible con todo fabricante mediante una modificación al hardware y/o software. Existe también un caso particular donde dos protocolos abiertos coexisten y logran avanzar hacia la interoperabilidad. En el caso de los SMMC, se observa que *Meters and More* ofrece unidades de segunda generación que operan bajo protocolos propios como de estándar IEC [5], o los desarrollados por Schneider-Electric contemplando operación multi-protocolo [6]. Lo anterior, es consecuencia tanto de una voluntad de proveedores de equipos para maximizar la compatibilidad de unidades de medida como de la modificación en las exigencias regulatorias de los países que apuntan a la estandarización. Si bien los equipos multi-protocolo existen (no siendo una operación dual simultánea), el valor de mercado del producto es mayor al de uno que sólo contemple la operación de un estándar en particular. Así, un SMMC debiera apuntar a la clara definición de estándares en función de los requerimientos del caso específico de uso, de la realidad local, y del mercado espejo.

3 Una mirada internacional, mercado y competencia

Cualquier arquitectura SMMC debe contar con alta disponibilidad y confiabilidad de las comunicaciones, analizando a partir de ella el cumplimiento de variables de calidad de producto y servicio. Las fallas de equipamiento en redes eléctricas de distribución, catástrofes naturales u otros fenómenos pueden producir interrupciones en el suministro eléctrico. La correcta gestión de dichos incidentes depende en gran medida de la existencia de sistemas de medición, monitoreo y control, complementados con procesos de diagnóstico y automatización. Estos sistemas requieren de una infraestructura de telecomunicaciones para operar. En general existen dos medios de comunicación que operan en estas redes: transmisión vía cableado (conductor) eléctrico y mediante el canal inalámbrico. Ambas capas físicas tienen sus ventajas y desventajas. En países de geografía compleja como Chile, es necesario considerar el uso de ambas.

La adopción de estándares de interoperabilidad para todo el sistema es un requisito esencial para hacer de los SMMC una realidad. Estos sistemas deben ser interoperables, robustos en términos de seguridad en el manejo de información, y deben proveer además de mecanismos de seguridad para la incorporación o conexión de nuevos productos y sistemas a la red. Actualmente se realizan importantes esfuerzos en utilizar un conjunto compacto y estandarizado de protocolos de comunicación a niveles nacionales y regionales. Por ejemplo, la Unión Europea diseñó un plan estratégico para la evolución de tecnología en el rubro de la energía [7], que coordina el desarrollo de SMMC por los próximos 30 años. De manera similar en Canadá existen paneles que coordinan el desarrollo de SMMC [8]. Por otro lado, existen múltiples agencias de estandarización a nivel mundial que trabajan en las definiciones de los estándares, como el *American National Standards Institute (ANSI)*¹, la *International Electrotechnical Commission (IEC)*², el *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*³, *International Organization for Standardization (ISO)*⁴, *International Telecommunication Union (ITU)*⁵, *Third Generation Partnership Project (3GPP)*⁶. A nivel regional también se encuentran la *Korean Agency for Technology and Standards*

¹ ANSI: Organización privada sin fines de lucro. Está compuesta por agencias gubernamentales, organizaciones civiles, empresas, organismos académicos internacionales, e individuos. ANSI representa y sirve a los diversos intereses de más de 270000 empresas y organizaciones y 30 millones de profesionales en todo el mundo.

² IEC: Organización cuasi gubernamental sin fines de lucro. Los miembros de la IEC son Comités Nacionales, nombrando expertos y delegados provenientes de la industria, organismos gubernamentales, asociaciones e instituciones académicas para participar en el trabajo técnico y de evaluación de la conformidad de la IEC.

³ IEEE: Corporación sin fines de lucro, de membresía profesional, que se dedica exclusivamente a actividades educativas y científicas que benefician a la profesión. Está compuesta por ingenieros, científicos y profesionales de las disciplinas de tecnología de la información, físicos, médicos, entre otros, además de ingeniería eléctrica y electrónica.

⁴ ISO: Se refiere a una organización internacional independiente, no gubernamental, con una membresía de 162 organismos nacionales de normalización.

⁵ ITU: Organización basada público-privada desde su creación. Cuenta en la actualidad con 193 países miembros y más de 700 entidades del sector privado e instituciones académicas. Se basa en el principio de la cooperación internacional entre los gobiernos (Estados Miembros) y el sector privado (Miembros de Sector, Asociados e Academia).

⁶ 3GPP: Une a 7 organizaciones de desarrollo de estándares de telecomunicaciones (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TSDSI, TTA, TTC), conocidas como "Socios Organizacionales" y proporciona a sus miembros un entorno estable para producir los Informes y Especificaciones que definen las tecnologías 3GPP.

(KATS)⁷ y finalmente la *Japanese Industrial Standards Committee* (JISC)⁸. De manera adicional a las mencionadas agencias, existen grupos de trabajo conjunto como el compuesto por *Comité Européen de Normalisation* (CEN)⁹, CENELEC¹⁰ y *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI)¹¹, que conforman la comisión europea que establece los estándares en base a los objetivos del SMMC. El foco de esta comisión [9] está en definir las funcionalidades e interfaces de comunicación para los sectores eléctricos, agua y gas de Europa.

