

REPORTE

Marco para el desarrollo de una estrategia de digitalización

Digitalización en el sector eléctrico en Colombia

Marzo 2022



Contenido

Definiciones y abreviaciones	2
1. Contexto	3
2. Objetivo	4
3. Transformación en Colombia.....	4
4. Inclusión social en el despliegue de redes inteligentes.....	10
5. Experiencia del Reino Unido	16
6. Marco para la estrategia de digitalización.....	27
7. Recomendaciones	30
8. Referencias.....	32

Definiciones y abreviaciones

AMI	Advanced Metering Infraestructure (Infraestructura de Medición Avanzada)
BAU	Business As Usual es un escenario proyectado siguiendo las actuales tendencias económicas
BEIS	<i>Business Energy and Industrial Strategy</i>
DER	<i>Distributed Energy Resources</i> (Recursos Energéticos Distribuidos)
DSO	<i>Distribution System Operator</i> (Operador del Sistema de Distribución)
EDiT	<i>Energy Digitalisation Taskforce</i>
EDTF	<i>Energy Data Taskforce</i>
GTC	Grupos de Trabajo Colaborativo
IA	Inteligencia Artificial, es sistemas tecnológicos y computacionales capaces de realizar actividades que anteriormente requerían inteligencia humana
Minenergía	Ministerio de Minas y Energía
MinTIC	Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación
ML	Machine Learning, es un subtema de IA y las ciencias computacionales que se basa en crear algoritmos para imitar el proceso de aprendizaje humano y ejecutar una acción que va mejorando conforme más información se obtiene de ella, así como los humanos aprenden.
NDC	National Determined Contributions. Las Contribución Nacionalmente Determinadas, son los objetivos de reducción de emisiones a las que cada país se ha comprometido
Ofgem	Office of Gas and Electricity Markets
OR	Operadores de red
PIGCC ME	Plan Integral de Gestión de Cambio Climático en el sector Minero-Energético
PROURE	Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía
SIN	Sistema Interconectado Nacional
TI	Tecnologías de la Información, son herramientas del área relacionada a computación
ZNI	Zonas No Interconectadas

1. Contexto

DIGITALIZACIÓN DEL SERVICIO ELÉCTRICO

América Latina y el Caribe se encamina hacia una transición energética verde y de largo alcance enfocado en el despliegue de energía renovable, la reducción del uso de combustibles fósiles, la mejora de la eficiencia energética y la expansión de la electromovilidad (Yepez, 2022). La **digitalización** es un importante instrumento para la transición energética y un facilitador de dos tendencias industriales clave: la **descarbonización** y la **descentralización**.

Los principales motivos para la digitalización del servicio eléctrico son: reducción de la huella de carbono, disminución de costos y tiempo de operación, evitar ampliaciones innecesarias de las redes al hacer un mejor y más completo uso de la infraestructura existente, mejorar la confiabilidad y resiliencia del sistema, y ofrecer al usuario precios más competitivos.

La digitalización cambiará tanto la cadena de valor del sector, así como el esquema a través del cual se presta tradicionalmente el servicio de energía eléctrica. Permitirá nuevas formas de gestión de la oferta y la demanda de electricidad, con la creación de nuevos modelos de negocios y acompañados de nuevas funciones y actores en la cadena de valor mientras promueve una participación más activa del consumidor final de electricidad.

La digitalización no es una novedad para el sector eléctrico, los cambios han llegado en olas sucesivas de transformación en las últimas décadas por medio de la integración de tecnologías de la información y comunicación. Actualmente el sector está entrando en una nueva ola de digitalización, impulsada por las tendencias de la industria 4.0, por ejemplo, la interoperabilidad, virtualización, capacidad en tiempo real y modularidad. Esta nueva transformación se centra en los sistemas de distribución y comercialización, los cuales habían sido marginalmente afectados por la digitalización hasta hace unos años y es probable que desempeñen un papel fundamental en apoyar la transición rápida y rentable hacia una economía baja en carbono (Rossetto & Reif, 2021).

El sector eléctrico se encuentra en una posición favorable para digitalizar sus sistemas y sus servicios. Recientemente, debido a la pandemia por COVID-19, los sectores financieros, educativos y de salud tuvieron un impulso acelerado de digitalización por medio de cambios disruptivos, que sirven como lecciones aprendidas o casos de estudio en materia de digitalización, participación de los clientes y uso cotidiano de la analítica avanzada para generar valor a partir de los datos.

Un Sistema Interconectado Nacional (SIN) digitalizado no solo hace más eficiente la recolección de datos de generación y demanda, o muestra el estado del sistema en tiempo real, permitiendo actuar ante sus necesidades; sino que, además, ofrece la posibilidad de capturar información confiable para hacer proyecciones de comportamiento del sistema con futuros escenarios de demanda y capacidad energética, lo cual permite tomar decisiones informadas para la modernización de la red. La alineación de los esfuerzos de digitalización de los diferentes actores es vital para alcanzar un SIN Digitalizado. La comercialización y generación de electricidad avanzan en digitalización impulsadas por la necesidad de una ventaja competitiva y satisfacer las necesidades del usuario.

Por otro lado, la distribución, al estar en un esquema de monopolio regulado, requiere esfuerzos para incentivar la digitalización desde el marco regulatorio y de mercado. Es por esta razón que se propone que el marco para la estrategia de digitalización sea adoptado por las entidades públicas y privadas para

acelerar su desarrollo digital alineando las prioridades, para así desbloquear los beneficios sistémicos que ofrece un servicio digitalizado.

2. Objetivo

El marco para el desarrollo de la estrategia de digitalización tiene el objetivo de brindar a los actores del sector, principalmente a los operadores de red y comercializadores, los pilares para la definición de sus estrategias y futuros planes de acción alineados a la visión de modernización, descarbonización y democratización del sector eléctrico en Colombia. La digitalización se presenta como una herramienta que aporta a los objetivos de la política pública y también proporciona una base sistemática para adoptar el cambio cultural y tecnológico.

Para la elaboración del marco se trabajó con el Grupo de Trabajo Colaborativo (GTC) de digitalización del servicio de Colombia Inteligente, con el fin de diagnosticar el estado actual de la digitalización de las empresas eléctricas del sector del país, así como sus expectativas y principales barreras para impulsar el cambio en sus organizaciones y el sector. Para eso, se realizó una revisión detallada del diseño e implementación de la estrategia de digitalización del sector energético en el Reino Unido mediante una revisión literaria de la experiencia y entrevistas a los actores relevantes en este proceso, con el fin de recopilar las lecciones aprendidas que pudieran ser relevantes para el caso colombiano. Esta información se presentó en las sesiones del GTC durante el segundo semestre del 2022. Adicionalmente, otros enfoques de inclusión social en estrategias de digitalización fueron revisados, incluyendo las experiencias de programas en Lisboa y Ontario.

3. Transformación en Colombia

El sector energético colombiano, alineado con los compromisos climáticos nacionales, se ha fijado la meta de alcanzar carbono neutralidad en 2050. El Plan Integral de Gestión de Cambio Climático de Colombia describe cómo deben alcanzarse los objetivos de las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) entre los sectores de la economía nacional y muestra cuatro líneas estratégicas de acción dentro del sector energético, con potencial para evitar 11,2 MtCO₂e para 2030 y dirigir los esfuerzos hacia carbono neutralidad en 2050. Estas son: eficiencia energética, diversificación de la generación de energía, gestión activa de la demanda y emisiones fugitivas. Dentro de las medidas relacionadas con gestión activa de la demanda, destaca el plan de uso racional de energía, la penetración de infraestructura de medición avanzada (AMI, por sus siglas en inglés), redes inteligentes y la digitalización de la red eléctrica (Ministerio de Minas y Energía, 2022); por lo que la digitalización se considera una herramienta para avanzar hacia la descarbonización del sector eléctrico.

El avance en digitalización ha tenido diferentes actividades desde el punto de vista de las organizaciones privadas y públicas. Por un lado, el gobierno colombiano ha reconocido la relevancia de avanzar en el fortalecimiento de políticas públicas y marco regulatorio para digitalizar el sector con el fin de descarbonizar y democratizar el acceso a la energía. Mientras que, las principales empresas eléctricas del país han establecido estrategias e iniciativas de digitalización, principalmente enfocadas en mejorar la calidad del servicio y con ello aumentar la satisfacción del cliente final. Las empresas eléctricas tienen en común en las diferentes etapas de la cadena de valor eléctrica el desarrollo de analítica de datos, computación en la nube, *machine learning*, protocolos de ciberseguridad y uso de las redes sociales como estrategia de acercamiento con el usuario.

La modernización y transformación digital de los sistemas de distribución van a desempeñar un papel fundamental en la transición rápida y rentable hacia una economía baja en carbono. La condición de monopolio regulado de los operadores de red tiene como consecuencia la falta de incentivos de competencia para buscar soluciones digitales que mejoren el servicio, en cambio se centra en la eficiencia y reducción de costos. En Colombia, la mayoría de los operadores de red también realizan las acciones de comercializador, lo cual define una postura de digitalización cercana a las necesidades del usuario final y enfocada en la modernización del servicio y mejorar la calidad de los datos y los procesos de recolección de estos. Esto se aplica también a las empresas que ejercen puramente la función de comercialización.

Los espacios colaborativos en términos de digitalización son esenciales para identificar el nivel de avance de los actores, compartir experiencias y definir en conjunto cuáles son las prioridades para el sector. La red de trabajo Colombia Inteligente ha estado a cargo de los grupos de trabajo colaborativos con las empresas eléctricas y entidades del sector, en los cuales se abordan los temas como demanda activa, integración de AMI, modernización de la red y digitalización del servicio. Los GTC cuentan con una sesión de trabajo cada mes y tienen como resultado el desarrollo de marcos de referencia, desde la revisión de experiencia internacional y el contexto nacional, con el fin de identificar barreras y oportunidades para avanzar en los temas de interés mencionados.

ACCIONES HACIA LA DIGITALIZACIÓN

Iniciativas del sector público

Desde las iniciativas del sector público, el Ministerio de Minas y Energía (Minenergía) estableció en la hoja de ruta “Misión de transformación energética” la modernización de la red como uno de los cinco pilares de la transformación energética, en la cual se resalta la importancia de los recursos energéticos distribuidos (DERs), las plataformas integradas para intercambio de servicios y la movilidad eléctrica. Adicionalmente, MinEnergía estableció los lineamientos de la incorporación de los DERs en el sistema eléctrico colombiano por medio de la resolución 40283 de 2022. Dentro de la cartilla de la Misión de transformación (Ministerio de Minas y Energía, 2020) sobresale la necesidad de la digitalización de la red con el despliegue de AMI, que es el paso fundamental para desarrollar las demás iniciativas que se pueden observar en la Figura 1.

