



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Económicas Escuela de Estudios de Posgrado

MAESTRÍA EN GESTIÓN ESTRATÉGICA DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

Convergencia de las TIC en la transformación del
sistema eléctrico

AUTOR: ING. PABLO GAGLIARDI

DIRECTOR: DR. ALBERTO TERLATO

NOVIEMBRE, 2019



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



Agradecimiento

Agradezco a todos los docentes de la Maestría. En particular, a mi Director de Tesis, Dr. Alberto Terlato, por guiarme y defender este trabajo. Finalmente, fue un orgullo haber concluido mis estudios de Posgrado en la prestigiosa Universidad de Buenos Aires.



Resumen

El futuro del sistema eléctrico tiende a la digitalización. La conectividad del sistema dará la oportunidad a la integración de los recursos distribuidos y renovables en la periferia de la red. El sistema actual se transformará en un sistema digital de electricidad interactivo cuyas características serán la flexibilidad e integración, en un paradigma bidireccional. Es esperable que, en un modelo más interconectado y dependiente de la tecnología, se presenten una serie de obstáculos que cada país deberá saber conducir. Los beneficios de incorporar las tecnologías de vanguardia ofrecen el potencial de una transformación con más opciones para los clientes, una mayor eficiencia, un mayor nivel de descarbonización y una mejor economía para las partes interesadas en toda la cadena de valor. El sistema deberá hacer frente a una demanda creciente a nivel mundial, con una matriz de generación que consume el 80% de recursos no renovables.

Sin embargo, la transformación a la digitalización no es inevitable ni para las organizaciones ni para los países. La historia muestra que los periodos de disrupción tecnológica a nivel mundial fueron fases de grandes bifurcaciones en los ingresos, la productividad y el bienestar. El desafío estará en la forma exitosa que el sector público y privado puedan alcanzar en conjunto, con organismos reguladores bien establecidos y corporaciones organizadas capaces de actuar en estos cambios. De no lograrlo, se puede comprometer el logro de los objetivos de desarrollo sustentable.

El presente trabajo final de maestría es de tipo profesional y tiene como propósito indagar, organizar, relacionar y analizar, la forma en que la inmersión de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) convergen en la transformación del sistema eléctrico y de las organizaciones del sector, en especial de generación y distribución y en particular en Argentina.

Se pretende mostrar como las TIC habilitarán la capacidad de administración, automatización, optimización y control; para orquestar a un ecosistema complejo, de intensidad digital creciente. Desde la redefinición de las estrategias organizacionales, a los mecanismos de gobierno de TI; o bien, desde la capacidad de gestión de la información, a la simplicidad de interacción brindada a los usuarios; las TIC contribuirán al desarrollo de un sistema eléctrico de producción y distribución, descentralizado y bidireccional.



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



Este estudio tiene un enfoque de tipo cualitativo, el cual toma a las TIC como el hilo conductor o elemento de convergencia en la transformación del sistema eléctrico y organizaciones del sector.

Palabras clave:

Energía renovable; Transformación digital; Sistema eléctrico digital



Índice

| | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| Agradecimiento | 2 |
| Resumen | 3 |
| Introducción..... | 8 |
| Planteamiento del problema | 11 |
| Objetivos..... | 12 |
| Hipótesis | 12 |
| Metodología..... | 13 |
| CAPITULO 1 – SISTEMA ENERGETICO | 15 |
| Contexto..... | 15 |
| Energía | 15 |
| Objetivos de desarrollo sustentable (ODS)..... | 21 |
| Resumen Capítulo 1 | 22 |
| CAPITULO 2 – SISTEMA ELECTRICO | 23 |
| Pilares de un sistema energético | 23 |
| El sector eléctrico..... | 24 |
| Modelo de generación y distribución..... | 26 |
| Nuevos actores y revisión de la infraestructura | 29 |
| Inversiones en capacidad de generación | 32 |
| Resumen Capítulo 2..... | 34 |
| CAPITULO 3 – ENERGIAS RENOVABLES | 36 |
| Características de las energías renovables | 36 |
| Energía solar fotovoltaica | 41 |
| Energía eólica | 45 |
| Energías renovables en la Argentina..... | 49 |
| Resumen Capítulo 3..... | 54 |
| CAPITULO 4 – EL FUTURO DE LA ELECTRICIDAD..... | 55 |
| Primera tendencia del sistema eléctrico: Electrificación..... | 58 |
| Segunda tendencia del sistema eléctrico: Descentralización..... | 62 |
| a) La generación distribuida de fuentes renovables..... | 63 |
| b) El almacenamiento distribuido | 65 |



| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| c) La eficiencia energética | 67 |
| d) La respuesta a la demanda | 68 |
| Resumen Capítulo 4 | 70 |
| CAPITULO 5 – DIGITALIZACION DE LA ELECTRICIDAD | 72 |
| Cuarta revolución industrial..... | 72 |
| Penetración de la digitalización | 76 |
| La nueva era digital de la energía eléctrica..... | 83 |
| La “Conectividad” es el factor clave | 83 |
| Tercera tendencia del sistema eléctrico: Digitalización | 87 |
| a) Implementación de la carga inteligente para vehículos eléctricos..... | 89 |
| b) Recursos eléctricos distribuidos a pequeña escala | 92 |
| c) Respuesta inteligente a la demanda | 95 |
| d) Integración de fuentes de energía renovables variables | 98 |
| Resultante del sistema eléctrico | 99 |
| Resumen Capítulo 5 | 100 |
| CAPITULO 6 – CONVERGENCIA DE LAS TIC EN LA TRANSFORMACION..... | 102 |
| Dimensiones de un nuevo sistema eléctrico | 104 |
| Estrategia digital organizacional | 108 |
| Gobierno de TI para una organización 4.0 | 115 |
| (a) Distribución de autoridad y responsabilidades..... | 116 |
| (b) Estrategias de integración para el gobierno de TI | 119 |
| Alineación estratégica..... | 124 |
| Resumen Capitulo 6..... | 128 |
| CAPITULO 7 – POSIBILIDAD DE TRANSFORMACION | 131 |
| La generación distribuida y el paradigma bidireccional | 131 |
| Obstáculos en la implementación de iniciativas digitales | 134 |
| Posicionamiento de Argentina en la transición hacia la digitalización | 136 |
| Resumen Capitulo 7 | 145 |
| CAPITULO 8 – LABOR DE CAMPO | 147 |
| 1. Relevamiento del panorama general de la energía | 147 |
| 2. Relevamiento de la transformación del sistema eléctrico | 148 |
| 3. Relevamiento en el realineamiento de las organizaciones | 149 |



| | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| Resumen Capítulo 8..... | 149 |
| CAPITULO 9 –DISCUSION..... | 151 |
| Discusión sobre la Parte I – Panorama general de la energía | 151 |
| Discusión sobre la Parte II – Transformación del sistema eléctrico | 154 |
| Discusión sobre la Parte III – Transformación en las organizaciones | 157 |
| Parte IV – Capacidad de transformación local | 161 |
| Conclusiones/reflexiones finales | 163 |
| Referencias bibliográficas | 166 |
| ANEXO 1 | 169 |
| ANEXO 2 | 171 |



Introducción

El modelo de negocio tradicional de electricidad, centralizado, unidireccional (desde la generación a los consumidores) de alta intensidad de activo, está destinado a cambiar en forma radical por la incorporación creciente de energías renovables y recursos distribuidos. La conectividad será clave para la integración de los recursos y la flexibilidad necesaria para optimizar la oferta a la demanda con nuevas alternativas de recursos disponibles desde la periferia de la red. El nuevo modelo alterará la forma de gestión actual haciendo uso del potencial de las tecnologías digitales.

Este estudio presenta un panorama general de la energía, del sector eléctrico y de las nuevas fuentes de energía renovable. Se exploran, analizan y relacionan los factores que están impulsando una transformación del sistema, para hacer frente al incremento de la demanda, derivado de una electrificación creciente y evitar así que se traslade a las fuentes contaminantes e incremente el grado de pobreza energética.

Para complementar los hallazgos de la teoría se desarrolló una labor de campo de tipo cualitativo, con el objetivo de identificar la situación local y contrastarla con las hipótesis.

Como resultado, se espera poder presentar las evidencias que permitan entender como las TIC están convergiendo en la transformación del sector eléctrico y en la alineación tecnológica estratégica de las organizaciones, en hacer posible el desarrollo de un nuevo sistema eléctrico de producción y distribución descentralizado, bidireccional y más accesible.

Relevancia

Este trabajo pretende integrar la gestión estratégica de los sistemas y tecnologías de la información, con la transformación del sistema eléctrico. La transformación digital y la inmersión de las TIC en el sistema eléctrico es de alta relevancia y actualidad en las organizaciones del sector.



Alcance

El marco teórico ha comprendido el recorrido de las diferentes temáticas que encierra el objetivo en estudio. Este ha abordado el tema de las energías, y entre ellas particularmente la eléctrica, en Argentina y el mundo, en sus fuentes clásicas y renovables. Ha recorrido asimismo la digitalización y el gobierno de TI, sus efectos sobre el sistema eléctrico y las nuevas tendencias a donde el sistema converge; sin pretender realizar un análisis de la línea de tiempo de estos conceptos. La inclusión dentro de la obra del concepto de innovación ha tenido como propósito presentar la transformación que enfrenta el sector eléctrico, como un nuevo paradigma y los desafíos que abren las nuevas tecnologías, sin pretender hacer un desarrollo de tan interesante concepto. La labor de campo utilizada para contrastar las hipótesis y los principales hallazgos surgidos del marco teórico ha sido de tipo cualitativa, descriptiva y exploratoria.