La *Global Smart Grid Federation* (GSGF), en conjunto con la *International Smart Grid Action Network* (ISGAN), realizó un reporte [10] que describe todos los estándares y protocolos actualmente disponibles, y junto a ello resume sus conclusiones de la siguiente manera: “La interoperabilidad tiene un fuerte impacto en los mercados, reduciendo la incertidumbre y los efectos de bloqueo para los consumidores, servicios públicos y proveedores, reduciendo las ventajas de quienes implementan primero en un mercado. Esto permite que el mercado crezca más rápido y genere mayor valor para el consumidor. La interoperabilidad es mayormente implementada por la vía de uso de estándares e imponiendo regulaciones de mercado, de modelos de negocio, roles y responsabilidades”.

Actualmente existen trabajos importantes en la definición de un SMMC interoperable en distintas partes del mundo. La base para los estándares de SMMC y su interoperabilidad es el estándar internacional IEC61850. Sin embargo, según la GSGF es posible encontrar al menos 25 definiciones de interoperabilidad y 530 estándares para un SMMC. Los estándares se pueden dividir en tres áreas principales: administración de la red de distribución, redes de comunicaciones, e infraestructura de medición (*metering*). Dado el grado de avance en estas áreas, la capacidad de realizar actualizaciones es crucial, dado que el desarrollo de un SMMC es un proceso paso a paso, y se debe estar preparado para cambios en los estándares. Así, la experiencia comparada muestra también que la certificación de los equipos es crucial para la correcta operación de la red: aunque una arquitectura adopte el uso de un estándar, se han documentado casos de no compatibilidad por la forma en que cada proveedor implementa su solución.

⁷ KATS: Agencia gubernamental que ha liderado los estándares nacionales e internacionales en la República de Korea. KATS se reformó bajo el Ministerio de Economía del Conocimiento. KATS es un miembro activo de ISO, IEC y PASC.

⁸ JISC: Organización asesora a los ministros a cargo de la elaboración de los Estándares Industriales de Japón (JIS) y la designación de La marca JIS a los productos. Sus consejos tienen como miembros a todas las partes interesadas entre productores, distribuidores, usuarios, consumidores y círculos académicos. Es el organismo miembro de la ISO para Japón. También es miembro de la Comisión Electrotécnica Internacional.

⁹ CEN: Organización internacional privada sin fines de lucro con sede en Bruselas. Es una asociación que reúne a los organismos nacionales de normalización de 34 países europeos. Es uno de los tres organismos europeos de normalización (junto con CENELEC y ETSI) que han sido reconocidos oficialmente por la Unión Europea y por la Asociación Europea de Libre Comercio (AELC) como responsables del desarrollo y la definición de estándares voluntarios a nivel europeo.

¹⁰ CENELEC: Organización internacional técnica sin fines de lucro establecida bajo la Ley Belga. Fue creado en 1973 como resultado de la fusión de dos organizaciones europeas anteriores: CENELCOM y CENEL.

¹¹ ETSI: Organización regional independiente sin fines de lucro, con más de 850 miembros provenientes de 66 países de los cinco continentes. Esta membresía incluye a fabricantes, operadores de red, proveedores de servicios y contenidos, administraciones nacionales, Universidades y organismos de investigación, organizaciones de usuarios, Empresas de consultoría y asociaciones.

Considerando una mirada internacional respecto a los estándares, la influencia del estándar IEC es predominante en el mundo, tal como se aprecia en la Figura 1. El mercado norteamericano es regulado por los estándares ANSI. Por el contrario, la mayoría de los mercados fuera de América del Norte se rigen generalmente por los estándares de la IEC. Sin perjuicio de lo anterior, los estados miembros de la IEC pueden tener estándares de medición personalizados, dentro del marco de esta institución, que planteen problemas de economías de escala para sus proveedores. Otros mercados no están regidos ni por las normas ANSI ni por las normas IEC: el mercado brasileño, por ejemplo, se rige por los estándares de la *Associação Brasileira de Normas Técnicas* (ABNT) [11]. Esta opción de Brasil también puede encontrarse en otras arquitecturas de comunicaciones: Por ejemplo, Brasil ha optado por fomentar la industria interna en el diseño y producción de equipos, apostando por normas propias para televisión digital terrestre versión brasilera.