El objetivo del sector público es desarrollar o actualizar el marco regulatorio para poder estimular la integración de las nuevas tecnologías y el desarrollo de los actores, por ejemplo, con el aumento de la generación distribuida, los operadores de red (OR) deberán asumir nuevas funciones propias de operador del sistema por la gestión activa de la red, utilizando nuevas tecnologías y datos en tiempo real para intervenir en la red. Es lo que se denomina transición de OR a Operador del Sistema de Distribución (DSO, por sus siglas en inglés). La CREG en la circular 011 de 2022 estableció la hoja de ruta de respuesta a la demanda para el Sistema Interconectado Nacional, en la cual define tres áreas de trabajo que involucran la utilización de flexibilidad del consumo en diferentes áreas de aplicación, estas son: participación de la demanda en el mercado eléctrico mayorista, respuesta de la demanda basada en precio e incentivos y el mercado minorista.

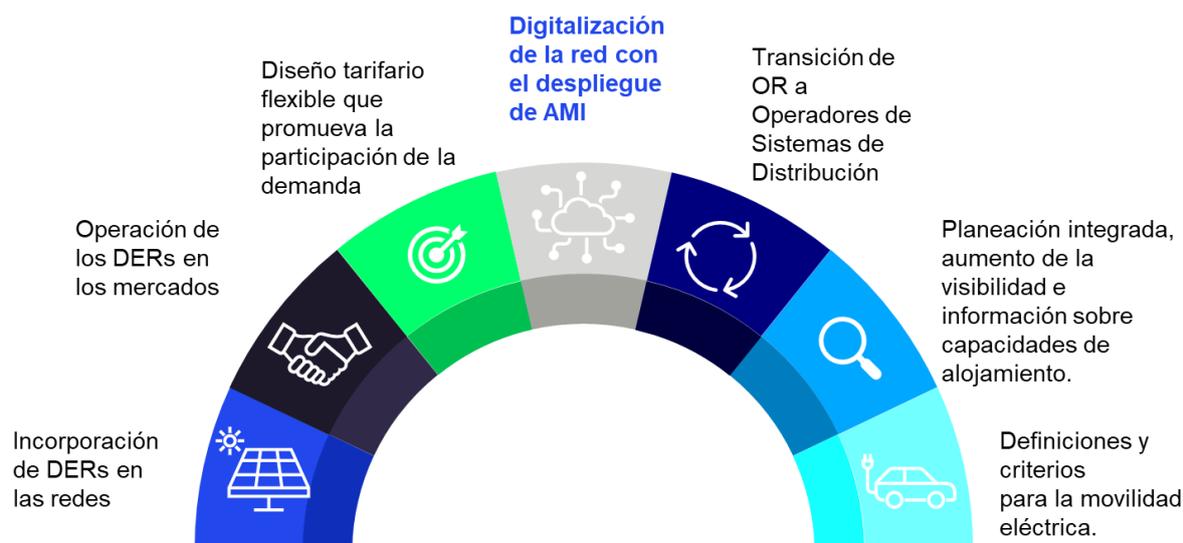


Figura 1. Lineamientos legales y de política para la modernización de la red 2021 - 2025. Fuente: adaptado de Ministerio de Minas y Energía, 2020

Adicional a las iniciativas estratégicas para la digitalización del sector, Minenergía ha adoptado por medio de la resolución 40199 de 2021 los principios del modelo de gobierno de tecnologías de la información (TI) y de gobierno de datos que facilita el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicación (MinTIC). Visibilizar la adopción de los principios es relevante para que otros actores del sector puedan tomarlos como referencia para construir y adoptar sus propios esquemas de gobierno de datos y TI, además se podría socializar los indicadores para medir el nivel de adopción y su impacto. A continuación, se enlistan los 12 principios de la misma forma en que se presentan en la resolución 40199:

1. **Excelencia del servicio al ciudadano:** Fortalecer de forma digital la relación de los ciudadanos con el Estado enfocándose en la generación de valor público sobre cada una de las interacciones entre ciudadano y Estado.
2. **Costo / Beneficio:** El criterio de selección de un proyecto de TI debe priorizar el valor público por encima de su costo, de tal forma que se garantice que las inversiones en TI tengan un retorno definido por el beneficio.
3. **Racionalización:** Optimizar el uso de los recursos de TI teniendo en cuenta criterios de pertinencia y reutilización, sin perjuicio de la calidad del servicio y de la operación de la entidad.
4. **Estandarización:** Definir un ecosistema tecnológico estandarizado para controlar la diversidad tecnológica, la complejidad técnica y reducir los costos asociados al mantenimiento de la operación.
5. **Interoperabilidad:** Utilizar los estándares que fortalezcan la plena interoperabilidad entre los sistemas de información e infraestructura tecnológica y que faciliten el intercambio de información entre las entidades y los sectores.
6. **Co-Creación:** Componer soluciones y generar servicios sobre lo ya construido y definido, con la participación de todos los interesados (internos y externos) para garantizar su máximo valor.
7. **Calidad:** Cumplir con los criterios y atributos de calidad definidos para los procesos y soluciones de TI construidas para la entidad.

8. **Seguridad Digital:** Establecer la seguridad y privacidad de la información teniendo en cuenta los lineamientos definidos en la Política de Gobierno Digital.
9. **Sostenibilidad:** Definir las acciones que propendan por el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas.
10. **Neutralidad tecnológica:** Garantizar la libre adopción de tecnologías, teniendo en cuenta recomendaciones, conceptos y normativas de los organismos internacionales competentes en la materia, fomentando la eficiente prestación de servicios, el empleo de contenidos y aplicaciones, la garantía de la libre y leal competencia mediante criterios de selección objetivos.
11. **Foco en las necesidades:** Las decisiones sobre el ecosistema tecnológico deben enfocarse en responder y dar solución las necesidades de la Entidad.
12. **Vigilancia tecnológica:** Realizar vigilancia tecnológica sobre las tendencias de la industria TI para evaluar su oportunidad en la solución a necesidades de la Entidad.

Otra iniciativa importante resaltar de la transformación digital en Colombia es que el MinTIC, por medio del decreto 338 de 2022 ha definido los lineamientos generales para fortalecer la gobernanza de la seguridad digital, el cual es un punto crítico para la digitalización, la seguridad y la construcción de la confianza en las operaciones 100% digitales.

Iniciativas del sector privado

Como parte del GTC de digitalización del servicio, las empresas eléctricas presentaron los avances y planes a futuro para el desarrollo de la digitalización del servicio. En este espacio las empresas presentaron sus proyectos y planes de digitalización, los cuales se mencionan en la Tabla 1. En estos proyectos se resaltaron iniciativas de aplicación de la inteligencia artificial, robotización de los procesos, uso de drones y desarrollo de modelos avanzados, por ejemplo, el gemelo digital de las redes de distribución.

Tabla 1. Iniciativas empresariales del GTC de digitalización del servicio

Empresa	Proyecto
ENEL	Ruta de la digitalización
Celsia	Proyecto Red Digital 2.0, Visión de un Modelo de Energía Sostenible
GEB	Visión digitalización GEB
CEO	Presente y futuro de la distribución de energía en CEO
ISA	Digitalización en la Transmisión para los desafíos del futuro
EPM	Digitalización de la Utilities
ANDESCO	Propuesta de Agenda Digitalización Sector Eléctrico

Un factor común en los planes de las empresas es la adopción de las actividades del DSO, considerando la transformación que van a tener las redes de distribución en los siguientes años, como consecuencia del crecimiento de la electromovilidad y la generación distribuida. Otro punto importante en común fue la discusión de los retos de adopción de conocimiento, desarrollo de nuevos roles que demandarán el conocimiento relacionado a nuevas tecnologías y la importancia de que los procesos de negocio sean más simples y que sean eficientes y eficaces, integrando nuevas tecnologías.

Las iniciativas de digitalización de las empresas tienen el objetivo de mejorar la calidad y confiabilidad del servicio y desde el punto de vista de la comercialización buscan tener un mayor acercamiento al cliente por medio de plataformas digitales y simplificación de procedimientos para el usuario final. Uno de los indicadores relevantes para la medición de los avances en digitalización de la infraestructura de las redes es la calidad del servicio y se mide por medio de la frecuencia media de interrupción por usuario en un periodo determinado (SAIFI) y el tiempo total promedio de interrupción por usuario en un periodo determinado (SAIDI).

Además de la presentación de las empresas, la Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones (ANDESCO) presentó una propuesta de digitalización del sector energético, cuyo objetivo es establecer con el gobierno nacional una agenda que impulse la aceleración de la transición energética de manera que se utilice como medio para la reactivación pronta de la economía de Colombia y mayor eficiencia en la prestación de servicios. La agenda está conformada por 5 enfoques: transformación de la estrategia, optimización de activos, mejora de productos y procesos, desarrollo de nuevos servicios y cumplimiento y mejora regulatoria.

Aun cuando las empresas han actuado con iniciativa propia para su transformación digital, es visible la falta de un liderazgo que sea vital para alinear y priorizar los esfuerzos de digitalización con el objetivo de descarbonizar y democratizar el servicio. La intención de definir el marco para el desarrollo de una estrategia de digitalización es consolidar una visión sectorial de un sistema digitalizado y definir los elementos que deberían ser integrados en las estrategias de digitalización de los actores del sector para dirigir las acciones hacia satisfacer las necesidades del usuario y alcanzar la carbono neutralidad.

Brechas en Colombia para avanzar en la digitalización del servicio de energía eléctrica

A partir de las actividades del primer semestre del 2022 del GTC de digitalización del servicio, liderado por Colombia Inteligente, se realizó un análisis que abarco las temáticas de política pública y regulación, empresas/organizaciones y aspectos técnicos y tecnológicos para identificar brechas para la digitalización del servicio eléctrico en Colombia. En la Tabla 2 se presentan las principales brechas identificadas por cada temática.

Tabla 2. Brechas en Colombia para avanzar en la digitalización del servicio de energía eléctrica

Brechas políticas y regulatorias	
1	Falta de una estrategia que incluya la digitalización como una herramienta de los objetivos de la política pública

2	Limitaciones en los mecanismos de financiación y/o herramientas para dar soporte a proyectos digitales, flexibilidad y resiliencia del sistema
3	Falta del mecanismo de areneros regulatorios digitales o zonas de prueba
4	Requerimientos limitados de estándares de ciberseguridad
5	Falta de procesos continuos para asegurar el conocimiento y la identificación de oportunidades que brinda la digitalización
Brechas empresariales/organizacionales	
1	La cultura empresarial convencional
2	Limitaciones de inversión para probar casos de uso desarrollados y los requisitos funcionales
3	Restricciones para adaptar, capacitar y contratar personas
4	Baja respuesta a las necesidades cambiantes de los usuarios/clientes
5	Limitaciones para relacionar el impacto sobre la productividad, costos y huella de carbono, y su interacción con diferentes actores
Brechas tecnológicas	
1	Falta de interoperabilidad de los estándares tecnológicos
2	Falta de monitoreo de los impactos de la digitalización de la demanda
3	Baja implementación de sistemas de gestión de datos
4	Falta de incorporación de seguridad para reducir los riesgos digitales generales

El marco para el desarrollo de la estrategia de digitalización es una acción concreta para atender la brecha de la falta de una planeación que incluya la digitalización como una herramienta de los objetivos de la política pública. El diseño del marco toma las brechas identificadas por Colombia Inteligente como insumo para priorizar enfoques y principios. Además, se evaluó la experiencia de la estrategia de digitalización del Reino Unido para la reducción de brechas en el contexto colombiano.