Justificación

El crecimiento económico mundial, la concentración urbana, la tendencia creciente a la electrificación, ha llevado a un crecimiento de la demanda mundial de energía que podría situarse entre el 25% y el 50% en el año 2040. En la actualidad el 80% del consumo mundial es de combustible fósil (en Argentina es de 86,5%) con emisiones de CO₂ y el consecuente aumento gradual de la temperatura media mundial. Si el crecimiento de la demanda de energía se trasladara proporcionalmente a las fuentes tradicionales fósiles, se comprometería no solo al medio ambiente, sino también el abastecimiento aumentando el grado de pobreza energética. Actualmente hay en el mundo un billón de personas sin acceso a la electricidad y tres billones sin acceso a cocina limpia.

Las políticas implementadas por los gobiernos serán determinantes en la dirección que adopte el mundo y en particular en el rumbo eléctrico. Con nuevas políticas de mejoras energéticas, será posible una desaceleración del crecimiento de petróleo y carbón, y un fuerte aumento de fuentes no contaminantes.



Los avances tecnológicos y la disminución de los costos de las nuevas tecnologías impulsarán a los países a desarrollar sistemas energéticos modernos y seguros en un futuro energético con más energía renovable. Esto será posible en la medida que el sistema actual este más conectado, sea más flexible e integrado. El incremento de la demanda eléctrica requerirá un replanteo de las políticas de infraestructura hacia un sistema eléctrico que integre de forma flexible los “recursos distribuidos” (incorporación de renovables distribuidos, almacenamiento, eficiencia energética y respuesta a la demanda) de forma tal de minimizar o suprimir las necesidades adicionales de inversiones de generación, por ejemplo, centrales de punta. Es decir, reemplazar infraestructura de generación tradicional por información, en la gestión de un nuevo sistema interactivo, con nuevos modelos de negocio, nuevos actores y más descentralizado.

Estructura

El trabajo se compone de cuatro partes que se desarrollan en nueve capítulos.

Parte I: expone un panorama general de la energía. Los capítulos 1, 2 y 3 presentan el contexto de la energía y del sistema eléctrico actual.

Parte II: presenta la transformación del sistema eléctrico. Los capítulos 4 y 5 explican el “por qué” está sucediendo una transformación radical y “hacia dónde” se dirige.

Parte III: se enfoca en las organizaciones. En el capítulo 6 se analiza “como” se están alineando estratégicamente las organizaciones en un contexto digitalizado.

Parte IV: indaga la capacidad de transformación de nuestro país y confronta opiniones de grupos referentes del sector. El capítulo 7, muestra “dónde está la Argentina”, basado en el posicionamiento de las industrias para integrar las nuevas tecnologías. En el capítulo 8, se realiza una labor de campo que expone las opiniones de referentes de la política y del negocio sobre los temas anteriores. En el capítulo 9, se contrastan las opiniones de la labor de campo, con las hipótesis y hallazgos de la teoría.



Planteamiento del problema

La demanda creciente de electricidad a nivel mundial puede comprometer las fuentes de generación tradicional basadas en combustible fósil, con un impacto desfavorable en el medio ambiente y un aumento del grado de pobreza energética. El modelo tradicional de electricidad se empieza a reorientar hacia una red más conectada, flexible e integrada. Esto constituirá un salto de paradigma similar a lo ocurrido con la Web 2.0, hacia un modelo interactivo de energía bidireccional. Sin embargo, esta transformación dependerá de la posibilidad de una gestión apropiada de los recursos de generación; de los sistemas de transmisión y distribución y; de las instalaciones de nuevas tecnologías distribuidas en los clientes. Las nuevas tecnologías de vanguardia ofrecen el potencial de una transformación con más opciones para los usuarios, una mayor eficiencia, un mayor nivel de descarbonización y un cambio en las reglas para los grupos de referencia (*stakeholders*) en toda la cadena de valor. Esta potencialidad enfrenta también el riesgo de destrucción de valor si no se logran captar estos beneficios, lo que podría resultar en activos de la red subutilizados, más infraestructura para plantas de punta; o eventualmente en la deserción del cliente de la red. Según WEF (2017) este riesgo representa una razón más para identificar y tomar acciones más efectivas para acelerar la transición y hacer que sea rentable. Este organismo asimismo sostiene que la situación actual (*statu quo*) no es una opción. Las cuestiones clave, por lo tanto, son cómo los sectores públicos y privados podrán darle forma de manera exitosa, garantizando los pilares energéticos de accesibilidad, confiabilidad y sustentabilidad.

