

Hacer frente al desafío energético

El papel de la CEI desde 2010 hasta 2030

“Electrificación inteligente: la clave para la eficiencia energética”

Resumen ejecutivo

La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) es la organización líder en el mundo encargada de elaborar y publicar normas internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines, que, en conjunto, se denominan "electrotecnología".

Las normas internacionales de la CEI abarcan un amplio rango de tecnologías, entre las que se encuentran la generación, la transmisión y la distribución de energía, electrodomésticos, equipamiento para oficinas, semiconductores, fibra óptica, nanotecnologías y convertidores de energía solar y marítima. Allí donde haya electricidad y electrónica, la CEI estará apoyando la seguridad y el rendimiento, el medioambiente, la eficiencia de la energía eléctrica y las energías renovables. La CEI también gestiona sistemas de evaluación de conformidad que certifican que el equipamiento, los sistemas o los componentes cumplen con las normas internacionales de esta organización.

La demanda de energía está aumentando rápidamente y la de electricidad aún más. Pero, al mismo tiempo, los métodos vigentes de producción de energía no son sostenibles ni por razones medioambientales ni de recursos. La CEI cree que la electrificación inteligente y el uso racional y económico de la electricidad (como una de las fuentes más grandes de energía) serán dos de los factores más importantes que permitirán dar respuestas al desafío energético. La electricidad es la forma de energía más versátil y controlable y la que permite una distribución más simple y eficiente. En el punto de uso, casi no presenta pérdidas y, en esencia, no contamina; también puede generarse de forma ecológica.

La CEI ha identificado áreas clave donde resulta posible reducir un gran parte de las emisiones y lograr incrementar la eficiencia, sin que sea necesario refrenar el desarrollo económico. Esto requiere una generación eficiente y una economía de uso. La economía de uso depende especialmente de la perspectiva de los sistemas, lo que permite rendimientos que no son accesibles si se considera un único producto a la vez. En consecuencia, la CEI tiene por objetivo modificar su orientación para resaltar los estándares que se necesitan con el fin de lograr las eficiencias sistémicas, y, en especial, desarrollar un conjunto de especificaciones que establecerán una cantidad mínima aceptable de disposiciones entorno al rendimiento y una amplia gama de opciones para las operaciones de redes eléctricas inteligentes.

Como una gran estrategia para el futuro, la CEI se plantea reforzar los lazos con una gran cantidad de organizaciones internacionales y gubernamentales pertinentes e invitarles a aunar esfuerzos y lograr combinar políticas y tecnología para avanzar en la electrificación inteligente. La competencia técnica de la CEI y su habilidad para involucrar a todas las partes interesadas son algunos de los factores que permitirán que la comunidad mundial pueda construir un mejor porvenir.

1. Energía limpia y eficiente para satisfacer el aumento de la demanda

Todos los días aumenta la cantidad y variedad de actividades que precisan energía. No obstante, 1.600 millones de personas siguen sin contar con acceso a electricidad, y, para el 2030, se espera que la población mundial crezca en 1.700 millones de personas, lo que provocará el aumento de la demanda energética. A este desafío, se suma el hecho de que la mayoría de las formas de producción de energía que se utilizan actualmente no son sostenibles, ya sea porque agotan los recursos de la tierra o porque afectan al clima. Estas consecuencias, que resultan inaceptables, se agudizarán con el aumento de los usuarios de energía y la proporción en que éstos la utilicen. Por esta razón, necesitamos más formas eficientes de dar respuesta a nuestras necesidades energéticas.

En el marco del aumento general de la demanda de energía, la de electricidad crecerá aún más rápido y se habrá casi triplicado para el 2050. Como veremos a continuación, esto no supone necesariamente una mala noticia. Sin embargo, lo hace destacar la importancia de producir la electricidad que se necesita sin un impacto ambiental desmedido y hacer durar la electricidad producida todo el tiempo que sea posible.

Este artículo resalta las formas en que la CEI y sus socios pueden contribuir a desarrollar algunos de los nuevos métodos que se necesitan para este fin.