4. Inclusión social en el despliegue de redes inteligentes

La adopción tecnológica por parte de los usuarios de redes inteligentes representa un gran desafío ya que su apropiado involucramiento representa una pieza importante para el éxito del despliegue de las tecnologías (Bugden & Stedmand, 2021). Considerar la aceptación pública en una etapa temprana puede marcar una gran diferencia en los beneficios de las redes inteligentes, por ejemplo, en la reducción del consumo eléctrico residencial. Sin embargo, inducir un cambio de comportamiento requiere una interacción cercana con los usuarios para comprender los factores que influyen su comportamiento. Dicha interacción debe resultar en un entendimiento tal que las acciones de digitalización sean guiadas por los usuarios de redes inteligentes, en lugar de solo forzar la adopción de tecnologías. (Mengolini, 2013)

Se puede definir como la inclusión digital a la acción que permite que todas las personas contribuyan y se beneficien de la economía digital. Esto significa trabajar en diferentes aspectos (Iberdrola, 2023) como:

- Acceso a las TIC¹, garantizando infraestructura digital, precios asequibles y facilidad de uso.
- Tecnologías útiles, que facilitan el acceso a personas con discapacidad que, de otro modo, no podrían utilizarlas.
- Alfabetización digital, incluir la formación en TIC en educación básica y aprendizaje permanente para individuos.
- Inclusión social, centrándose en los sectores más desfavorecidos de la sociedad con programas específicos que les ayuden a adentrarse en el mundo digital.

Un concepto que se utiliza en la comprensión de la inclusión social es la *estructura teleo-afectiva*², que es una teoría de las prácticas sociales donde se plantea que las emociones juegan un papel importante en el comportamiento humano. Este concepto dice que, a diferencia de otros animales y los niños, los adultos se involucran en acciones o evitan ciertas prácticas según la "energía emocional" que estas actividades les provocan (Smale, 2021).

Los investigadores han demostrado que a pesar de que las prácticas energéticas domésticas varían de un hogar a otro, pueden etiquetarse en cinco categorías: confort, economía, autonomía, sostenibilidad y seguridad (del suministro de servicios) (Smale, 2021). La adopción de mecanismos que den soporte estas categorías puede crear un efecto positivo en la inclusión digital y la aceptación de las redes inteligentes. Algunas acciones pueden ser la facilitación y simplificación de la utilización de la tecnología, proporcionando información clara sobre los beneficios de esta y el despliegue de pilotos donde los usuarios puedan ver como ocurren los procesos y así reducir sus preocupaciones (Mengolini, 2013).

A continuación, se presentan algunos casos de estudio relevantes a la comprensión de la inclusión digital con respecto a las redes inteligentes. Estos casos de estudio brindan información sobre las percepciones y emociones de los usuarios hacia la tecnología. Esta información se puede utilizar para comprender los

¹ Tecnologías de la Información y la Comunicación

² Más información sobre la teoría de las prácticas sociales <https://scielo.conicyt.cl/pdf/cmoebio/n59/0717-554X-cmoebio-59-00221.pdf>

desafíos de los usuarios, de manera que apoye el desarrollo de estrategias para superar tales barreras para mejorar la adaptación digital social y la aceptación tecnológica.

Las redes inteligentes de Ontario

La provincia de Ontario en Canadá estableció un proyecto piloto para probar la aceptación de redes inteligentes entre la población de Milton, un área suburbana de Toronto. El objetivo principal era comprender la cultura energética que puede ser promovida por la tecnología, las políticas, y el mercado. En dicho estudio, 25 hogares residenciales participaron en un proyecto de red inteligente de 3 años que les permitía administrar su consumo eléctrico de manera más eficiente (Lazowski, Parker, & Rowlands, 2018).

El proyecto consistió en la instalación de un panel inteligente que proporcionaba retroalimentación y monitoreo a nivel casa. Esta tecnología tenía múltiples propósitos (gestión administrativa, conductual y técnica), de los cuales sólo seis eran mecanismos de participación conductual - asociados al comportamiento - que se describen en la Tabla 3. Descripción de los mecanismos de participación conductual del proyecto. Fuente: (Lazowski, Parker y Rowlands, 2018) Tabla 3.

Tabla 3. Descripción de los mecanismos de participación conductual del proyecto. Fuente: (Lazowski, Parker y Rowlands, 2018)

Concepto	Descripción	Clasificación
Establecimiento de objetivos	La selección de objetivos para la reducción de consumo monitoreado en el portal web.	Objetivos
Portal web	Portal web que provee el acceso al consumo total de la residencia y por electrodoméstico. Tiene la opción de programar uso de equipos, límites de consumos, etc.	Monitoreo y control
Correos de recordatorio	Recordatorios quincenales para avisar a los usuarios de revisar su portal web.	Notificaciones
Webinars	Capacitación que introduce los aspectos de control y otros elementos del portal web.	Educación
Incentivación	Se incentivó a las residencias con un cupón de 100 CAD por cada semana que usaran del elemento de control para su equipo de aire acondicionado durante los meses de julio y agosto.	Control
Reportes semanales	Se enviaba un reporte semanal vía email a todos los participantes que les indicaba el total de su consumo desglosado por electrodoméstico. Además, se incluían mecanismos de conservación energética.	Retroalimentación

Los participantes fueron sometidos a entrevistas estructuradas cerca del final del período de 3 años. Aunque participaron 25 casas, solo 18 aceptaron ser entrevistadas, lo que resultó en el 83% de las respuestas.

Las preguntas se segmentaron en cuatro temas principales: cambios en la conciencia hacia la gestión de la energía, cambios en las actitudes, cambios en las prácticas de gestión de la energía y cambios en la cultura material³. De todas las respuestas, se vio que se ha producido un cambio positivo en la utilización de la tecnología de gestión de la energía. A continuación, se enlista las ideas más relevantes recogidas en las entrevistas (Lazowski, Parker, & Rowlands, 2018):

1. Cambios en la conciencia hacia la gestión de la energía

Este concepto tenía como objetivo aumentar la conciencia sobre la gestión de la energía a través de múltiples mecanismos, incluido el portal web (comentarios desglosados), un boletín semanal (comentarios individuales y normativos) y un seminario web (educación). La mayoría (73%) de los encuestados indicaron que su conocimiento había aumentado debido a las múltiples interacciones e información proporcionada, ya que podían ver cuánta energía utilizaban sus electrodomésticos y el costo que esto representaba. Esto último se enfatizó claramente, mientras que no se observó una mayor conciencia acerca de la huella de carbono asociada al uso de energía.

2. Cambios en las actitudes hacia la gestión de la energía

Más de la mitad (53%) de los participantes informaron mejores actitudes hacia la gestión de la energía durante el programa, específicamente por la comunicación con el portal web y el informe semanal de electricidad. El 47% que declaró que sus actitudes seguían siendo las mismas proporcionó razones que incluían las actitudes existentes, los antecedentes culturales, la educación, y la imposibilidad del proyecto para cambiar sus prioridades. A lo largo del proyecto, los participantes consideraron que la gestión de la energía era muy importante por los ahorros financieros.

Se cree que las influencias externas y tecnologías pueden influir en las actitudes y la percepción del control del comportamiento. Se ha demostrado que el aumento de los conocimientos y la información estimuló actitudes positivas hacia la gestión de la energía doméstica.

3. Cambios en las prácticas de gestión de la energía

Para evaluar el impacto del proyecto en las prácticas energéticas domésticas, se pidió a los hogares que evaluaran su nivel de acciones hacia la gestión de la energía doméstica antes y después del proyecto. Al igual que los cambios en la conciencia energética, la mayoría de los participantes (53%) informaron aumentos en las acciones de gestión de la energía durante el período del proyecto. Se identificaron como útiles para cambiar las prácticas, las múltiples interacciones con el proyecto, a través el portal web, el informe semanal de electricidad, las herramientas tecnológicas, y la programación del termostato.

Aunque otros investigadores dicen que el aumento de la información tiene efectos mixtos sobre los cambios de consumo, los hallazgos cualitativos de este proyecto destacan cambios positivos percibidos en las prácticas de gestión de la energía de los participantes. Todo gracias a la provisión de retroalimentación, que a su vez muestran una mayor sensibilización del consumo energético, como se articuló anteriormente.

³ La cultura material es el aspecto de la realidad social basada en los objetos y la arquitectura que rodean a las personas. Incluye el uso, consumo, creación y comercio de objetos, así como los comportamientos, normas y rituales que los objetos crean o en los que participan.

4. Cambios en la cultura material

A lo largo del programa, los participantes tuvieron la oportunidad de mejorar su cultura material. La mayoría de las viviendas participantes eran nuevas construcciones suburbanas, con oportunidades limitadas para generar grandes mejoras de eficiencia; sin embargo, se observaron algunos cambios en la cultura material. Las actualizaciones se limitaron principalmente a reemplazos de dispositivos pequeños (por ejemplo, iluminación), reemplazo de electrodomésticos (por ejemplo, lavadora o secadora) o relacionados con mejoras domésticas más grandes (por ejemplo, renovaciones de sótanos). Otras fuentes bibliográficas dicen que los hogares perciben las acciones de reducción (por ejemplo, apagar las luces, reducir el uso de electrodomésticos) como estrategia más alcanzable comparada a las mejoras de eficiencia energética. A pesar de ser construcciones más nuevas, algunos hogares hicieron cambios notables en su cultura material, incluidos dispositivos domésticos inteligentes y tecnologías de automatización, paneles solares, electrodomésticos inteligentes y eliminación de dispositivos grandes (por ejemplo, servidores computacionales).