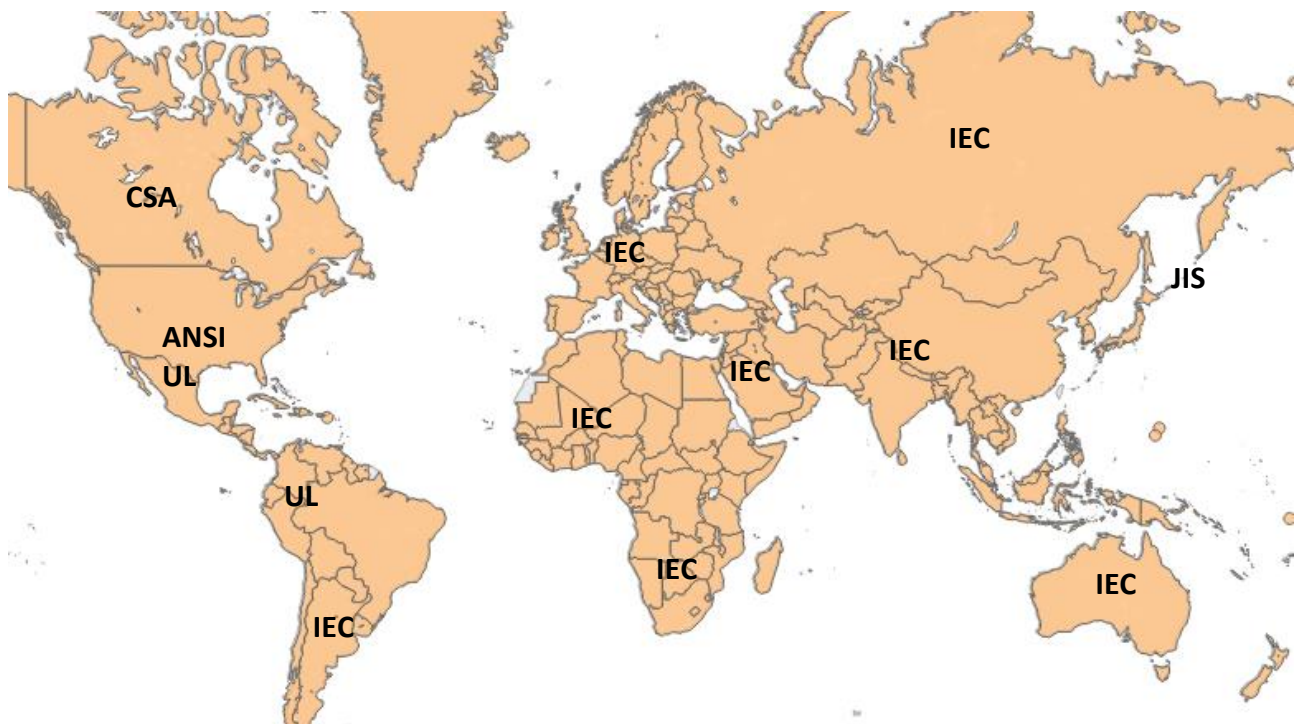


Figura 1. Zonas de influencia generales de los estándares. Adaptado de [12].

La IEC está integrada por los organismos nacionales de normalización de cada país miembro. En la actualidad está compuesta por más de 80 países miembros. Con un total de 86 miembros, cada uno de ellos representando a un país: son 62 los miembros plenos, y 24 los miembros asociados. Han confeccionado más de 10000 normas, conjuntamente con otras organizaciones nacionales y regionales como también internacionales. De ellas, cerca de 2600 fueron publicadas por la ISO: normas ISO/IEC. La IEC propone más de 1800 normas para garantizar que la infraestructura en toda la ciudad sea segura, interoperable y eficiente [13]. Estas normas internacionales son necesarias para conectar y automatizar de forma segura gran parte de la infraestructura de la ciudad, desde la electricidad y el agua, hasta el saneamiento y el transporte.

ANSI es una organización sin fines de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. Además, es miembro de la ISO y de la IEC [14], con el objetivo principal gestionar políticas y estratégicas de actividades internacionales y nacionales que se encuentran dentro del alcance de la IEC. ANSI también coordina el diseño de estándares del país estadounidense y compara con estándares internacionales, de tal modo que los productos de dicho país puedan usarse en todo el mundo. Si bien ambas (IEC, ANSI) son entidades, se suele hacer referencia a las normas que emiten como norma IEC o ANSI. Estas normas emitidas son la guía de diseño para los fabricantes de equipos, también sirven para desarrollar componentes adicionales en los equipos que permitan la selección de parámetros y protocolos de operación, en términos simples, un “traductor” o “adaptador” dentro del mismo equipo, configurable desde una aplicación, tal como el caso descrito en la sección 0 del presente informe. Sin embargo, la existencia de “traductores” o *stacks* de adaptación no implica que las normas sean interoperables entre sí, puesto que no están diseñadas para ello. Es por ello que dichos elementos no están incluidos en el diseño de los estándares. Sin embargo, hoy en día, existen desarrollos disponibles y capacidades en el mercado que permiten la comunicación entre dispositivos con diferentes estándares, como por ejemplo el “*Metering Protocol Integration Framework*” de la empresa *Kalkitech* [15].

Respecto a los estándares en las arquitecturas SMMC, desde un punto de vista de la competencia, los principales en el mercado son ANSI e IEC. Un aspecto a considerar desde este punto de vista corresponde a que uno de los requisitos para competencia perfecta es que los productos (o equipos en este caso) sean homogéneos y poco diferenciables entre competidores. Es decir, compradores y vendedores no deben tener límites a sus decisiones.

El mercado total de medidores inteligentes se estimó en 121488 millones de envíos unitarios en 2016 y se espera que alcance los 132703 millones de envíos unitarios para 2022. Se espera que el mercado registre una tasa de crecimiento anual de 1.86% durante el período de pronóstico (2018 - 2023) [16]. Los principales mercados en donde se han incorporado estos sistemas son América del Norte, Europa y Asia/Medio Oriente (especialmente en China), tal como muestra la Figura 2, donde se muestra el nivel de penetración de medidores inteligentes. Sin embargo, con la excepción de China, el ritmo de instalación en el mercado mundial será más lento en el corto plazo, debido en gran parte a una disminución en el ritmo de los despliegues de medidores en Estados Unidos y retraso en la ejecución de grandes proyectos previstos para Europa y Brasil [11]. No obstante, se prevé que el mercado mundial siga creciendo a medida que los países que aún no han adoptado la tecnología de redes inteligentes comiencen a hacerlo, y a medida que avancen los grandes despliegues que se han retrasado, como en Reino Unido y Francia.

De forma complementaria al nivel de penetración de medidores inteligentes, se considera la cantidad de habitantes de cada país. Este indicador se estima directamente proporcional a la cantidad de medidores inteligentes a instalar, es decir, mientras mayor sea la cantidad de habitantes mayor será el mercado para los medidores inteligentes en dicho país.