2. La importancia estratégica de la electricidad

La electricidad es la forma de energía más versátil y más fácil de controlar. En el punto de uso, es prácticamente sin pérdidas y fundamentalmente no contamina. En el punto de producción, son disponibles métodos completamente renovables, por ejemplo, el uso de energía eólica, hidráulica y solar; estos métodos, que producen poca contaminación, pueden completarse empleando técnicas que resultan relativamente económicas en la utilización de los recursos y inversión de capital. La electricidad es la forma de energía que se distribuye de forma más fácil y eficiente, y es la única que permite una forma "doble" de distribución, donde los consumidores también pueden ser productores. En resumen: la energía eléctrica es la más flexible y, por lo tanto, resultaría difícil imaginar soluciones para dar respuestas al desafío energético que no incluyan el papel preponderante de la electricidad.

La electrificación (conversión de otra forma de energía para la utilización de la electricidad) desempeña un papel central. En particular la electrificación de los vehículos de transporte (solo una porción insignificante utiliza hoy electricidad) promete reducir en gran medida las emisiones de gases de efecto invernadero, si se aprovechan las oportunidades que ofrece la generación "limpia" de energía. También plantea la posibilidad de introducir mejoras en otros usos importantes como, por ejemplo, calefacción y refrigeración, en gran parte porque se puede controlar la cantidad y la duración de la energía que se utiliza de una forma inteligente y produciendo una cantidad de residuos reducida.

Por esta razón, podemos concluir que una estrategia esencial para afrontar el desafío energético es concentrarse en la generación y utilización de la electricidad. Se requiere un enfoque de dos ejes.

- Primero, se deben desarrollar y emplear los métodos de producción de energía más eficientes¹ y menos nocivos. Estos métodos se construirán a partir de una producción renovable, de grandes avances en la eficiencia de la generación de combustibles fósiles

¹ En relación con la generación de electricidad, la eficiencia se aplica a la productividad (electricidad máxima que se genera a partir de una entrada de energía primaria) y a los efectos secundarios, que minimizan los gases de efecto invernadero y otros agentes contaminantes liberados.

(incluso la captura de carbono), de la energía nuclear avanzada y de la optimización de la cadena de suministro de electricidad.

- En segundo lugar, es necesario que la energía eléctrica suministrada dure el mayor tiempo posible, lo que implica que su utilización debe ser sumamente eficiente² y efectiva. Un objetivo real es una reducción del 30% de la energía necesaria en el corto plazo con el fin de cumplir el primer paso y, en el largo plazo, mayores mejoras. Estas últimas estarán basadas en la posibilidad de un replanteamiento, unidas a avances provenientes de la investigación y el desarrollo, junto con líneas que ya pueden planificarse en la actualidad.

3. La perspectiva de los sistemas

La mayoría de los productos y de las aplicaciones del mundo actual se han desarrollado individualmente a medida que la necesidad o la tecnología que requerían se hicieron evidentes. Sin embargo, su uso actual presenta un problema del *sistema* en casi todos los casos, lo que hace necesario considerar a todas las partes de esta estructura compleja en su conjunto. Entre los ejemplos, se encuentran Internet, la red eléctrica, la infraestructura industrial y la empresa inteligente; y, cada vez en mayor medida, con la necesidad de que los equipos y los productos electrónicos funcionen de forma coordinada.

La perspectiva del sistema que se desprende de esto es uno de los principales factores para la electrificación y la eficiencia. Cuando se considera un sistema como una unidad, se presentan por sí solas las técnicas que reducirán la necesidad general de energía, pero no estarán a disposición si solo se tienen en cuenta sus componentes individuales. Un buen ejemplo es el uso de un software inteligente para controlar cuáles son las habitaciones de un edificio que necesitan calefacción (o refrigeración) y por cuánto tiempo, en función de la ocupación y el uso de otras habitaciones. El enfoque general del sistema debe contrastarse con la optimización de la calefacción o la refrigeración de una habitación individual.