A lo largo de las entrevistas, los participantes enfatizaron el estilo de vida y la conveniencia como barreras sustanciales para utilizar herramientas inteligentes para la gestión de la energía. Algunos participantes no estaban dispuestos a renunciar a sus niveles de comodidad, mientras que también argumentaron que otro obstáculo fueron cuestiones técnicas del uso de la tecnología. Estos participantes identificaron problemas de accesibilidad y dificultad para aprender a usar el portal web, por ejemplo, la función de programación de consumo y la facilidad para realizar cambios rápidos en la configuración. Muchos encuestados declararon preferencias por aplicaciones web móviles con notificaciones en lugar de un portal pasivo al que solo se puede acceder por computadora. (Lazowski, Parker, & Rowlands, 2018)

Como se mencionó anteriormente, las motivaciones financieras de los hogares influyeron fuertemente en su cultura energética general. Los participantes valoraron mucho que la retroalimentación sobre el consumo se proporcionara en términos financieros (el consumo podría mostrarse en kWh, dólares o kgCO₂). Otro concepto que destacaron los participantes fue el valor de obtener más información sobre el consumo al ser posible ver el consumo histórico por electrodoméstico a través del portal web. Esto se alinea con la literatura que ha encontrado que la retroalimentación de consumo con alta granularidad puede ayudar a facilitar la conservación de energía. (Lazowski, Parker, & Rowlands, 2018)

Transiciones eléctricas inteligentes en Lisboa

En el 2007, se inició un proyecto de medidores eléctricos inteligentes en más de 30,000 hogares en el municipio de Évora de Lisboa, Portugal. No obstante, la recesión económica ralentizó el despliegue hasta 2015, y la tecnología se difundió durante 2016-2021.

Para 2019, el Plan Nacional de Energía y Cambio Climático de Portugal 2030 preveía roles importantes para la energía solar, la electricidad baja en carbono y una red eléctrica inteligente. Que además incluía aliviar la pobreza energética complementada con una hoja de ruta para la neutralidad de carbono al 2050. Debido a estas estrategias nacionales, se desarrolló la estrategia de la capital 'Lisboa Solar City' donde el gobierno local se comprometió a instalar 8 MW de capacidad solar en azotea para 2021, una planta solar de 2 MW para alimentar una línea de tranvía, 20 autobuses eléctricos más 50 vehículos de gestión de residuos, y aumentar a 103 MW de capacidad solar al 2030 (Siddharth, 2021).

En enero de 2021, Energías de Portugal (EDP) una empresa de servicios eléctricos había instalado 3.2 millones de medidores eléctricos inteligentes y anticipa completar las instalaciones de seis millones de

contadores para 2024. Esta acción mejoraba la infraestructura para que los actores a pequeña escala participaran en el consumo solar digitalizado, vendiendo energía producida localmente a la red eléctrica y permitiendo eficiencias significativas del lado del suministro para EDP. Sin embargo, las barreras regulatorias no dieron el cambio necesario, limitando a los hogares con módulos solares a un régimen de autoconsumo. El régimen hizo que la inversión en energía fotovoltaica en azotea fuera realista solo para los propietarios de viviendas con alto consumo diurno que podían permitirse invertir en baterías para la flexibilidad energética, mientras que las bajas tarifas reguladas (feed-in tariff) hicieron que el “prosumir” (producir y consumir energía) fuera poco atractivo para los pequeños actores (Siddharth, 2021).

Esto generaba que los usuarios no recibieran todos los beneficios de la tecnología y los primeros usuarios señalaron que la ley favorecía a las empresas más que a los ciudadanos. Por ejemplo, para los autos eléctricos, el modelo de pago era tedioso ya que dos compañías estaban involucradas y se debían completar diferentes contratos para recibir el servicio.

A continuación, se muestra barreras identificadas relacionadas a la inclusión social del proyecto de Lisboa.

Tabla 4. Oportunidades y barreras descubiertas en los medidores inteligentes y el despliegue solar en Lisboa. Fuente: (Siddharth, 2021)

Oportunidades para la inclusión social	Barreras para la inclusión social
Implementación de energía solar con la integración de la electrificación y descarbonización del transporte.	Control de la infraestructura eléctrica de suministro y distribución de la red, y captura excesiva de comisiones.
Actividades de difusión y sensibilización para el fortalecimiento de capacidades de los usuarios vulnerables.	Escases de modelos tecno-económicos que incluyan a los hogares de bajos recursos en actividades de prosuming solar.
Nueva legislación que habilita esquemas de energía comunitaria que incluyen a usuarios de otras locaciones.	Falta de enfoque e inclusión de hogares energéticamente pobres, basado en patrones socioespaciales.

Para satisfacer a los usuarios, el gobierno respondió a tales preocupaciones con cambios legislativos para permitir el consumo de energía comunitaria mediante el uso de la digitalización para consumir y prosumir electricidad de una sola planta solar. También abrieron opciones para que los hogares utilizaran el consumo solar virtual de las plantas solares que alimentan la red en otros lugares. Por ejemplo, los residentes del edificio con techos compartidos ahora podían consumir energía de una planta solar de propiedad compartida con una variedad de vecinos; al mismo tiempo se introdujeron subastas solares a precios competitivos (Siddharth, 2021).

Sin embargo, a pesar de las estrategias del gobierno, los usuarios siguieron reportando brechas de inclusión, ya que las empresas eran las que obtienen los mayores beneficios financieros. Los usuarios enfatizaron el hecho de que el proyecto no toma en cuenta a los usuarios vulnerables, como los que sufren de pobreza energética, los cuales quedan excluidos aún más al no tener servicios de energía digital (Siddharth, 2021). Pero más investigación debe realizarse sobre cualquier acción adicional que el gobierno haya desarrollado o planeado implementar en los años/meses próximos.

En la Tabla 5 se describen algunos mecanismos de participación aplicables a los usuarios vulnerables en el contexto de Portugal.

Tabla 5. Identificación de usuarios vulnerables y mecanismos de participación en el despliegue de la red inteligente de Lisboa. Fuente: (Siddharth, 2021)

Usuarios vulnerables	Modelo de participación	Estrategias de fortalecimiento
Hogares energéticamente pobres por aspectos socioespaciales	Observación de los participantes (vistas que se realizaron durante 5 meses), y entrevistas con expertos	Esquemas para identificar y disminuir la pobreza energética usando redes digitalizadas y energía solar
Usuarios que no pueden tener energía solar en sus techos	Entrevistas y cuestionarios a los miembros de cooperativas de energía solar, visitas a plantas solares, eventos nacionales de transición energética.	Marcos de referencia tecno-económicos para energía solar, regulación que favorezca esquemas de pequeñas comunidades de energía solar
Usuarios con necesidades energéticas inflexibles	Entrevistas con expertos en regulación, periodistas, agencias nacionales y locales de energía, reuniones locales para hablar sobre flexibilidad y pobreza energética.	Esquemas más accesibles para el apoyo a la eficiencia energética, tarifas bajas en los cargos por servicios de red.

Puntos clave

Con base en los casos de estudio analizados, se reconoce que se requiere aún más investigación social para comprender el contexto digital que enfrenta la sociedad, considerando que difiere entre países, regiones y hogares. Dicha investigación, es aún más relevante para la población vulnerable, como los que

sufren de pobreza energética, los ancianos y las personas discapacitadas; ya que esta población realmente puede beneficiarse del despliegue de las redes inteligentes, pero necesita más soporte para superar las barreras que no les permiten la adopción tecnológica.

Además, se ha señalado que las necesidades de las personas deben definirse antes de cualquier despliegue tecnológico, esto significa que la tecnología debe diseñarse primero para satisfacer las necesidades y expectativas de las personas y no al revés. De igual forma, deberían existir mecanismos regulatorios que apoyen e incentiven la adopción e inclusión de los usuarios pequeños y de aquellos considerados vulnerables; evitando que empresas y hogares con ingresos altos sean los únicos que se beneficien de las tecnologías. Las actividades de apoyo a la población deberían incluir el desarrollo robusto de campañas de comunicación, capacitaciones, y/o talleres que ayuden a comprender la posición de las personas y que den pie al desarrollo de sus habilidades y prácticas de digitalización.

Por último, se observó que, a lo largo del despliegue de las redes inteligentes, los beneficios de la tecnología, especialmente los financieros, deben comunicarse claramente a los usuarios. Se encontró que los beneficios financieros son uno de los elementos prioritarios para la inducción del cambio de comportamiento en los usuarios. Asimismo, se debería considerar siempre el fácil acceso y utilización de las herramientas digitales para facilitar la gestión y el consumo de energía, lo que al mismo tiempo conducirá a un cambio de comportamiento.

5. Experiencia del Reino Unido

El sistema eléctrico del Reino Unido está experimentando una rápida descarbonización como consecuencia de los compromisos nacionales de alcanzar cero emisiones netas de carbono en 2050. La transición energética ha estado liderada principalmente por la integración de energía eólica, la cual genera ya casi una cuarta parte de las necesidades anuales de electricidad del país y es actualmente la fuente de energía más barata. La capacidad renovable continúa creciendo rápidamente y el gobierno ha fijado al sector un objetivo de 50 GW de energía eólica marina para 2030 como parte fundamental de su Estrategia de Seguridad Energética, lo que se traduce en casi cinco veces más que los 11,3 GW instalados actualmente. Además, el Comité del Cambio Climático recomienda que el Reino Unido duplique su capacidad eólica terrestre, pasando de los 14,2 GW actuales a 29 GW para finales de la década (Norris, 2022).

La flexibilidad del sistema eléctrico se transforma en un concepto fundamental para garantizar un servicio continuo y confiable, como consecuencia de la alta penetración de energía renovable variable. La flexibilidad convencionalmente se ofrece desde la generación, pero gracias a los recursos distribuidos de energía, la demanda también puede ofrecer flexibilidad al sistema y por lo tanto adquiere un alto valor, permitiendo desarrollar a los usuarios, soluciones energéticas que son favorables para reducir emisiones de carbono y costos por el servicio. Es por ello por lo que los activos energéticos están cada vez más presentes en los hogares y empresas, ya que pueden generar y almacenar electricidad y ofrecer servicios de respuesta a la demanda. El Reino Unido reconoce la importancia de la digitalización para alcanzar un sistema eléctrico confiable y bajo en carbono, principalmente como consecuencia de la transformación de un consumidor más activo y una mayor cantidad de activos energéticos en las redes de distribución.

Las razones que tomamos en cuenta para utilizar como referencia la experiencia del Reino Unido (UK) incluyen su experiencia en el desarrollo de la estrategia del *Office of Gas and Electricity Markets* (Ofgem) denominada "Digitalización de nuestro sistema energético para conseguir cero emisiones netas de carbono". Este fue un documento pionero para el Reino Unido y uno de los primeros en el mundo, que

proporciona una visión, un enfoque y un conjunto de acciones para digitalizar el sistema energético y para que el sector pueda cumplir con las ambiciones de cero emisiones netas al 2050.

Otro de los motivos, es la alta integración de energía renovable en los últimos años y el avance en los mecanismos de mercado para promover la flexibilidad de la demanda. Además, Carbon Trust cuenta con amplia experiencia en el Reino Unido y tiene facilidad de acercamiento a los actores principales involucrados en el diseño y ahora, en la implementación de la digitalización del sector.