Las preguntas que motivan este estudio estarán centradas alrededor de la convergencia de las TIC en el desarrollo de un nuevo sistema eléctrico en un futuro mediano. Para esto será necesario responder a las siguientes preguntas,

¿Como es la situación energética actual en Argentina y en el mundo, como es el sistema de electricidad tradicional, cuáles son los riesgos y como se integran las nuevas fuentes de energía renovables?

¿Por qué razón y hacia dónde se transformará el sistema eléctrico en un futuro mediano?



¿Cómo se están realineando las organizaciones del sector, como reformulan sus estrategias y el gobierno de TI?

Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es indagar sobre los cambios que se producirán en Argentina a partir de las nuevas tendencias, a nivel tecnológico y social, en el sistema eléctrico actual, centralizado y unidireccional. Se busca identificar, relacionar y analizar los elementos claves que permitan entender cómo las TIC habrán de converger en el nuevo sistema eléctrico y en el realineamiento consecuente de las organizaciones,

Para alcanzar este objetivo es necesario desarrollar tres objetivos secundarios, a saber:

En primer lugar, analizar el panorama general de la energía, del sistema eléctrico y de las energías renovables en Argentina y en el mundo, para entender las tendencias, los riesgos y la modificación del mix de recursos energéticos.

Como segundo objetivo, analizar los factores impulsores de la transformación del sistema actual de producción y distribución, centralizado y unidireccional de electricidad hacia un sistema descentralizado, interactivo y bidireccional.

Por último, demostrar como el posicionamiento de las TIC están transformando a las organizaciones de distribución y generación, en aspectos que van desde la formulación de sus estrategias y el gobierno de TI.

Hipótesis

Este trabajo final de maestría intenta demostrar que existen elementos suficientes para suponer que en los próximos 20 años:

H1. La matriz de energía de Argentina se modificará por un incremento del uso de energía renovable respecto a las energías fósiles.



H2. Las TIC motorizarán la modificación del sistema de generación y distribución eléctrica actual de Argentina, centralizada y unidireccional, desde los productores a los consumidores; a otro de prosumidores, descentralizado y bidireccional desde la periferia de la red.

H3. Las TIC contribuirán a realinear las organizaciones de distribución y generación de Argentina desde la formulación de sus estrategias.

Metodología

Este estudio ha tenido un enfoque de tipo cualitativo, descriptivo y exploratorio. Ha tomado como referencia para la organización del presente trabajo, los lineamientos presentados por Colmenares (2008).

En la Parte I de este estudio, se presenta la problemática del sistema actual. Se analizaron fuentes internacionales y nacionales. La International Energy Agency (IEA), la Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21). Se exponen estadísticas sobre la producción de energía y las fuentes utilizadas. Para referencias sobre el país se tomaron los informes nacionales de Camesa y del Ministerio de Hacienda, que permiten extraer información estadística de la situación de Argentina y la proyección de acuerdo a las nuevas leyes y los programas de inversiones de fuentes no contaminantes. Estos hallazgos fueron utilizados para justificar la Hipótesis 1.

La Parte II se ha basado en los informes de la International Energy Agency (IEA), la World Economic Forum (WEF), la Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), los cuales analizan la transformación del sector eléctrico y las tendencias visibles en los países desarrollados. Estos análisis se tomaron para entender el nuevo horizonte al cual aspira un nuevo sistema eléctrico digitalizado, más inteligente, interactivo, sustentable y con más participación de energías renovables en relación a la Hipótesis 2.

La Parte III se enfoca en las organizaciones, y pretende integrar los conceptos de la materia “Gestión estratégica de las TIC”. De allí se extraen las fuentes principales que describen la “estrategia digital de negocio” con los estudios de Ryan Peterson y Van Gremergen, para el gobierno de TI. Estos últimos muestran las lecciones aprendidas del modelo federal de gobierno y la dificultad de alineación entre las estrategias y la toma de



decisiones. Permite, también, comprender la diferenciación de roles y responsabilidades y los mecanismos de integración formales e informales, de estructura y procesos. Se analizarán los estudios del MIS Quarterly y de la Universidad de Quebec, sobre el desempeño organizacional y la innovación a partir del gobierno de las TIC. También se utilizarán fuentes secundarias de consultoras como; Bloomberg, Altimeter Group; Gartner Group, Accenture, entre otras. Estos hallazgos serán relevantes en la Hipótesis 3.