Considerando las dos componentes descritas, el nivel de penetración de medidores inteligentes y cantidad de habitantes por país, en base a la Figura 2 se presenta un análisis que permite dimensionar el mercado espejo y el impacto de la estandarización.

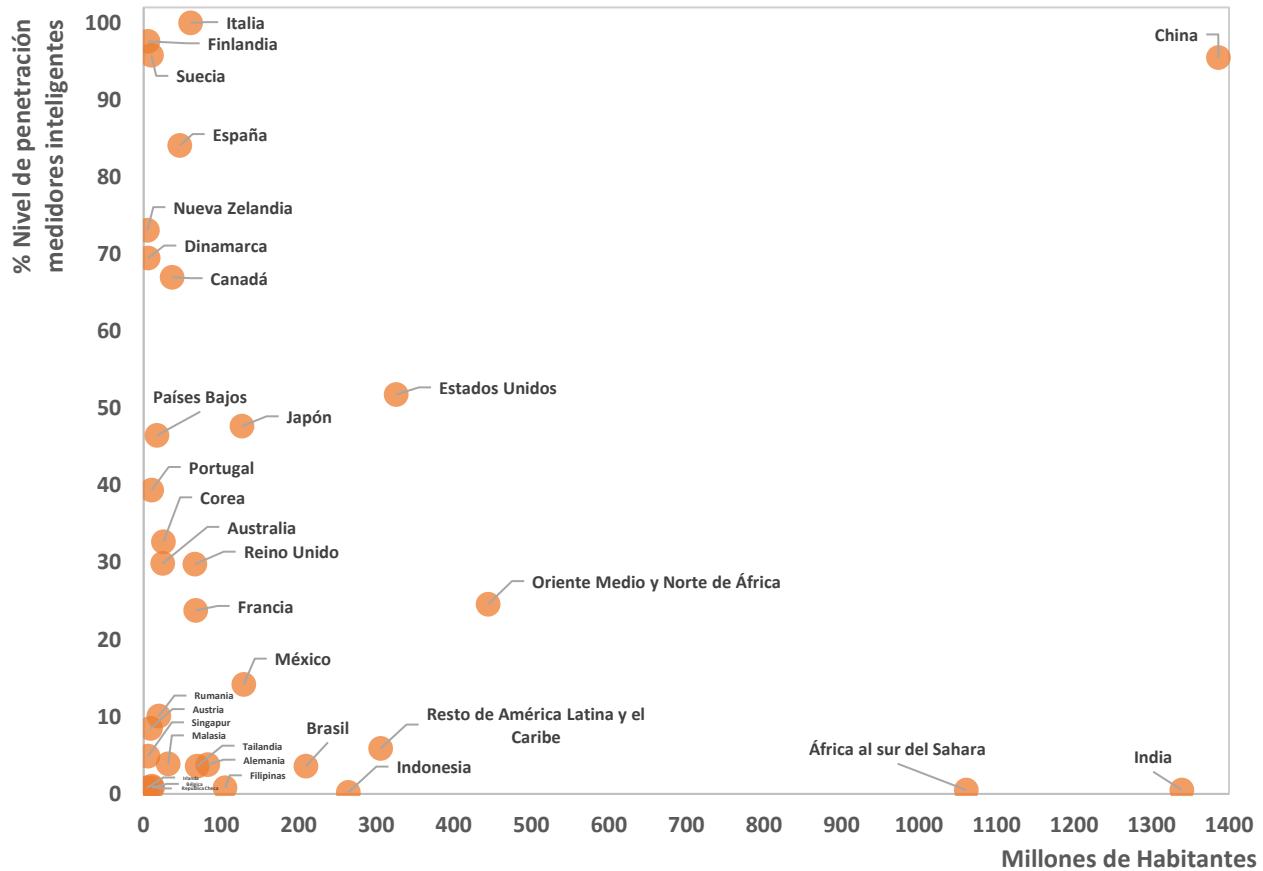


Figura 2. Comparación nivel de penetración medidores inteligentes y cantidad de habitantes por país al año 2017. Elaboración propia con [17], [18].

Al clasificar geográficamente bajo el nivel de penetración, se determina que el mercado europeo y asiático lidera la penetración de medidores inteligentes instalados, en comparación con Estados Unidos, donde se estima que la cantidad de medidores inteligentes instalados supera los 70 millones. Un caso particular es Italia, que corresponde al país con mayor avance en la instalación de medidores inteligentes con un nivel de penetración de 100% equivalente a aproximadamente 32 millones equipos de primera generación, que se encuentran en proceso de cambio a segunda generación, instalando un total de 42 millones de equipos de segunda generación en los próximos años [19]. Este último, si bien tiene una alta penetración de medidores, no se visualiza como un mercado representativo en comparación a la cantidad instalada en el resto de Europa y Asia.

El segundo enfoque corresponde a la cantidad de población por países. En este caso, y complementando el análisis anterior, Italia representa aproximadamente un 1.2% del mercado europeo y asiático total, y Estados Unidos representa un 6.3% del mercado europeo y asiático total.

En definitiva, comparando con las zonas de influencia de estándares de la Figura 1, se puede concluir que el estándar más utilizado en el mercado mundial de medidores instalados es el estándar IEC.

Tal como se ha demostrado en los párrafos precedentes, es natural que para los proveedores de equipamientos de SMMC la preferencia por soportar ciertos estándares tiene un fuerte sesgo geográfico. Por ejemplo, la mayoría de los proveedores de medidores inteligentes en el mercado de Estados Unidos es más probable que elijan los estándares de la serie ANSI, mientras que los del mercado europeo tienen más probabilidades de seleccionar los estándares IEC.