5.1. Desarrollo de la estrategia de digitalización de la energía en el Reino Unido

La ruta de digitalización de sector eléctrico en el Reino Unido ha sido trazada por una serie de documentos que relatan las recomendaciones y priorización de las acciones para avanzar en acciones de digitalización, los cuales se presentan en la Figura 2.

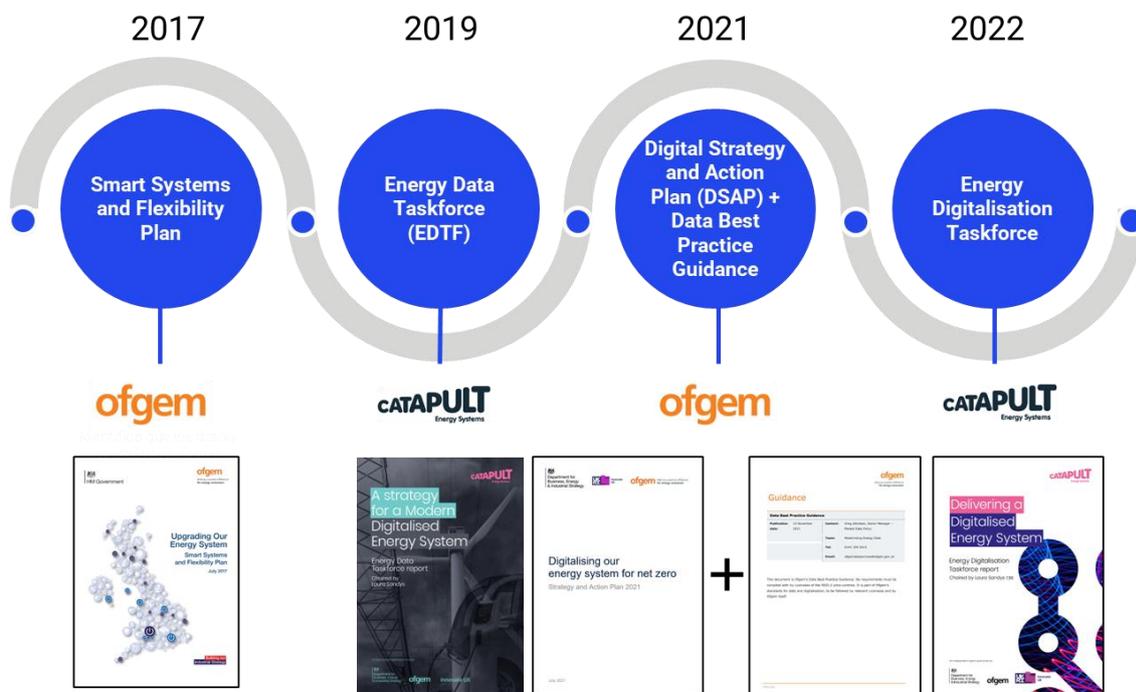


Figura 2. Documentos de la ruta de la digitalización del Reino Unido

En 2017, el Gobierno del Reino Unido y el regulador del sector *Office of Gas and Electricity Markets* (Ofgem) publicaron un plan de sistemas inteligentes y flexibilidad en el cual identificaron que los datos de energía son un requisito crítico para la descarbonización del sistema energético. En consecuencia, en 2018 *Business Energy and Industrial Strategy* (BEIS), Ofgem e *Innovate UK* anunciaron la creación de un grupo de trabajo de datos de energía, llamado **"The Energy Data Taskforce (EDTF)"**. Las recomendaciones del EDTF, publicadas en 2019, fueron adoptadas en la primera estrategia de digitalización del sector publicada en 2021 y ligada al objetivo de llegar a emisiones cero netas, lo que significó colocar el objetivo de descarbonización en el corazón de la estrategia de digitalización. Dicha estrategia consideró la formación de un segundo grupo de trabajo, ahora enfocado a la digitalización de la energía el **"Energy**

Digitalisation Taskforce (EDiT)", ya no solo enfocado en los datos, sino en delinear el camino de digitalización para empoderar al consumidor e impulsar la descarbonización.

The Energy Data Taskforce (EDTF) – Energy Systems Catapult – 2019

El EDTF fue un grupo de trabajo encomendada en 2018 por el gobierno británico, Ofgem e Innovate UK al equipo de *Energy Systems Catapult* (Catapult), que es un centro de excelencia independiente y sin ánimo de lucro que hace de puente entre la industria, el gobierno, la academia y la investigación. Entre 2018 y 2019 Catapult colaboró con más de 300 actores del sector energético y de otros sectores para comprender los retos existentes, desarrollar hipótesis y poner a prueba las recomendaciones. Los resultados del trabajo se publicaron en 2019 un primer reporte que concluyó en cinco recomendaciones principales para sentar las bases de un sistema energético digitalizado en el país. En la Tabla 6 se presentan las cinco recomendaciones y el impacto en acciones concretas en el sector.

Tabla 6. Recomendaciones del EDTF para el sector

Recomendación	Descripción	Impacto de las recomendaciones
1	Digitalización del sistema energético	<p>El Gobierno y Ofgem deberían ordenar al sector la adopción del principio de Digitalización del Sistema Energético en interés de los consumidores, utilizando su gama de medidas legislativas y reguladoras existentes según proceda, en línea con los principios de apoyo de "Nuevas Necesidades de Datos" "Mejora Continua" y "Estrategias de Digitalización".</p> <ul style="list-style-type: none"> > Ofgem pidió a las empresas operadoras de red elaborar y publicar sus estrategias de digitalización. > Innovate UK convocó el concurso <i>Modernising Energy Data Access</i> para mejorar el nivel de interoperabilidad de los datos en todo el sector energético mediante el desarrollo de una arquitectura común de datos capaz de integrarse con los componentes básicos y con cualquier otro proveedor o consumidor de datos del sector energético y de otros sectores.
2	Maximizar el valor de los datos	<p>El Gobierno y Ofgem deberían ordenar al sector la adopción del principio de datos presuntamente abiertos para los datos del sistema energético, utilizando su gama de medidas legislativas y reglamentarias existentes, según proceda, con el apoyo de los requisitos de que los datos sean</p> <ul style="list-style-type: none"> > Energy Systems Catapult desarrolló la guía de buenas prácticas en materia de datos > Ofgem anunció su intención de introducir una condición de licencia o permiso que obligue a las empresas de operadoras de red a cumplir las directrices sobre buenas prácticas en materia de datos.

		"detectables, consultables y comprensibles", con "estructuras, interfaces y normas" comunes y que sean "seguros y resilientes".	
3	Visibilizar los datos	Debería establecerse un catálogo de datos para proporcionar visibilidad de los conjuntos de datos del sistema energético a nivel de Gobierno, regulador y la industria. El Gobierno y Ofgem deberían exigir la participación de la industria a través de marcos normativos y políticos.	> La Oficina Nacional de Estadística (con el apoyo de Hippo Digital) lidera el desarrollo de una solución de catálogo nacional de datos para mejorar la visibilidad de los conjuntos de datos del sector energético.
4	Coordinación del registro de activos energéticos	Debería establecerse una estrategia de registro de activos para coordinar el registro de los activos energéticos, simplificando la experiencia para los consumidores mediante una interfaz fácil de usar, con el fin de aumentar el cumplimiento del registro, mejorar la fiabilidad de los datos y mejorar la eficiencia de la recolección de datos.	> BEIS está trabajando con la industria en una estrategia de registro de activos para comprender mejor las necesidades de los usuarios y poder definir una solución. BEIS ha contratado a la firma de consultoría Baringa para llevar adelante este trabajo.
5	Visibilidad de la infraestructura y activos energéticos	Debería establecerse un mapa digital unificado del Sistema Energético para aumentar la visibilidad de la infraestructura y los activos del Sistema Energético, permitir la optimización de la inversión e informar sobre la creación de nuevos mercados.	> El grupo de trabajo de datos de la Asociación de Redes de Energía (ENA) ha liderado el desarrollo de un prototipo de solución de mapa digital de sistemas de redes cruzadas.

Las cinco recomendaciones del reporte del 2019 de EDTF fueron plenamente respaldadas y adoptadas formalmente tanto por el Gobierno, en particular por el Ministerio de Energía de dicho país (BEIS *Business Energy and Industrial Strategy*) como por Ofgem en la primera estrategia de digitalización para el sector, la cual fue publicada en 2021.

Digitalización de nuestro sistema energético para conseguir cero emisiones netas de carbono, estrategia y plan de acción – Ofgem - 2021

En esta estrategia Ofgem definió la obligación hacia los operadores de red de publicar y actualizar su estrategia de digitalización, la cual debió publicarse antes del 31 de marzo de 2022 y se debe actualizar como mínimo, cada dos años a partir de esa fecha. Por otro lado, las empresas debieron publicar su plan de acción de digitalización antes del 30 de junio de 2021 y, como mínimo, actualizarse cada 6 meses después de esta fecha. A partir de la publicación de estrategias y plan de acción, Ofgem determina cuáles son los aspectos que deberían tener mayor prioridad y ha entregado una retroalimentación general a las empresas.

La estrategia de Ofgem detalla por qué se necesita digitalizar el sistema energético y las ventajas que ello supone para la descarbonización, los consumidores (incluidos los más vulnerables) y la economía. También describe cómo se organiza este programa de trabajo dentro del Gobierno y Ofgem, así como otras consideraciones de gobernanza. También menciona las principales barreras identificadas, las cuales son: la escala significativa y compleja del cambio, la falta de incentivos necesarios para iniciar el cambio cultural y la inversión necesaria para ponerlo en marcha.

Finalmente, la estrategia describe las medidas y el plan de acción que el Gobierno, Ofgem y el sector adoptarán para hacer frente a las barreras. Estas medidas representan la siguiente fase de la política, que se implementará a medida que el sistema se digitalice y descarbonice en los próximos años y décadas. Las medidas se presentan en la Figura 3 se dividen en tres grupos, i) liderazgo y coordinación, ii) incentivar el cambio, iii) desarrollo de soluciones digitales. Los actores que tienen la responsabilidad de llevar a cabo las acciones son principalmente Ofgem, BEIS e Innovate UK. A las empresas dentro de la estrategia solo se les atribuye la obligación de publicar y actualizar sus estrategias de digitalización y planes de acción y esta actividad aporta a un ambiente regulatorio ágil.