Para la Parte IV, se expone la situación local de “donde se está” con el relevamiento de un informe realizado por el BID durante 2018. Asimismo, se desarrolla una labor de campo, de tipo cualitativo, exploratorio y descriptivo, formulada a un colectivo de nueve directivos del sector, de organismos nacionales y multinacionales, a partir de una encuesta dotada de preguntas de tipo proyectivo y abiertas, donde los entrevistados presentan sus opiniones sobre el sector.

Por último, se confrontan las hipótesis con los principales hallazgos surgidos del marco teórico y con los obtenidos de la labor de campo.

Por último, se confrontan las hipótesis con los principales hallazgos del marco teórico y los resultados emergentes de la labor de campo.



CAPITULO 1 – SISTEMA ENERGETICO

Contexto

Para el año 2040 se estima que la población mundial crecerá 1700 millones llegando a 9 billones de habitantes. De ello se prevé un consumo adicional de energía en el mundo de 25% al 50% (IEA WEO, 2018).

Según el Banco Mundial, la tasa de crecimiento promedio de la economía mundial se estima en 2,8% anual para los próximos años, aunque para las economías emergentes y en desarrollo el crecimiento promedio es de 4,5%.¹ Argentina integrará el reducido grupo de países con recesión o crecimiento negativo superior al 3% según estimaciones del FMI.²

El crecimiento económico mundial llevó a un aumento estimado de 2.1% en la demanda de energía en 2017, más del doble del incremento promedio en los últimos cinco años. Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas con la energía por su parte aumentaron en un 1.4% estimado en 2017 por primera vez en cuatro años. Por otro lado, en la actualidad hay un billón de personas sin electricidad y tres billones sin acceso a cocina limpia, utilizando madera o carbón (REN21, 2018).

No hay un solo camino de la forma en que el mundo usará la energía en las próximas décadas. Según sean las políticas futuras, dependerá de cuan acelerado sea la transición hacia energías limpias y de infraestructura para alcanzar los objetivos críticos impuestos por el cambio climático y al acceso universal a la energía y al aire limpio. Las acciones de gobierno serán determinantes en la dirección que seguirá el mundo (IEA WEO, 2018).

Energía

La disponibilidad de energía es un elemento central del desarrollo de las comunidades y naciones. El impacto climático y en el ecosistema es directo. Cualquier estrategia ambiental debería considerar esta relación entre energía y desarrollo (INAP, 2018).

¹ <http://www.bancomundial.org/es/publication/global-economic-prospects>

² <https://www.infobae.com/economia/2018/12/29/segun-el-fmi-la-economia-argentina-sera-una-de-las-que-mas-caera-en-2019/>



La energía hace posible las inversiones productivas, la innovación y las nuevas industrias que son los motores de actividad económica. El acceso universal a un nivel accesible, confiable y sostenible de energía constituye uno de los ejes de los esfuerzos para hacer frente al cambio climático. Aquellos países que tienen capacidad de autoabastecerse y venderla tendrán un activo estratégico, mientras que aquellos que no la poseen, serán dependientes de los primeros (Banco Mundial, 2018).

La demanda de energía históricamente sigue al crecimiento poblacional; al desarrollo económico de los países; a las nuevas tendencias, por ejemplo, autos eléctricos, la conexión permanente de billones de dispositivos a la red y; la forma inteligente de balancear la oferta. El ingreso de 1700 millones de personas; el crecimiento económico; la electrificación creciente de usos finales; podrían elevar la demanda energética mundial a más de un cuarto para el 2040, según la eficiencia que se logre, lo que constituye una herramienta de las políticas energéticas. (IEA WEO, 2018).

Las necesidades de inversión en los países desarrollados son enormes dado el cambio de mix de generación y de modernización. El crecimiento de consumo invierte su eje hacia las economías en vías de desarrollo. Se espera un fuerte impulso en los países emergentes de Asia liderado por India. Se estima que en proporción se invierta la relación de consumo mundial de energía de Asia respecto a Norteamérica y Europa, de 20% / 40% vigente al año 2000 a un 40% / 20% de participación en el 2040. Se prevé un crecimiento asiático de la energía eólica y fotovoltaica de 60%; en gas de 50%; en carbón y nuclear de 100% y en petróleo 80% (IEA WEO, 2018).

Para el año 2025 se proyecta que EEUU aumente su participación en la producción mundial de gas y petróleo con la oferta de *shale oil*. Sumado al crecimiento de Asia, esto generará presión en países exportadores de estos combustibles cuyas economías de ingreso se apoyan en ellos (IEA WEO, 2018).