La Tabla 1 lista la disponibilidad de equipos en venta por cada proveedor que cumpla con estándares IEC o ANSI, de los principales comercializadores y fabricantes de equipamientos para la medición inteligente. Dichos proveedores corresponden los proveedores con mayor participación de mercado a nivel mundial [16].

Tabla 1. Disponibilidad de equipos en venta por cada proveedor que cumpla con estándares IEC o ANSI. X: Existe al menos un equipo en venta que cumple con IEC/ANSI.

Empresa	IEC	ANSI	Fuente
Landis+Gyr Inc	X	X	[20]
Aclara Technologies LLC	X	X	[21]
Wasion Group Holdings	X	X	[22]
Elster Group SE	X	X	[23]
Jiangsu Linyang Energy Co. Ltd	X	X	[24]
Ningbo Sanxing Electric Co. Ltd	X		[25]
Kamstrup A/S	X		[26]
Hexing Electric Company Ltd	X	X	[27]
Itron Inc	X	X	[28]
Holley Metering Limited	X	X	[29]
Sensus USA Inc		X	[30]
Shenzhen Hemei Group Co. Ltd	X		[31]
Diehl Stiftung & Co. KG	X		[32]
Sagemcom SAS	X		[33]
Apator S.A	X		[34]

En vista de lo expuesto, se aprecia que elegir un grupo de estandarización como parte del AT SMMC en ningún caso limita el mercado, ya que existe suficiente oferta como para asegurar la disponibilidad y economías de escala derivada de la producción masiva de equipos.

4 Soluciones SMMC desde la estandarización

A continuación, se describen los protocolos de comunicaciones principales y aquellos de relevancia para el país, analizando sus características de comunicación y de interoperabilidad.

4.1 Protocolo de comunicaciones estándar IEC 62056: DLMS/COSEM

Fundado en marzo de 1997, la asociación creció rápidamente hasta que en la actualidad cuenta con más de 300 miembros, más de 1000 modelos de equipos y más de 150 fabricantes en el mundo. El protocolo evolucionó hasta convertirse en el principal estándar para medición inteligente y administración de la red de distribución (IEC 62056) [35].

El objetivo de este estándar es proveer de interoperabilidad en el intercambio de información de todo tipo de energía sobre todo tipo de medios. El estándar define su sintaxis utilizando DLMS/COSEM, los cuales son una especificación de interfaces de objetos a nivel de aplicación que puede ser adaptado a distintos casos de uso de medición. En particular, DLMS corresponde a un lenguaje de especificación de objetos de datos y COSEM es la colección de objetos asociados a energía definidos utilizando DLMS. Al utilizar DLMS es posible representar sets de datos simples o complejos, siendo cada aspecto modelado como un atributo del objeto. Los objetos pueden interactuar para brindar soporte a casos de uso como el registro de una lectura, tarificación, facturación y administración de la carga. El diseño de DLMS/COSEM incorpora componentes flexibles y modificables en el tiempo, sin causar problemas de incompatibilidad ante la incorporación de nuevas funcionalidades.

La definición semántica del estándar está provista por OBIS (*Object Identification System*), el cual especifica el sistema de nombre de objetos, estandarizando el significado de cada elemento de datos asignándoles un código, permitiendo la clasificación de los datos y el intercambio de datos. Por ejemplo, los datos de energía activa positiva están asociados desde código 1.8.0 al 1.8.4, la asignación de códigos OBIS se encuentra disponible en el mismo estándar (IEC 62056-61). El potencial de modelado de aplicaciones con DLMS/COSEM y OBIS es amplio, actualmente con 85 clases distintas y soportando un máximo de 65535 y 281474 billones de nombres de elementos distintos.

Es importante destacar que la norma IEC 62056 está en constante desarrollo, actualmente se están desarrollando nuevos casos de uso y nuevos objetos, que permiten por ejemplo el pago asociado a crédito, pago remoto vía el mismo protocolo. También se encontró evidencia de que OBIS ya tiene códigos asignados para la gestión de energías renovables, lo cual implica que las actuales y futuras aplicaciones asociadas pueden registrar su información mediante el esquema DLMS/COSEM y los códigos OBIS pertinentes.

El estándar facilita el desarrollo de perfiles de interoperabilidad a nivel de paso de mensajes y de datos. A nivel de red, DLMS/COSEM cuenta con perfiles para interactuar con los estándares IEC, ISO, CEN, ITU-T, ETSI, IEEE y IETF. A nivel de mensajes (sintaxis), la interpretación se encuentra a nivel de aplicación,

permitiendo especificar servicios que pueden leer los objetos recibidos desde COSEM. La interoperabilidad a nivel de datos opera de forma similar.

Existen especificaciones complementarias que permiten abordar la interoperabilidad a nivel funcional y de procesos. Se especifican casos de uso en el cual se seleccionan opciones desde DLMS/COSEM y se especifican los elementos que se requieren. Por ejemplo, existen perfiles complementarios para contar con interoperabilidad con DSMR, GBCS, IDIS, Linky y PRIME.

4.2 Protocolos de comunicaciones estándar ANSI

ANSI C12.18 es el estándar que define la forma en que se efectúa el transporte de los datos. En este estándar, se usa el lenguaje PSEM (*Protocol Specifications for Electric Metering*), el que está diseñado para proveer una interfaz de comunicación entre el dispositivo de medición y otro en una comunicación punto a punto. Fue pensado para ser empleado en el puerto óptico, especificando detalles de bajo nivel como el *bit rate*, esquemas de detección de errores, estructuras de comandos, entre otros.