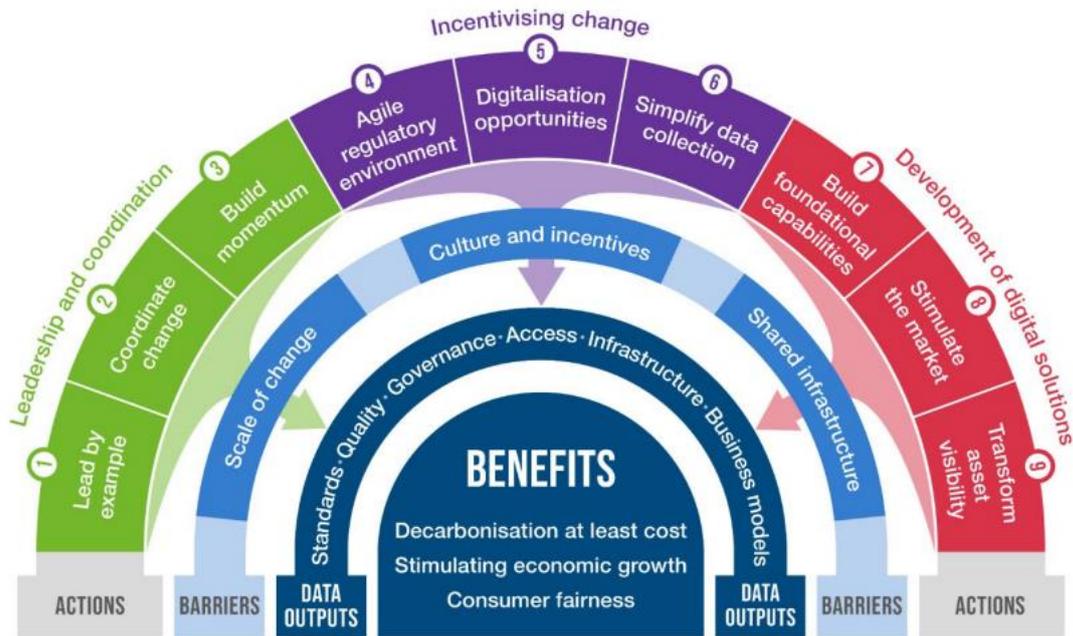


Figura 3. Esquema de la estrategia de digitalización de Ofgem

En paralelo con la publicación de la estrategia, Ofgem adoptó la guía de buenas prácticas en materia de datos de Energy Systems Catapult para desarrollar una política que consiste en 11 principios de buenas prácticas los cuales aplican a las empresas de operación de las redes de distribución y transmisión, estos principios son:

1. Identificar las **funciones de las partes interesadas** en los activos de datos
2. Utilizar **términos comunes** en los activos de datos, los metadatos y la información de apoyo
3. Describir los datos con precisión utilizando los **metadatos estándar del sector**
4. Permitir que los usuarios potenciales entiendan los datos al **proporcionar información de apoyo**
5. Hacer que los conjuntos de datos sean **fáciles de encontrar** para los usuarios potenciales
6. Aprender y responder a las **necesidades de los usuarios de datos actuales y futuros**
7. Garantizar que el **mantenimiento y la mejora de la calidad de los datos** se prioricen en función de las necesidades de los usuarios.
8. Garantizar que los activos de datos sean **interoperables** con los activos de datos de otros servicios digitales y de datos
9. Proteger los activos y sistemas de datos de acuerdo con las mejores prácticas de **seguridad, privacidad y resiliencia**
10. **Almacenar, archivar y facilitar el acceso a los activos de datos** de forma que se garanticen beneficios continuos
11. Tratar todos los activos de datos, sus metadatos asociados y scripts de software utilizados para procesar los activos de datos como **presuntamente abiertos**

The Energy Digitalisation Taskforce (EDiT) – Energy Systems Catapult – 2022

Dentro de la estrategia de 2021, BEIS y Ofgem anunciaron el apoyo para la formación de un segundo grupo de trabajo, ahora enfocado a la digitalización de la energía, el "Energy Digitalisation Taskforce (EDiT)". Este segundo grupo de trabajo tuvo el objetivo de continuar con el enfoque en la modernización del sistema energético para desbloquear la flexibilidad e impulsar el crecimiento limpio hacia cero emisiones netas (*Net-Zero*) para 2050. El EDiT es el sucesor del EDTF y fue liderado de nuevo por Energy Systems Catapult durante 2021 y 2022. El reporte con los resultados del grupo de trabajo se publicó en 2022 y contiene seis recomendaciones sobre cómo el sector energético puede potenciar sus actividades digitales, incluyendo incrementar el valor de los activos y comportamientos de los clientes y la incorporación de una cultura de la digitalización.

Tabla 7. Recomendaciones del EDiT para el sector

Recomendación		Descripción
1	Desbloquear el valor de las acciones y los activos de los clientes	BEIS y el regulador deben crear una política, una normativa y una infraestructura digital que permita a la industria ofrecer la confianza y la seguridad necesarias para aprovechar el valor de las acciones y los activos de los clientes.
2	Garantizar la interoperabilidad	El sector necesita ofrecer interoperabilidad a través del desarrollo y despliegue de activos digitales de interés público, con especial atención en una "Columna Vertebral Digital" como infraestructura base del sistema. Para garantizar la interoperabilidad se deben considerar los activos existentes, por medio de un tejido de intercambio de datos, un catálogo de datos y el desarrollo de algunas normas limitadas pero cruciales.
3	Implementación de nuevos enfoques de gobernanza digital con el apoyo de una entidad regulatoria	La gobernanza digital debe integrarse como algo habitual, con un nuevo organismo de digitalización de la energía que desarrolle los activos digitales de interés público y apoye la digitalización en todo el sector. La gobernanza de activos digitales de interés público trae consigo la necesidad de una función regulatoria que vele por la operación justa de los servicios digitales, de manera que se mantengan y operen de forma eficiente y propicien la competencia.

4	Acciones de seguridad digital	Los principios y las intervenciones de seguridad digital deben integrarse en todo el sector para garantizar la digitalización segura a gran escala. Estos principios necesitan ser adaptados para los servicios ofrecidos de manera que se promueva la detección de vulnerabilidades y la transparencia de los servicios.
5	Cuantificación y monitoreo de emisiones	La huella de carbono es la parte fundamental de todo lo que se propone, aun así, se necesita aumentar la visibilidad y promover la estandarización del cálculo de carbono. Se recomienda la medición en el origen de las emisiones de carbono procedentes de la producción, el almacenamiento y el suministro de energía en un formato estandarizado que además debería ser usado en todos los sectores económicos.
6	Cultura digital	Hasta ahora la digitalización no es entendida ni valorada en toda la cadena de valor, además de que existen barreras de conocimiento sobre los activos y soluciones digitales. BEIS debe trabajar para arraigar una cultura de la digitalización en todo el sector energético, fomentando el liderazgo digital, valorando los activos digitales y centrándose en la experiencia del usuario en todo el sistema.

A pesar de aún no tener impactos materializados por la reciente publicación del EDiT hay una estrecha coordinación entre Ofgem, BEIS y Energy Systems Catapult, por lo cual en mayo de 2022, BEIS lanzó tres programas de innovación dentro de la cartera de innovación Net-Zero (NZIP) alineados con las recomendaciones del EDiT, estos son: i) programa para la interoperabilidad de la respuesta de demanda, que busca la demostración de aplicaciones inteligentes de energía; ii) programa de aplicación de medidores inteligentes con base al internet de las cosas, con el objetivo de probar la factibilidad de esta tecnología; y iii) programa de almacenamiento de información de medidores inteligentes, cuyo objetivo es determinar la factibilidad técnica y comercial de una base de datos para AMI mientras se aseguran de la protección de privacidad.

Inclusión social en el despliegue de redes inteligentes en el Reino Unido

La exclusión digital es un desafío global que a menudo tiene los mismos problemas subyacentes: falta de infraestructura adecuada, falta de información y tecnologías, desafíos socio-psicológicos y habilidades educacionales. Con frecuencia se argumenta que la digitalización es un camino hacia una

mayor eficiencia, mayores niveles de flexibilidad del sistema energético y mejores resultados para los consumidores (por ejemplo, a través de facturas de energía más baratas). Aunque estos beneficios sólo son alcanzables cuando se abordan las desigualdades sociales que mejoren la inclusión digital.

Por lo general, la desigualdad social y la exclusión digital en los sistemas energéticos son poco conocidas, por lo que es vital desarrollar más investigación para comprender estos conceptos. En mayo de 2021, el Reino Unido organizó un taller en línea llamado "Explorando los desafíos y oportunidades de la digitalización del sistema energético del Reino Unido", al que se invitó a diferentes actores del sector energético, responsables políticos y expertos.

Este taller resultó en la identificación de cinco conceptos temáticos que son clave para aumentar la inclusión digital. Los resultados se describen a continuación:

1. **Exclusión financiera y de activos.** La asequibilidad y la exclusión financiera son un componente central de la pobreza energética, y se identifican como impulsores subyacentes clave de la exclusión digital en el mercado de la energía. Entre los participantes del taller hubo una percepción de que las personas más desfavorecidas están perdiendo los beneficios que la digitalización del sistema energético debería proporcionarles. Los participantes del taller enfatizaron que, al priorizar diferentes tipos de pobreza, es probable que otros aspectos tengan prioridad sobre los digitales, incluida la cobertura del costo de otros servicios esenciales de energía, alimentos y hogar.
2. **Tiempo y temporalidad.** La capacidad de sincronizar actividades en el tiempo se valora cada vez más en los sistemas de energía digitalizados, especialmente el uso flexible de electricidad más barata en momentos de alta generación renovable o restricciones de red. La capacidad de las redes y las compañías de energía para señalar los momentos apropiados en los que se debe usar la electricidad puede ser mediada digitalmente, y la capacidad de respuesta de los hogares a estas señales dependerá de las relaciones sociales influenciadas por las habilidades y capacidades digitales. Los participantes del taller destacaron que las relaciones sociales con los proveedores de energía pueden definirse por la espera, anticipación y frustración que varían entre las diferentes tecnologías digitales y que suponen barreras a la hora de la adopción de estas.
3. **Confianza.** Los esfuerzos para comprender mejor las causas, realidades y consecuencias de la exclusión digital han identificado a la confianza como un componente clave de las relaciones sociales. Para que alguien sea incluido digitalmente, a menudo requiere sentir confianza (hasta cierta medida) en que las tecnologías, los actores y la infraestructura de apoyo llevarán a cabo su función específica y no causarán angustia o interrupción del servicio.
4. **Lenguaje, alfabetización y comunicación.** Aquellos que están excluidos digitalmente a menudo enfrentan una serie de barreras lingüísticas asociadas con el uso de internet. Los participantes del taller resaltaron que los desafíos lingüísticos adicionales se pueden ver en el uso de un vocabulario demasiado técnico y complicado. Esto se asocia con conectarse al internet y usar herramientas digitales, en las que las personas excluidas digitalmente son renuentes a participar si no pueden entender el vocabulario. Dados los desafíos, las formas de comunicación efectiva entre las compañías energéticas y los clientes, son vitales dentro de un sistema energético cada vez más digitalizado. Ser excluido digitalmente puede resultar en que los clientes no puedan interactuar de manera eficiente con los proveedores, y los proveedores no puedan informar a los clientes de cambios, retrasos o interrupciones.