Quizá la oportunidad más obvia de replantearse la eficiencia y los sistemas es el uso final de la energía. Los sistemas de vehículos electrificados (ya sean coches privados, transporte de personas o mercancías) permitirá ahorrar grandes cantidades de emisiones y, probablemente, también en el uso neto de la energía, en especial en combinación con las rutas "inteligentes". Los avances y la inversión en el almacenamiento eléctrico resultan esenciales para el uso efectivo de los vehículos eléctricos (y también para muchas otras mejoras de los sistemas). Una nueva tecnología de baterías permitirá aumentar el alcance y disminuirá el tiempo de carga de los vehículos y, de un modo más general, contribuirá a compensar la oferta y la demanda de electricidad en cualquier sitio. Por esta razón, cuando se genere una cantidad extra de energía eléctrica, deberá acumularse en instalaciones para almacenamiento o, incluso, en las baterías de los propios vehículos que no se utilizan. Entonces, en momentos de mayor uso, se puede hacer uso de la energía almacenada. El resultado: una menor necesidad general de electricidad generada para dar respuesta a la capacidad en momentos de mayor uso, junto con la infraestructura correspondiente. Los sistemas de almacenamiento a gran escala también son un componente importante para la mayoría de las posibilidades de utilización de energía renovable, cuya capacidad de generación es intermitente (por ejemplo, eólica y solar).

4. Mayor potencial para la eficiencia energética

La cadena de la energía eléctrica, desde la generación hasta su consumo final, es un sistema vital que presenta oportunidades de lograr la eficiencia en todos sus aspectos. La generación

² En el uso de la electricidad, la eficiencia presenta dos aspectos accesorios: minimizar la energía que se necesita para lograr determinadas tareas y cambiar o reducir las tareas que se consideran necesarias para que se requiera menos energía.

centralizada a gran escala a partir de la utilización de combustibles fósiles y nucleares seguirá desempeñando un papel fundamental en la producción de electricidad. No obstante, de la energía teórica presente en el combustible, se pierden dos tercios cuando se genera y otro 9% al transmitirse, por lo que aproximadamente un 30% se encuentra disponible como electricidad en el punto de uso de la energía primaria consumida (ver Figura 1). Existen tecnologías que pueden desarrollarse para mejorar la eficiencia de la generación térmica en, por lo menos, un 10%, y, al mismo tiempo, para reducir considerablemente las emisiones de las plantas de generación que utilizan combustible fósil (por lo general, con captura y almacenamiento de carbono a gran escala). La generación centralizada de alto rendimiento, incluso las plantas de energía que emplean recursos renovables, coexistirán con la generación descentralizada de menor capacidad con una gran cantidad de instalaciones.

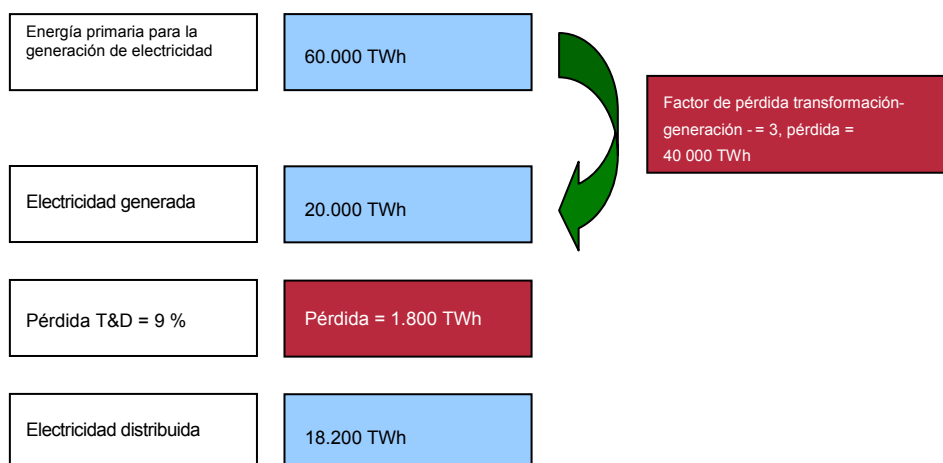


Figura 1: Pérdidas en la cadena actual de energía

La generación renovable debe desarrollarse al máximo dado que produce pocos gases de efecto invernadero netos, o bien ninguno. La Figura 2 muestra las tres situaciones posibles relacionadas con las emisiones de CO₂ vinculadas a la electricidad³:

- 1) No hacer nada ("negocios, como de costumbre"), lo que conlleva un calentamiento del clima inaceptable.
- 2) Utilizar las tecnologías actuales implica generar productos y vehículos más eficientes y ampliar los tipos actuales de generación de energía renovable; también implica un incremento más reducido de las emisiones pero sigue siendo inaceptable.
- 3) Emplear las tecnologías que se están planeando, pero que no están completamente listas aún. Esta situación abarca innovaciones como la Red inteligente (ver a continuación), captura de carbono y sistemas de producción integrados para lograr eficiencia, lo que permite disminuir las emisiones que limitarán de forma suficiente el cambio climático.