ANSI C12.19 es idéntico a IEEE 1377-1997. Define la estructura de las tablas de datos para aplicaciones, pensado en traspasar la información entre el medidor y un computador. Es decir, especifica la comunicación local hacia y desde dispositivos inteligentes.

ANSI C12.21 es la extensión de C12.18 que permite una conexión remota punto a punto vía un medio de comunicación en particular (por la red telefónica). Actualmente existe la extensión C12.22 que especifica el protocolo para transmitir las tablas C12.19 sobre redes IP.

Si bien en la revisión no se encontró evidencia sobre un esquema de perfiles y/o de interoperabilidad con otros estándares, la especificación completa del protocolo es pública, lo cual facilita que los fabricantes implementen conversores o equipos multi-protocolo. Sin embargo, la existencia de conversores no garantiza el correcto funcionamiento de estos, puesto los equipos “traductores” no son parte de la definición de las normas y podrían presentar problemas de “traducción” entre versiones posteriores de las normas impidiendo o posponiendo actualizaciones de firmware de los equipamientos ante el riesgo fallas de interoperabilidad. Así, una norma no debe entenderse como interoperable con otra, pese a la existencia de componentes que permitan su instalación en un entorno diferente.

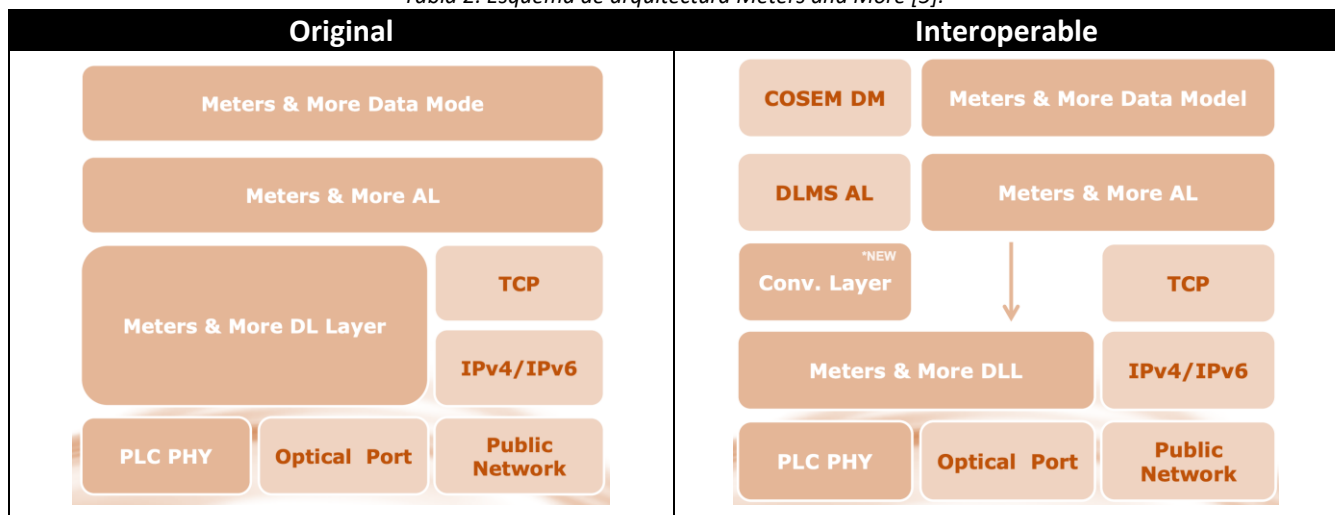
4.3 Protocolo de comunicaciones abierto PRIME

PRIME (*PowerLine Intelligent Metering Evolution*) es una especificación enfocada en la transmisión de datos utilizando las líneas de energía como medio. Se caracteriza por la utilización de OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), lo cual ofrece una tasa de transmisión alta respecto a otras tecnologías. La interoperabilidad en PRIME está dada por su capa de convergencia, la cual permite la utilización de IPv4, IPv6, IEC61334-4-32 compatible con DLMS/COSEM (IEC).

4.4 Protocolo de comunicaciones abierto *Meters and More*

Meters and More es un protocolo abierto también orientado a la comunicación utilizando las líneas de energía como medio. Se caracteriza por emplear una modulación BPSK en su capa física y está basado en el estándar IEC 61334-4-32 para la comunicación de datos. La especificación está orientada al envío de mensajes cortos, y cuenta con extensiones para ser compatible con DLMS/COSEM (IEC), las cuales fueron aceptadas por CENELEC. Sin embargo, existen dos *stacks* o configuraciones publicadas: La primera (original) no considera mecanismos de interoperabilidad con equipos que utilicen protocolos distintos; la segunda presenta un *stack* interoperable, el que permite la comunicación mediante una capa de conversión e incorpora los modelos sintácticos y semánticos de DLMS/COSEM (IEC).

Tabla 2. Esquema de arquitectura *Meters and More* [5].



El *stack* interoperable antes descrito formó parte del proyecto *Open Meter* de Enel Italia en el año 2014, bajo el nombre de protocolo *Meter and More* SMITP [36]. Este protocolo es parte del llamado “equipamiento de segunda generación”, el que cumpliría -gracias al *stack*- con el uso de la norma IEC 62056 estipulada en el Decreto Legislativo Nº 102/2014, artículo 9, inciso 3 de Italia [37]. De esta manera, los equipos *Open Meter 2.0* resultan compatibles tanto con el protocolo de comunicaciones *Meters and More* de primera generación como con DLMS/COSEM (IEC).