Algunos investigadores han reconocido que ciertos segmentos de la sociedad tienen más probabilidades de experimentar exclusión digital que otros. Como se señaló anteriormente, la exclusión digital es más probable entre una variedad de otros grupos que pueden considerarse vulnerables, como los ancianos y

las personas con discapacidad. No obstante, este caso de estudio señaló que se necesita más investigación para comprender el contexto de los hogares excluidos digitalmente, mientras que se debe realizar una reevaluación de actividades para apoyar a este grupo de población (Chambers, Robinson, & Scott, 2022).

5.2. Experiencia de diseño e implementación de la estrategia y recomendaciones

Se realizaron entrevistas con los actores del sector eléctrico para entender su rol en la elaboración de los documentos presentados y las acciones que han implementado, así como sus planes a futuro. Entre los entrevistados se incluyeron el equipo de Energy Systems Catapult que lideró los grupos de trabajo EDTF y EDiT, el regulador del sector eléctrico - Ofgem, la asociación gremial que reúne a las empresas dueñas y operadoras de los activos de transmisión y distribución (ENA – Energy Network Association) y a diversas empresas de la red de distribución, quienes recientemente han publicado sus primeras estrategias de datos y digitalización basadas en los principios de Ofgem y el EDTF.

El Reino Unido ha avanzado en su trayectoria de digitalización, pero tiene mucho trabajo por delante para lograr su objetivo de tener un sistema moderno y descarbonizado. El sector reconoce que las acciones han fomentado la actuación y discusión de cambio en los actores, lo cual es un progreso importante. Una de las carencias que encuentran los actores es una entidad que lidere y coordine los esfuerzos individuales en materia de políticas, principios, monitoreo de avances, grupos de trabajo y estándares entre actores para alinear el trabajo y evitar duplicar acciones. Las sugerencias de los actores tienen en común el trabajo transversal con otros sectores, el desarrollo por etapas y fortalecer los conocimientos desde el trabajo de una comunidad digital.

Se realizó un análisis de las entrevistas con las partes interesadas para concluir una serie de recomendaciones por actor. Energy Systems Catapult, como responsable del diseño y difusión de las recomendaciones, define que se necesita una concepción de evolución constante en las soluciones de digitalización, tener diversidad de puntos de vista y lograr una comunicación efectiva. Estas recomendaciones podrían servir a quienes conforman los grupos de trabajo colaborativo entre empresas y entidades o comunidades de conocimiento sobre digitalización que busquen recomendar al sector.

Tabla 8. Recomendaciones de Energy Systems Catapult

Evolución de soluciones de digitalización	<ul style="list-style-type: none"> • Las soluciones deben estar en constante evolución y ser un proceso iterativo que se retroalimenta de los avances del sector. • No buscar resolver todos los problemas en un mismo momento, se debe enfocar el trabajo ya que es fácil dejarse llevar por todas las soluciones tecnológicas disponibles. Esto aplica para cualquier actor del sector que se encuentre elaborando una estrategia o plan de acción de digitalización.
Diversidad de soluciones	<ul style="list-style-type: none"> • Que las entidades públicas del sector conecten con otros sectores con iniciativas fuertes de digitalización para buscar nuevas alternativas de soluciones a los retos regulatorios y de política, por ejemplo, Fintechs, telecomunicaciones y transporte. • Establecer un organismo coordinador del proceso de digitalización a nivel país para monitorear avances, definir prioridades e identificar nuevas necesidades.

Comunicación efectiva	<ul style="list-style-type: none"> • Difundir documentos breves y claros a los actores del sector cuando se trate de recomendaciones, para facilitar la difusión y discusión del mensaje, así como la adopción de los conceptos. Esto aplica a documentos de libre adopción (guías, buenas prácticas, etc.) o mensajes clave de la regulación (i.e. homologación de medidores, tarifas horarias, etc.) • Para temas de mayor resistencia al cambio, establecer campeones o referentes del tema que compartan los beneficios del cambio y puedan lograr la aceptación (buy-in) de las partes interesadas. El campeón o campeona consiste en combinación de influente técnico y político del sector.
-----------------------	--

Ofgem como responsable de la evolución del marco regulatorio del sector tiene el reto de definir la forma en que involucra a los actores por medio de políticas y normas. Ofgem comprende que la digitalización es un tema que está en constante evolución y que regulaciones poco adecuadas podrían bloquear las iniciativas de innovación de los actores. Ellos enfocaron su discusión en la importancia del desarrollo regulatorio por etapas, iniciativas de regulación y transversales a nivel nacional.

Ofgem mencionó que una de sus acciones acertadas fue utilizar un enfoque de principios en vez de estándares al solicitar a los actores adoptar los principios de datos en sus estrategias de digitalización. Esta es una medida que al inicio del proceso de implementar una estrategia de digitalización puede funcionar adecuadamente para que los actores se sientan cómodos en definir sus propias acciones y no estén restringidos por las características de estándares de datos o tecnologías de la información. Sin embargo, a medida que los actores avanzan en sus estrategias de digitalización surge la necesidad de aumentar la rigurosidad en algunos aspectos del uso de datos e información para asegurar la interoperabilidad entre actores.

Tabla 9. Recomendaciones de Ofgem

Desarrollo regulatorio por etapas	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajar la digitalización de los monopolios regulados o naturales primero ya que no cuentan con incentivos de competencia y más adelante desarrollar líneas de trabajo para otros actores como generadores y comercializadores para acelerar la digitalización.
Iniciativas de regulación	<ul style="list-style-type: none"> • Definir los conceptos de digitalización en el contexto del sector energético para poder evaluar las iniciativas con mayor claridad y para medir con mayor facilidad los avances. • Considerar incentivar la inversión en OPEX para cubrir la necesidad de la evolución del talento humano y capacitación en las empresas operadoras de red. • Utilizar un enfoque de principios en vez de estándares para las primeras etapas regulatorias.
Acciones transversales	<ul style="list-style-type: none"> • Seguir de cerca las nuevas propuestas regulatorias relacionadas a digitalización en otros sectores • La definición de una política transversal entre sectores de la economía de la digitalización es relevante.

Cultura y comunidad digital	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar involucramiento de los cargos senior de las empresas en la digitalización. • Demostrar que los datos están trabajando para el beneficio de la empresa, es decir desarrollar indicadores claros para medir el progreso. • Pertenecer o desarrollar una comunidad de innovación digital para construir una columna vertebral de conocimiento y experiencias de digitalización, puede ser a nivel de tipo de empresa o a nivel regional.
Procesos internos	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar el principio de datos presuntamente abiertos en las estructuras internas de la empresa. Esto quiere decir aplicar el principio entre áreas o departamentos de la empresa donde hay dificultad de acceso a la información. • Definir procesos de gobernanza y clasificación de datos en las empresas y asignar equipos responsables de esta tarea.
Interoperabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Las empresas pueden empezar por identificar todos los procesos actuales de envío de datos entre organizaciones y crear canales para agilizar el envío, la recepción y el procesamiento de los datos • En una etapa regulatoria más avanzada las empresas podrían requerir la definición de estándares sectoriales para la infraestructura de los datos y servicios digitales

Las empresas operadoras de red son las responsables de publicar sus estrategias de digitalización y planes de acción. Además, hacen parte de la asociación de redes de energía (ENA, por sus siglas en inglés) quienes han desarrollado un grupo ejecutivo de datos y digitalización, en donde definen mejores prácticas para adoptar los 11 principios de datos que publicó Ofgem, con principal enfoque en el principio de datos presuntamente abiertos. Ellos recomiendan el desarrollo de una cultura y comunidad digital entre pares y con el involucramiento de las entidades públicas, aplicar los principios de datos no solo entre entidades, sino empezar desde las estructuras internas al romper los esquemas de silos de trabajo, donde es difícil que fluya la información y por último desarrollar la interoperabilidad como paso esencial para agilizar los procesos.

6. Marco para la estrategia de digitalización

La digitalización del sistema energético es un paso relevante para permitir la transición energética de Colombia hacia la meta de carbono neutralidad a 2050. El siguiente marco incluye la visión de la digitalización del servicio, los enfoques clave para guiar la transformación y los principios que dirigen las iniciativas tecnológicas.

El marco se diseñó a partir de la experiencia de la publicación de la estrategia de digitalización para el sector energético en el Reino Unido, el avance que las empresas eléctricas de Colombia han tenido en digitalización y las iniciativas actuales de política pública. El marco tiene el objetivo de guiar el plan de acción de digitalización de los grupos de interés del sector eléctrico hacia una visión en común.

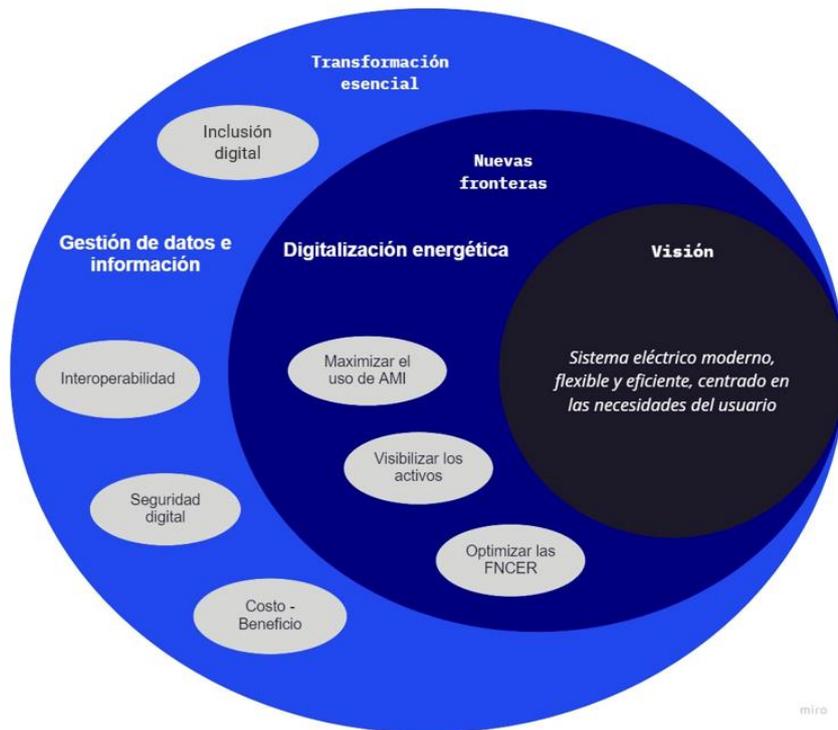


Figura 4. Marco para la estrategia de digitalización

VISIÓN DE LA DIGITALIZACIÓN DEL SERVICIO ELÉCTRICO

Avanzar en la transición hacia un sistema eléctrico moderno, flexible, eficiente e inclusivo que se centre en mejorar el servicio, entender y atender las necesidades del usuario final, que permita la creación de oportunidades innovadoras de negocio en beneficio del consumidor y que funcione como apoyo a la descarbonización de la demanda energética, mientras garantiza una operación segura y un suministro confiable.