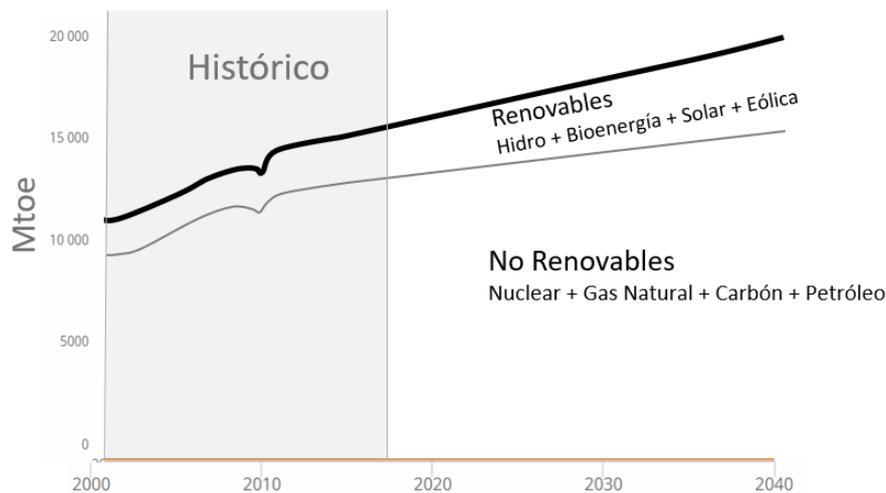
Este impulso energético impactará en los combustibles, la tecnología y las inversiones. El uso de petróleo para automóviles alcanzará su punto máximo en 2020. La industria pesada, transporte pesado, aviación, continuará en aumento con preferencia de este combustible que se balancea frente a las eficiencias en la flota de autos, la electrificación continua de transporte y la calefacción. El crecimiento mundial de demanda de petróleo



expone riesgos de suministro. El nivel medio de proyectos aprobados representa la mitad de lo requerido para 2025 y es poco probable que el *share oil* de EEUU pueda cubrir este déficit. Subsisten riesgos para el suministro de petróleo y gas como muestra el caso de Venezuela (IEA WEO, 2018).

En una proyección de la demanda mundial, con un escenario con nuevas políticas³ que incorporan las intenciones políticas de mejoras energéticas, se observa una desaceleración del crecimiento de petróleo y carbón, con aumento de gas (parte inferior de la línea gris de la Figura 1.1) y un incremento del resto de las fuentes renovables (IEA Data, 2018).

Figura 1.1 – Proyección de la demanda mundial de energía primaria en el escenario de Nuevas Políticas con mejoras energéticas.



Fuente: Basado en el gráfico interactivo IEA (IEA/World Energy Outlook 2018) - <https://www.iea.org/weo/weo2018/secure/#>.

Las políticas energéticas de descarbonización o cero-carbón (*coal-free*) se están implementando en algunos países en forma desigual. Después de tres años de estabilidad las emisiones volvieron a incrementarse en 2017 y 2018, fuera de los objetivos climáticos. De todas formas, el carbón pierde terreno frente al gas natural que pasa a ser el segundo combustible en el mix de 2030. El mundo está demandando un nuevo sistema energético con

³ Nuevas Políticas es un escenario que incorpora las políticas energéticas existentes, más una evaluación de los resultados que se deriven de la implementación de las intenciones de las mejoras energéticas anunciadas.

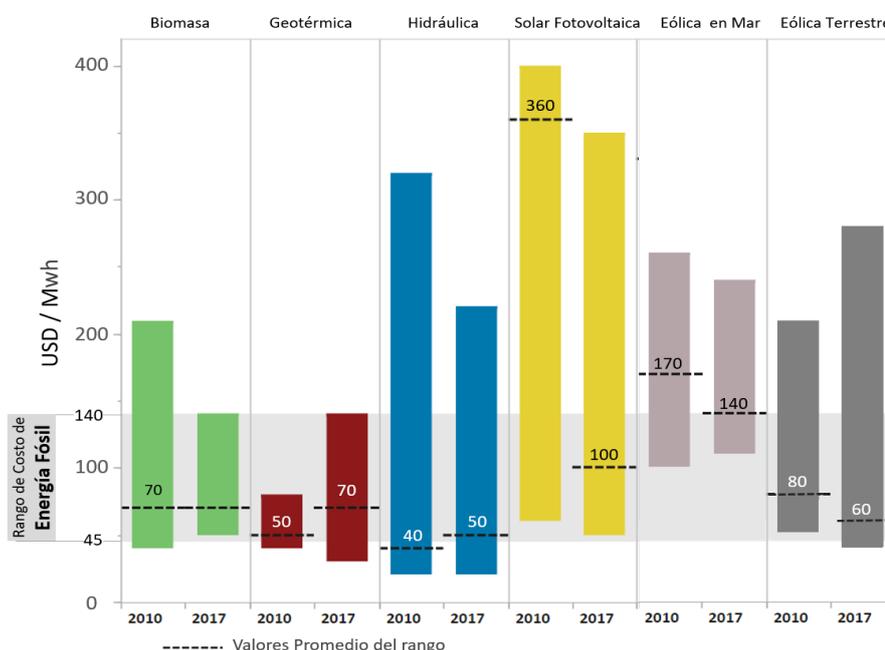


problemas que enfrentan los pilares energéticos de accesibilidad, confiabilidad y sustentabilidad (IEA WEO, 2018).