5 Sobre la adopción de más de un estándar de operación en un SMMC

Cada arquitectura SMMC perteneciente a un proveedor en particular debiera operar sin problemas estando o no estandarizada: cada distribuidor debiera velar porque la comunicación sea factible a todo evento. Ello significa que sus equipos y componentes se logran comunicar en base al pleno conocimiento de cómo transmite información cada parte. El problema aparece al momento de existir agentes que deseen conectarse a una red de distribución cualquiera, como podría ser el caso de la generación distribuida. La interoperabilidad en este caso debiera reglar que todas las arquitecturas SMMC operaran bajo los mismos estándares y protocolos de forma que la conexión sea totalmente transparente. Dicho en términos simples, una red “interoperable” no debiera forzar a usuarios a poseer “adaptadores”, “convertidores”, o múltiples versiones de un mismo equipo (uno por cada estándar existente dentro de las plataformas de los distribuidores) para lograr la llamada interoperabilidad sintáctica.

Tal como se mencionó en secciones previas, la compatibilidad de equipos a diversos estándares es hoy en día factible. Si bien el número de proveedores de equipos que manejan esa opción es limitado, y existe un evidente aumento del costo, la configuración no es compleja, pudiendo incluso realizarse desde una aplicación conectada a la unidad de medida (donde se selecciona el perfil de parámetros y protocolos a emplear una vez que el equipo se conecta a la red). En cualquier caso, el tercero interesado en conectarse con la red es quien debe adaptarse a una red ya configurada para su operación. Dicho de otra forma, la red no puede cambiar su configuración por cada usuario externo que desee conectarse.

Sin perjuicio de lo expresado en el párrafo precedente, el uso de más de un modelo de estandarización presenta varias desventajas. Entre ellas:

- a. Limitaciones a la interoperabilidad: Un tercero relacionado no perteneciente a la red que desee conectarse (como podría ser un agente de generación distribuida o un vehículo eléctrico, por ejemplo) deberá contar con equipo compatible. Eso puede producir un freno significativo al desarrollo tecnológico.
- b. Mayores costos: En términos monetarios, la inversión aumenta al deber contar con múltiples equipos, o con equipos multi-protocolo. Se reducen además las economías de escala.
- c. Limitaciones a la competencia: Uno de los requisitos para competencia perfecta es que los productos (o equipamientos de medición inteligente en este caso) sean homogéneos y poco diferenciables entre competidores.
 - a. Barreras para consumidores: El usuario interesado en conectarse a una red debe tener pleno conocimiento de características técnicas que probablemente no maneja dentro de su léxico diario.

Así, y tal como se recomienda en la literatura especializada, e incluso dentro del informe del Consultor Tecnalia [38] a la misma CNE en la revisión del anexo técnico, es conveniente y recomendable definir

estándares claros para toda la arquitectura SMMC, dotándola de esta manera de escalabilidad y funcionalidad. Es también conveniente definir una sola familia de estándares, sea ella ANSI o IEC considerando para ello el mercado mundial y disponibilidad de equipos.

En términos de interoperabilidad, se recomienda la implementación de estándares que utilicen DLMS/COSEM. Lo anterior permitirá el uso de una ontología estandarizada y compatible con una amplia variedad de equipos y servicios distribuidos a nivel mundial, así como la implementación de técnicas de conocida eficiencia y alcance para mapear dicha ontología a objetos que hagan factible la interoperabilidad sintáctica y plena.

Vale la pena destacar que la geografía y distribución de usuarios dentro de Chile requerirá del uso de más de una capa física. Así, aunque exista interoperabilidad a nivel de aplicaciones, ello no implica en todo caso una operación *plug and play* de toda unidad de medida.

6 Referencias

- [1] Centro Avanzado de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, «18II001-DC-G-IFI-05E Informe Definitivo 2.0,» AC3E, 2018.
- [2] CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group , «Methodologies to facilitate Smart Grid system interoperability through standardization, system design and testing,» SG-CG/M490/I_Smart Grid Interoperability , 2014.
- [3] L. Rodríguez-Aragón, *Internet y Teleinformática, Universidad Rey Juan Carlos.*, 2011.
- [4] F. F. y M. G. , «Planificación y Puesta en Marchas de Redes de Comunicación para Sistemas ITS,» Buenos Aires, 2016.
- [5] Meters and more, «Meters and more,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.metersandmore.com/oursolution/#1499265445201-5492b7f2-76ce>. [Último acceso: 26 12 2018].
- [6] Schneider Electric, «Guide to open protocols, in building automation,» 2015.
- [7] Smart Grid Task Force, «Smart grids and meters,» [En línea]. Available: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/market-and-consumers/smart-grids-and-meters>. [Último acceso: 26 12 2018].
- [8] Smart Grid Canada, «Smart Grid Conference,» [En línea]. Available: <http://www.smartgridcanadaconf.ca/program/>. [Último acceso: 26 12 2018].
- [9] Cenelec, «CENCENELEC,» [En línea]. Available: <https://www.cencenelec.eu/aboutus/Pages/default.aspx>. [Último acceso: 26 12 2018].
- [10] GSGF, «Smart Grid Interoperability,» 2014. [En línea]. Available: https://www.smart-japan.org/english/vcms_lf/Resources/2014-07-Smart-Grid-Interoperability-Report.pdf. [Último acceso: 03 01 2019].
- [11] Office of industries U.S. International Trade Commission, «Global Market for Smart Electricity Meters: Government Policies Driving Strong Growth,» Junio 2014. [En línea]. Available: https://www.usitc.gov/publications/332/id-037smart_meters_final.pdf. [Último acceso: 26 12 2018].
- [12] Schneider Electric, *Tecnología ANSI vs IEC en baja y media tensión, Expo Foro Eléctrico PEMEX - CANAME - CFE*, 2008.
- [13] International Electrotechnical Commission, «IEC Annual Report 2017,» 2017. [En línea]. Available: https://www.iec.ch/about/annual_report/2017/index.html. [Último acceso: 26 12 2018].
- [14] ANSI, «Organization Structure of the US National Committee of the IEC,» [En línea]. Available: https://www.ansi.org/standards_activities/iec_programs/governance_committees/gen_info?m=enuid=3. [Último acceso: 03 01 2019].