ENFOQUES CLAVE

Los siguientes enfoques clave tienen la utilidad de definir dos formas principales de abordar la digitalización:

Transformación esencial:

Este enfoque consiste en digitalizar los procesos y está dirigido hacia la inclusión digital y el rediseño de la experiencia del usuario, productos y cadena de valor. Invita al actor a evaluar sus procesos actuales y definir la priorización de las oportunidades de transformación, con el fin de maximizar el uso de los datos y mejorar la experiencia del usuario.

Innovación tecnológica:

Este enfoque consiste en evaluar la integración de tecnologías y soluciones emergentes en el sector energético. Invita al actor a adaptarse y responder al crecimiento tecnológico y digital que realicen los clientes, así como a mantener una vigilancia tecnológica sobre las nuevas tendencias.

La innovación tecnológica tendrá una integración mucho más ágil a los esquemas operativos actuales si existe primero una transformación esencial de las operaciones y la forma en que se utilizan los datos, es por eso que los enfoques se esquematizan uno dentro de otro como se presenta en la Figura 5.

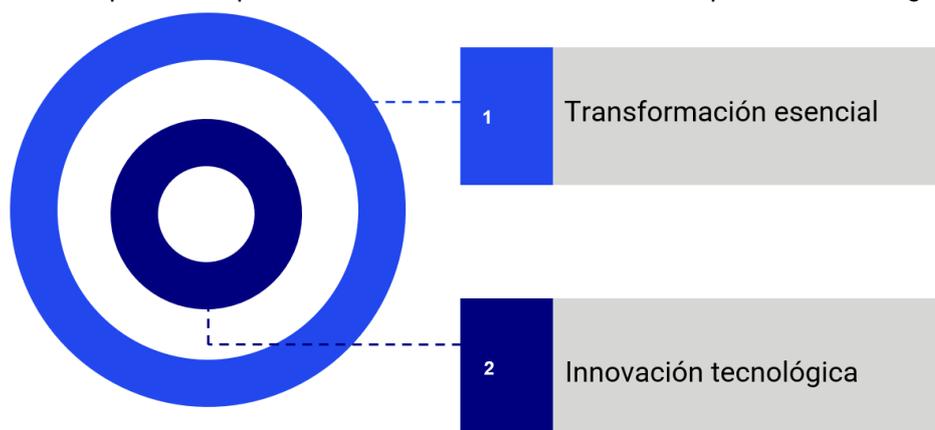


Figura 5. Enfoques del marco para la estrategia de digitalización

PRINCIPIOS

Los principios para avanzar hacia un sistema eléctrico moderno, flexible, eficiente e inclusivo se dividen en principios de gestión de datos e información y principios de digitalización energética. La clasificación tiene la intención de establecer criterios para priorizar las acciones a un nivel de manejo de datos y de iniciativas del sector eléctrico en particular.

a. Gestión de datos e información:

El presente marco invita a los actores a la adaptación y adopción de los 12 principios del modelo de gobierno de tecnologías de la información y de gobierno de datos definidos en la resolución 40199 de 2021 del Ministerio de Minas y Energía. De los 12 principios se priorizan los siguientes tres ya que su aplicación apoya directamente a la reducción de las brechas enlistadas en la sección 4 del presente documento.

- **Interoperabilidad:** Utilizar los estándares que fortalezcan la plena interoperabilidad entre los sistemas de información e infraestructura tecnológica y que faciliten el intercambio de información entre las entidades y los sectores.
- **Seguridad Digital:** Establecer la seguridad y privacidad de la información teniendo en cuenta los lineamientos definidos en la Política de Gobierno Digital del MinTIC.
- **Costo / Beneficio:** Garantizar que las inversiones en TI tengan un retorno definido por el beneficio de su aplicación.

b. Inclusión digital

De las experiencias de inclusión social en procesos de digitalización referenciadas en este documento, se presentan 3 elementos a considerar.

- Procesos participativos para la identificación necesidades y generación de confianza con los usuarios finales
- Estrategias de adopción de las tecnologías e inclusión de usuarios en condición de pobreza energética o población vulnerable. Diseño de incentivos para su participación.

- Campañas de comunicación (con énfasis en beneficios financieros) y capacitaciones a los diferentes actores involucrados.

c. Digitalización energética

Se tomó como referencia la experiencia del Reino Unido, para definir los tres principios de digitalización energética que tienen como objetivo avanzar los proyectos de digitalización del sector con una mirada en las necesidades del sistema eléctrico del futuro.

- Visibilidad de los recursos energéticos conectados a las redes de transmisión y distribución por medio del registro eficiente y el monitoreo adecuado
- Optimizar el uso de la energía generada a partir de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) por medio de la integración de flexibilidad de la demanda y soluciones de almacenamiento
- Maximizar el uso y el valor de los datos provenientes de la infraestructura de medición avanzada (AMI)

7. Recomendaciones

Se recomienda a los actores del sector eléctrico adoptar dentro de sus estrategias de digitalización los enfoques y principios del marco y diseñar el plan de acción en torno a la visión del sistema eléctrico moderno, flexible, eficiente e inclusivo.

A nivel sectorial se definen las siguientes líneas de trabajo relevantes para que los actores colaboren y puedan avanzar de forma conjunta en la digitalización del sector, estas son:

1. Integrar un enfoque de inclusión digital y transición justa en todas las acciones que se diseñen y/o implementen por parte de actores del sector, incentivando la adopción por parte de todos los usuarios y apoyando la participación de usuarios en condición de pobreza energética o población vulnerable.
2. Desarrollar un programa de aceleración del despliegue de AMI, que incluya iniciativas de socialización de los beneficios, opciones de financiamiento y monitoreo con visualización de datos del avance. El despliegue masivo de AMI permite desbloquear el valor del uso de un gran volumen de datos para una mejor planeación del sistema y la optimización del uso de la infraestructura.
3. Coordinación con los grupos de trabajo de datos y digitalización de energía (i.e. Colombia Inteligente), con el fin de definir los estándares para garantizar la interoperabilidad de tecnologías de la información (TI) y tecnologías de la operación (TO). Con esta línea de trabajo se busca fortalecer y agilizar la integración del Gestor Independiente de Datos de Información (GIDI).
4. Desarrollar la iniciativa de portabilidad del servicio eléctrico con el fin de mejorar la experiencia del usuario y agilizar los trámites para los comercializadores. Esta iniciativa va de la mano con el desarrollo del AMI, ya que requiere la agilidad de gestión de datos que proporciona esta infraestructura.
5. Divulgación periódica de los avances en digitalización de las organizaciones privadas y públicas del sector, así como la presentación de la estrategia y planes de acción al público en general.

6. Programas de comunicación y formación del usuario que transmitan la importancia de la digitalización dentro de la transformación del sector.

8. Referencias

- Chambers, J., Robinson, C., & Scott, M. (2022). Digitalisation without detriment: A research agenda for digital inclusion in the future energy system. *People, Place and Policy Online*,. doi:<https://doi.org/10.3351/ppp.2022.5254227477>
- Colombia Inteligente. (2022). *Digitalización del Servicio de Energía Eléctrica, Lineamientos Estratégicos*. Colombia Inteligente.
- Colombia. Ministerio de Minas y Energía. (2021). *Resolución 40199 DE 2021. Por la cual se adoptan los lineamientos del modelo de Gobierno de tecnologías de la información y del modelo de Gobierno de datos del sector minero-energético*. Bogotá. Obtenido de https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40199_2021.htm
- Critchlow, J., & Glickman, J. (2018). *Digital Strategy for Utilities*. Bain & Company, Inc. Obtenido de https://www.bain.com/contentassets/b5024d9ad04a4b0687c4432391b8bf35/bain_brief_digital_strategy_for_utilities.pdf
- IEA. (2017). *Digitalization & Energy*. International Energy Agency. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). *Actualización de la Contribución Determinada a nivel Nacional-NDC*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/actualizacion-de-la-contribucion-determinada-a-nivel-nacional-ndc/>
- Ministerio de Minas y Energía. (2020). *Misión de Transformación Energética*. Obtenido de <https://energiaevolucionaria.minenergia.gov.co/transformacion>
- Ministerio de Minas y Energía. (2022). *Monitoreo, Reporte Y Verificación (MRV) de Mitigación de Emisiones GEI del PIGCCme*. Obtenido de https://pigccme.minenergia.gov.co/public/uploads/web_documentos/62ed9ac6df026.pdf
- Norris, R. (12 de August de 2022). *Wind power reaches new milestone of 25 gigawatts, powering two-thirds of UK homes*. Obtenido de RenewableUK - News & Publications: Press Releases: <https://www.renewableuk.com/news/613936/Wind-power-reaches-new-milestone-of-25-gigawatts-powering-two-thirds-of-UK-homes-.htm>
- OECD. (2019). *Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives*. Paris: OECD. doi:<https://doi.org/10.1787/9789264312012-en>.
- Rossetto, N., & Reif, V. (2021). *Digitalization of the electricity infrastructure: a key enabler for the decarbonization and decentralization of the power sector*. Robert Schuman Centre for Advanced Studies. doi:<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3831154>
- Snyder, V., Macias, A. M., & Baltodano, F. (2020). *¿Cómo acelerar la digitalización en el sector eléctrico?* Obtenido de <https://blogs.iadb.org/energia/es/como-acelerar-la-digitalizacion-en-el-sector-electrico/>
- Yepez, A. (2022). *Cinco cosas que deberías de saber sobre la transición energética verde en América Latina y el Caribe*. BID. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/energia/es/cinco-cosas-que-deberias-de-saber-sobre-la-transicion-energetica-verde-en-america-latina-y-el-caribe/>

carbontrust.com

+44 (0) 20 7170 7000

Whilst reasonable steps have been taken to ensure that the information contained within this publication is correct, the authors, the Carbon Trust, its agents, contractors and sub-contractors give no warranty and make no representation as to its accuracy and accept no liability for any errors or omissions. Any trademarks, service marks or logos used in this publication, and copyright in it, are the property of the Carbon Trust. Nothing in this publication shall be construed as granting any licence or right to use or reproduce any of the trademarks, service marks, logos, copyright or any proprietary information in any way without the Carbon Trust's prior written permission. The Carbon Trust enforces infringements of its intellectual property rights to the full extent permitted by law.

The Carbon Trust is a company limited by guarantee and registered in England and Wales under Company number 4190230 with its Registered Office at: 4th Floor, Dorset House, 27-45 Stamford Street, London SE1 9NT.

© The Carbon Trust 2022. All rights reserved.

Published in the UK: 2022