³ La situación "negocios, como de costumbre" se basa en las proyecciones que realizó la Agencia Internacional de Energía en su publicación titulada *Energy Technology Perspectives 2008* y en un pronóstico razonable de la proporción de electricidad en la matriz energética. El escenario de tecnologías actual se sustenta en una mejora de la eficiencia del 30% y en el pronóstico de la AIE de energías renovables; la opción de tecnologías innovadoras aplica el *450 Policy Scenario* de la AIE y la proyección de la CEI para el potencial tecnológico.

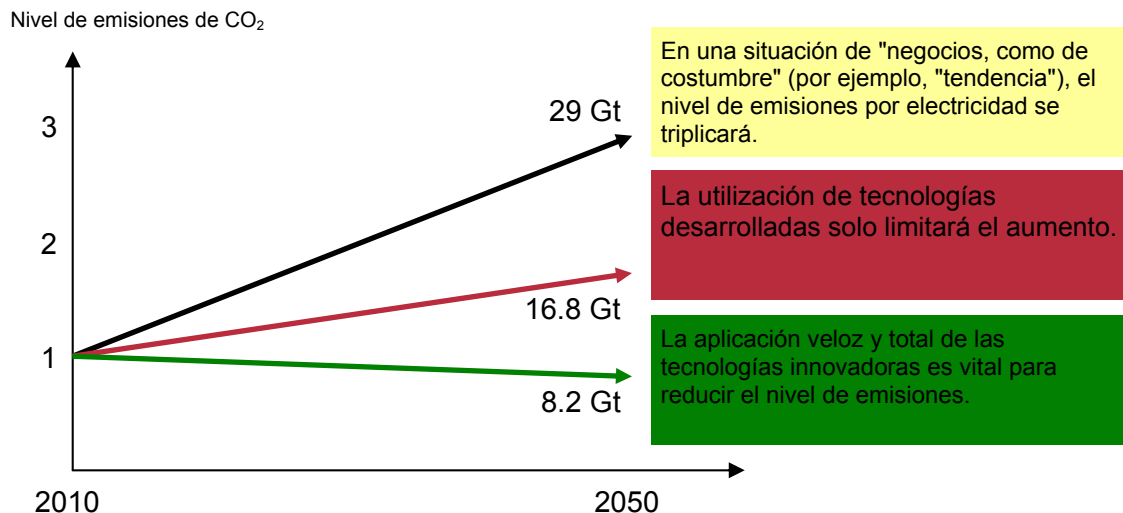


Figura 2: Esquema de los efectos de la utilización de diferentes niveles tecnológicos

Para la transmisión, las estrategias pueden aplicarse a la disminución de la pérdida en un 2% o 3%. Con distancias que separan potencialmente la generación y el uso de electricidad cada vez mayores, esto resulta significativo en términos absolutos. Las tecnologías como la transmisión de voltaje ultra-alto y el cable superconductor podrían ayudar a cumplir este objetivo. En la distribución, la contribución de los pequeños productores de energía diseminados (incluso los consumidores individuales) resultará importante, no solo como una fuente de electricidad, sino como actores de una red compleja de electricidad "inteligente" (ver Sección 5).

Ya se encuentra disponible la tecnología que permite reducir en aprox. un 30% el consumo de electricidad de algunos aparatos como, por ejemplo, electrodomésticos e instalaciones industriales. Se requieren enfoques sistémicos que puedan eliminar totalmente algunas tareas y optimizar otras. Los motores eléctricos, que pueden representar casi un 70% de la electricidad que se emplea en la industria, son un buen ejemplo de ambos. La inversión en la tecnología conocida mejorará el rendimiento de los motores en particular, y la optimización de la energía de las fábricas y de otras plantas podría llevar a un rediseño importante del sistema para lograr una reducción en el uso de energía y la utilización de formas más limpias. Los sistemas de bombas de calor (otro ejemplo excelente) utilizan una pequeña cantidad de electricidad para la bomba y logran calentar o refrigerar los edificios de forma eficiente. En resumen: volver a pensar qué se necesita hacer en qué momento permitirá obtener grandes reducciones, en especial si se aprovechan la controlabilidad y la flexibilidad que ofrece la electricidad para electrificar más funciones.