- [15] Kalkitech, «Metering Protocol Integration Framework,» [En línea]. Available: <https://www.kalkitech.com/services/advanced-metering/metering-protocol-integration-framework/>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [16] MordorIntelligence, *Smart Meters Market Size, Trends, Growth - Segmented By Meter Type (Water, Gas, Electricity), By End User (Residential, Commercial, Industrial), and Region - Growth, Trends, and Forecast (2018 - 2023)*, 2017.
- [17] Banco Mundial, «Datos de la Población Mundial,» 2018. [En línea]. Available: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL?page=3>. [Último acceso: 26 12 2018].
- [18] DelosDelta, «The Smart Meter,» 2018.
- [19] Enel Distribución, [En línea]. Available: <https://www.enel.com/media/press/d/2017/09/e-distribuzione-installs-over-a-million-electronic-20-open-meters>. [Último acceso: 07 01 2019].
- [20] Landis+Gyr, «Our Offering,» [En línea]. Available: <https://www.landisgyr.com/devices/>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [21] Aclara, «Smart Meters,» [En línea]. Available: <https://www.aclara.com/products-and-services/smart-meters/>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [22] Wasion, Energy Metering & Energy Saving Expert, «Product, Smart Energy Metering,» [En línea]. Available: <http://www.wasion.com/EN/products.htm>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [23] Honeywell, «Elstersolutions, Catálogo de Productos,» [En línea]. Available: <https://www.elstersolutions.com/es/catalogo-de-productos-todas-las-regiones?name=&hidden=businessUnit&businessUnit=1&page=0&layout=list&lang=es&fid=F032EA0A896F40B486350FF21BE30E5E&ts=2019013141651610#productSearchFilter=productSearchFilter0,productSearch>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [24] Linyang, «Products,» [En línea]. Available: <http://www.linyang.com/en/smart/products/>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [25] Sanxing Electric, «Products & products solution,» [En línea]. Available: <http://www.sanxingelectric.com/prodeli.php?cid=63>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [26] Kamstrup, «Contadores inteligentes para todas las aplicaciones,» [En línea]. Available: <https://www.kamstrup.com/es-es/products-and-solutions/smart-grid/electricity-meters>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [27] Hexing Electrica Co, «Product Center,» [En línea]. Available: <http://www.hxgroup.cn/en/product.html>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [28] Itron, «Electricity Meters + Modules,» [En línea]. Available: [https://www.itron.com/na/technology/product-services-catalog/product-search-results?category={36A759BC-C027-4375-B4EF-0C6D7FBD100F}#f:{b3202bce3-0be4-5f89-e11d-73dc99a6abc}=\[Electricity%20Meters%20%2B%20Modules\]](https://www.itron.com/na/technology/product-services-catalog/product-search-results?category={36A759BC-C027-4375-B4EF-0C6D7FBD100F}#f:{b3202bce3-0be4-5f89-e11d-73dc99a6abc}=[Electricity%20Meters%20%2B%20Modules]). [Último acceso: 03 01 2019].
- [29] Holley Tech, «Smart Electricity Meters,» [En línea]. Available: <http://holleytech.uk/products/smart-electricity-meters/>. [Último acceso: 03 01 2019].

- [30] Snesus a xylem brand, «Productos de metrología, comunicaciones y software,» [En línea]. Available: <https://sensus.com/es/productos/?featured=electricidad>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [31] Ele Energy Meter, «Products,» [En línea]. Available: <http://www.szhnd.com/english/cp-dx.html>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [32] Doehl Metering, «Medición de Energía Eléctrica,» [En línea]. Available: <https://www.diehl.com/metering/es/diehl-metering/portfolio/electricity-metering>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [33] Sagemcom, «Smart Metering,» [En línea]. Available: <https://www.sagemcom.com/smart-city/smart-meter/electricity/>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [34] Apator, «Smart Meters,» [En línea]. Available: <http://www.apator.com/en/offer/electricity-metering/electricity-meter/smart-meters>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [35] «DLMS Web,» [En línea]. Available: www.dlms.com. [Último acceso: 26 12 2018].
- [36] Meters and More, [En línea]. Available: http://www.metersandmore.com/wp-content/uploads/2017/09/brochure_a4.pdf. [Último acceso: 07 01 2019].
- [37] Gazzette Ufficiali, [En línea]. Available: <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2014/07/18/14G00113/sg>. [Último acceso: 07 01 2019].
- [38] Tecnalia, «Revisión Crítica de los requisitos establecidos en el anexo técnico sobre sistemas de medida, monitorización y control de la generación distribuida en Chile.,» Tecnalia, 2018.