El panorama de la energía mundial se encuentra ante una transformación fundamental, y la energía renovable desempeña un papel cada vez más importante en el proceso de ayudar a los países a desarrollar sistemas energéticos modernos y seguros. Los costos cada vez más bajos de la energía limpia están contribuyendo a esta transición y, las tecnologías disruptivas, como las redes inteligentes, los medidores inteligentes y los sistemas de datos geoespaciales transformarán la planificación energética (Banco Mundial, 2018).

En la Figura 1.2 se muestra las tendencias en los “costos nivelados de la electricidad” de energía renovable global (LCOE⁴ Levelized Cost of Energy) en el período comprendido entre 2010 y 2017.

Figura 1.2 – Rango de LCOE por tecnología de energía renovable 2010-2017.



Fuente: IRENA (International Renewable Energy Agency) LCOE 2010-2017.
<https://www.irena.org/ourwork/Knowledge-Data-Statistics/Data-Statistics/Costs/LCOE-2010-2017>.

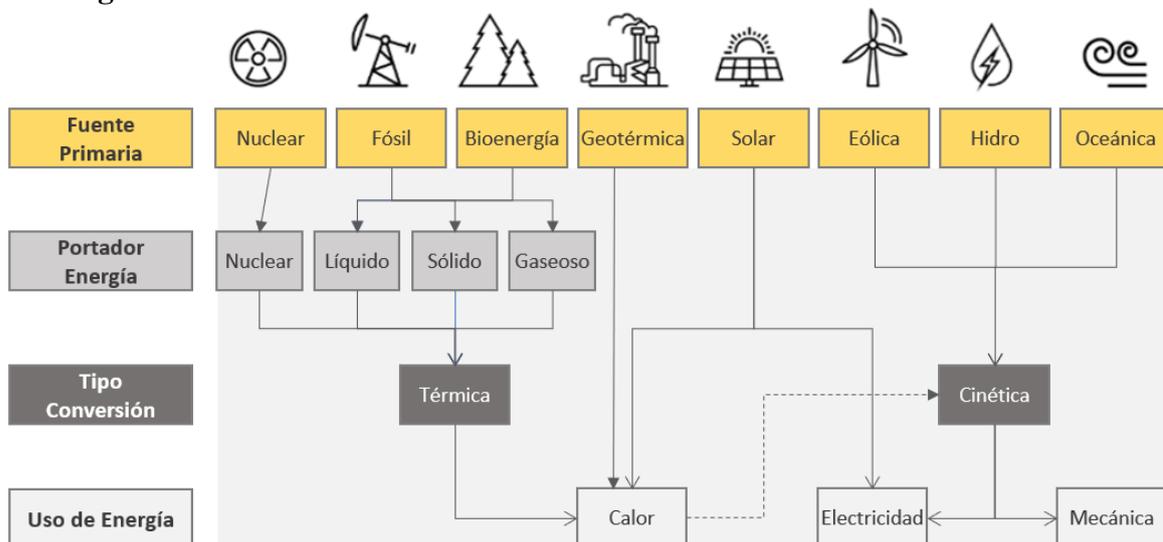
⁴ LCOE (USD/MWh) = Costo Total vida útil / Generación de energía. LCOE cubre todo el costo de los elementos de un nuevo proyecto de generación, incluyendo gastos de desarrollo y construcción, operaciones, mantenimiento, combustible y costos de financiamiento.

Fuentes de energía

Según la EIA (Energy Information Administration of EE.UU.) se conocen como fuentes de energía primarias, aquellas formas de energía disponible antes de ser convertidas en consumo. Estas fuentes pueden ser, no renovables, ya que su uso significa el consumo de un recurso limitado; o renovable que significa lo contrario, un recurso inagotable. La forma de conversión antes de su uso puede ser en base a energía cinética o energía térmica. Estas formas de energía pueden a su vez ser usadas para generar electricidad, calor o fuerza mecánica.