5. Arquitecturas de referencia y la Red inteligente

Las tres situaciones vinculadas a la emisión de gases de efecto invernadero de la Figura 2 demuestran la necesidad de ir más allá de los enfoques actuales y emplear las tecnologías que se están desarrollando. Esto depende de los cambios significativos en el diseño general de la cadena energética y de las muchas interacciones que existen entre el uso final y la generación. Al igual que cualquier tarea de diseño compleja, el rediseño de la cadena energética y sus varios sub-diseños requieren una planificación competente a la que, por analogía con el diseño de edificios, nos referimos como "arquitectura". Para lograr un resultado final útil, la arquitectura debe construirse pieza por pieza para implementarla en el mundo real, y el término "arquitectura de referencia" expresa justamente esta conexión entre cada parte del diseño y el paso de implementación correspondiente que se realiza con referencia a esta. El enfoque de utilización de arquitecturas de referencia debe entenderse como la posibilidad de poner en práctica la perspectiva del sistema.

La arquitectura de referencia de las redes de energía deberá integrar pequeñas redes de energía que se basen en la generación descentralizada (básicamente energías renovables como la fotovoltaica, eólica y mini-hídrica). Esto debe efectuarse dentro de redes de energía de gran escala que estén conectadas a plantas de energía centralizadas. Se requerirán interconexiones de alto rendimiento y flexibles entre las redes grandes y entre éstas y las pequeñas redes. La red de energía óptima que resulta se conoce como "Red inteligente" debido a la amplia incorporación de tecnologías de la información y de la comunicación que permiten un control inteligente del sistema, por ejemplo, la medición inteligente, donde los consumidores suministran y utilizan la información disponible y el precio, y los sistemas de control avanzado y de protección que aseguran la estabilidad en condiciones de fluctuación. También se necesitan las arquitecturas de referencia para el uso final de la energía y la electricidad: para edificios, la industria y el hogar (no solo para electrodomésticos y coches eléctricos que consumen energía o que a veces la almacenan, sino también para el equipamiento que la genera).

Entre los problemas que presenta la cadena energética futura, que requieren solucionarse a través de las arquitecturas de referencia y tecnologías innovadoras, se encuentran: equilibrar la demanda y la generación, de forma centralizada y distribuida; la calidad de la energía, por ejemplo, las fluctuaciones de voltaje; prevenir las sobrecargas, que pueden provocar grandes interrupciones en el servicio; y coordinar los sistemas de control entre la red de los prestadores de servicios públicos y la generación descentralizada.

¿Qué se necesita para lograr avances, crear las arquitecturas de referencia y utilizarlas para construir la Red inteligente y las eficiencias que se requieren? Evidentemente, se requiere investigación, desarrollo y una gran cantidad de inversiones. Sin embargo, es requisito indispensable para que se produzcan estas inversiones masivas y la implementación de un *acuerdo mundial* de "qué, dónde, cuándo y por qué". El enfoque del sistema solo funcionará si existe una aproximación global coherente que justifique el riesgo y la inversión inicial; las tecnologías de componentes deben estar interconectadas para permitir los enfoques del sistema.

Y ese es el momento en el que resultan necesarios los estándares.

6. La función de las normas

Las normas y, en consecuencia la CEI, funcionan como mediador técnico y canal para expresar el saber colectivo sobre un tema determinado. Esto no garantiza, sin embargo, que se tomen los pasos concretos que resultan necesarios o que se den respuestas al desafío energético; en realidad, no todo es responsabilidad de la CEI. No obstante, consideramos que las normas son absolutamente necesarias, aunque no suficientes, para el proceso de superación de los desafíos a los que hacemos frente. Esto se debe a que no existe un mecanismo mejor para lograr el consenso mundial entre *todas* las partes interesadas correspondientes en relación con temas técnicos cruciales.

En todas las áreas en las que se precise una arquitectura de referencia, los expertos mundiales en cuestión deben reunirse para elaborar ese consenso y publicar el resultado como una norma internacional. Ella aseguraría el mayor consenso y la mayor participación posibles por parte de las personas interesadas, ya sea la industria manufacturera, los prestadores de servicios públicos, los mercados de usuarios finales, los investigadores o los organismos reguladores. Será necesaria una inversión considerable por parte de la comunidad de ingeniería. Las arquitecturas resultan imprescindibles para la industria, los edificios, los hogares y, por supuesto, para la propia red inteligente.

Otro beneficio importante es que el proceso de normalización está perfectamente adaptado para determinar los límites de la arquitectura, y bien adaptado si la red de energía requiere principalmente un diseño general o varias arquitecturas pormenorizadas. Cabe mencionar también que es posible que las arquitecturas exitosas, en particular las de los edificios y la industria, incluyan otros tipos de energía y no solo electricidad, con el fin de lograr la optimización global.

Una vez que las arquitecturas están implementadas, el trabajo de las normas no resulta cansado. A pesar de la gran cantidad de normas para productos eléctricos y electrónicos y de los sistemas pequeños, resultan necesarias importantes innovaciones si se desea aplicar las arquitecturas a las soluciones que se brindan. Esta brecha entre las arquitecturas y los productos es el campo del enfoque de las aplicaciones, tal y como se muestra en la Figura 3. Una arquitectura proporciona mayores interdependencias y consideraciones de diseño para sus subsistemas, pero no especifica conclusiones rígidas como las que se aplican a las funciones futuras de los productos o de los subsistemas que allí se mencionan. Estas se brindan al describir una solución, o aplicación, que se requiere para facilitar una función, pero puede suceder que una gran variedad de servicios, tecnologías y productos posibles la implemente. En el mundo de los estándares, esto implica un nuevo punto de partida:

- Hasta el momento, se desarrollaron los sistemas como soluciones puntuales.
- Se lleva a cabo el diseño y el desarrollo de forma tradicional, ya sea por parte del usuario final del sistema, como un prestador de servicios públicos, o como en la industria, a cargo de una empresa integradora de sistemas. A menudo, las empresas multinacionales y las consultoras de TI desempeñan un papel esencial.
- En consecuencia, el mercado no ha necesitado normas para los sistemas complejos.
- Una cantidad determinada de estos sistemas *debe normalizarse en este momento* para lograr una eficiencia energética óptima.

Esto sigue a la necesidad de lograr un consenso mundial como se mencionó en la sección anterior, al menos en relación con aquellas características que la arquitectura mostró que tienen un impacto en el uso de la energía.

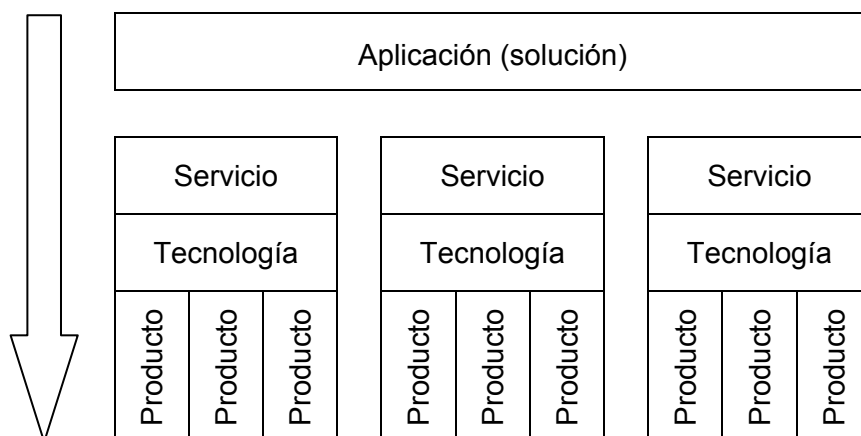


Figura 3: El enfoque de las aplicaciones

Podemos citar como ejemplos del enfoque de aplicaciones, la empresa manufacturera integrada y los edificios inteligentes. Para el primero de los ejemplos, se requiere una arquitectura de referencia para describir la "fábrica digital" desde un punto de vista energético, que incluye calefacción, refrigeración y otras formas de *uso energético*; *recursos* energéticos como electricidad; y elementos de *almacenaje* de energía. Las *aplicaciones* o soluciones se corresponden con las mayores funciones como, por ejemplo, estaciones de producción automatizada y transporte de partes, y las características de cada una de estas aplicaciones relevantes para la arquitectura de referencia debe describirse en un estándar (puede ser una necesidad de refrigeración o la producción de un excedente de calor para utilizarse en otro sitio). Después pueden seleccionarse y normalizarse los servicios que precisa cada aplicación y las mejores tecnologías para su implementación. Para el segundo ejemplo de edificios inteligentes, una arquitectura mostrará la red energética del edificio. Se necesitará una aplicación para las temperaturas ambiente mínimas y máximas en varios espacios de un edificio. Los servicios

(calefacción, refrigeración), las tecnologías y los productos pueden normalizarse como una función de los requisitos arquitectónicos de la eficiencia energética.

7. Los siguientes pasos

Para dar respuesta al desafío que se menciona en este trabajo, la CEI planea una evolución de su orientación principal.

- La CEI se ha centrado en la seguridad y la compatibilidad.
- Ahora intentará avanzar y posicionarse como líder en nuevas áreas en las que se requiere un nuevo enfoque:
 - eficiencia energética,
 - producción,
 - medio ambiente.
- Con anterioridad hemos desarrollado principalmente estándares de productos.
- Ahora debemos comprender y ampliar nuestra actividad para apuntar a sistemas y arquitecturas de referencia que sirven de base para las soluciones globales.

El mensaje de este trabajo es que el pensamiento debe partir del sistema y descender hacia sus partes, en vez de comenzar por cada uno de los productos y progresar hasta alcanzar el sistema, como sucede en la actualidad. Esta función debe incluir la revisión de las normas de productos existentes, donde resulte necesario, cuando se hayan preparado nuevas normas de sistemas.

El mercado define las soluciones de acuerdo con sus necesidades, y no se limitan necesariamente a las áreas de competencia de la CEI. Es tarea de este organismo, en primer lugar, escuchar las preguntas al mercado y formularlas con el fin de comprender y describir las soluciones (sistemas) que el mercado precisa, y determinar cuáles son los aspectos de estas soluciones que forman parte del campo de acción de la CEI. Por esta razón, es nuestra intención invitar a todas las organizaciones afines a cooperar en la elaboración de soluciones, y, finalmente, a definir los requisitos de normalización del campo de la CEI para los servicios y productos que necesitan estas soluciones.

Especialmente en relación con el problema central de la transmisión, la distribución y el uso de la electricidad, la CEI intenta desarrollar a gran velocidad un conjunto de especificaciones integrales y pormenorizadas que establecerán una cantidad mínima aceptable de disposiciones entorno al rendimiento y una amplia gama de opciones para las operaciones de redes. Esto se entiende como una parte de un conjunto de normas que requieren las redes inteligentes. Las especificaciones tendrán en cuenta las diferencias necesarias del enfoque y de las elecciones que se hicieron en distintos países; por esta razón, algunas de las publicaciones que aparezcan como resultado podrán tener carácter no normativo. Para facilitar la implementación, se intenta que la CEI y las organizaciones que colaboran con esta celebren un encuentro público sobre qué puntos deberían contener las especificaciones y demás publicaciones de la CEI sobre la red inteligente, que resulten necesarias.

Es vital avanzar en los proyectos de investigación y desarrollo que versen sobre las tecnologías emergentes que se necesitan para lograr eficiencia energética eléctrica y la descarbonización. La CEI considera que todos están llamados a lograr este objetivo, ya sea en el ámbito de los mediadores tecnológicos, de las decisiones sobre políticas o de la financiación.

Las soluciones sobre eficiencia energética de la CEI podrán constituir una aportación útil a la agenda política y a los planes de incentivos públicos con el fin de mostrar la viabilidad y un enfoque técnico sólido. Resulta de trascendental importancia colaborar con las autoridades reguladoras y políticas para lograr que las soluciones eficientes en relación con la energía eléctrica se implementen de forma oportuna y sirvan así al interés público. Para cumplir con este

objetivo, la CEI se plantea reforzar los lazos con una gran cantidad de organizaciones internacionales y gubernamentales vinculadas con el área e invitarles a aunar esfuerzos y lograr combinar políticas y tecnología para avanzar en la electrificación inteligente. La competencia técnica de la CEI y su habilidad para involucrar a todas las partes interesadas son algunos de los factores que permitirán que la comunidad mundial pueda construir un mejor porvenir.

Traducción oficial del trabajo de la CEI sobre electrificación inteligente. Septiembre de 2010.