En la Figura 1.3 se esquematiza la conversión de energía. Allí se muestra, por ejemplo, que el carbón (fuente fósil, portador de energía sólido) se puede convertir en energía térmica, y el calor en energía cinética que mueve las turbinas que producen electricidad. En este ejemplo, el carbón es energía primaria, el gas cinético es energía secundaria y la electricidad es energía terciaria (EIA, 2017).

Figura 1.3 - Fuentes primarias de energía y el proceso de conversión hacia el uso final de energía.



Fuente: Basado en el reporte de IPCC-SRREN, (Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Figura TS 1.6, página 38) y REN 21 (Renewables Global Futures Report 2017).
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SRREN_Full_Report-1.pdf
http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/10/GFR-Full-Report-2017_webversion_3.pdf



Consumo total de energía final

Según el reporte anual de REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) el consumo total de energía final, independiente de su uso (TFEC: *Total Final Energy Consume*) del año 2016 a nivel mundial corresponden a:

- 79,5% de combustible fósil.
- 2,2% nuclear.
- 7,8% biomasa tradicional
- 10,4% de energías renovables: hidráulica, eólica fotovoltaica, geotérmica, hidro pequeña escala.

En EEUU, según la EIA (Energy Information Administration), agrupando por los mismos conceptos muestra que el consumo total de energía final fue (EIA, 2017):

- 80% de combustible fósil.
- 8,6% nuclear.
- 5% biomasa.
- 6,4% de energías renovables: hidráulica, eólica fotovoltaica, geotérmica, hidro pequeña escala + redondeo.

En Argentina, según el balance energético nacional del año 2017, presentado por el Ministerio de Energía,⁵ el consumo total de energía final fue:

- 86,5 % de combustible fósil.
- 2,2 % nuclear.
- 6,3 % biomasa.
- 5 % de energías renovables: hidráulica, eólica fotovoltaica, geotérmica, hidro pequeña escala + redondeo.

⁵ <https://www.argentina.gob.ar/energia/hidrocarburos/balances-energeticos-0>
Actualmente Secretaria de Gobierno de Energía, dependiente del Ministerio de Hacienda.



Objetivos de desarrollo sustentable (ODS)

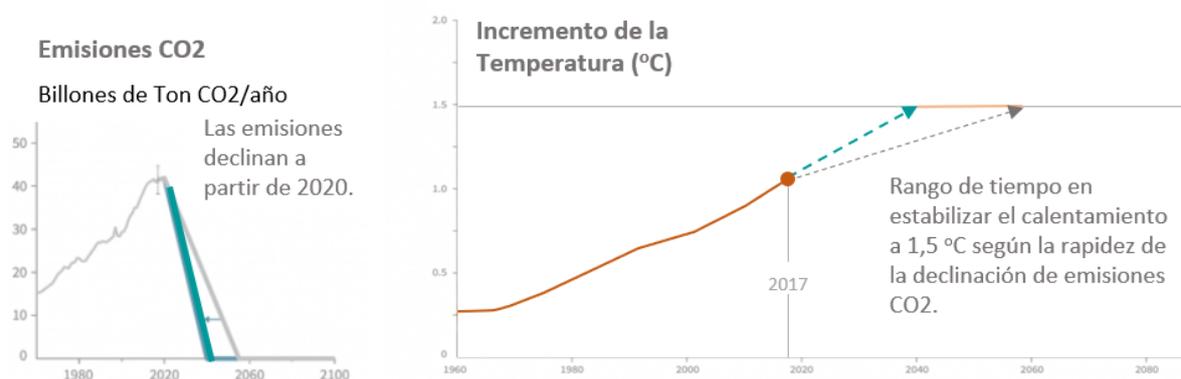
En el año 2015 las Naciones Unidas aprobaron la agenda sobre el desarrollo sustentable, organizado en 17 Objetivos de desarrollo sustentable (ODS) que muestran una hoja de ruta acordada entre los países pertenecientes, para mejorar la vida de todos, incluyendo a la población más vulnerable.

Para el 2030, según el compromiso acordado, se debería asegurar el acceso universal a los servicios energéticos, aumentar la tasa de energías renovables, duplicar la tasa de mejora de la eficiencia energética, la cooperación internacional, la infraestructura y mejora tecnológica (INAP, 2018).

El cambio climático es un problema global para la sustentabilidad. La superficie del planeta podría aumentar tres grados en este siglo si no se toman medidas. Las emisiones en un punto del planeta afectan a otros lugares lejanos. Este problema requiere coordinación de la comunidad internacional, para que los países en desarrollo avancen hacia una economía baja en carbono. En este sentido, los países adoptaron en diciembre del año 2015 el “Acuerdo de París” sobre el cambio climático (Objetivo 13 de ODS Acción por el Clima) (INAP, 2018).

Si se fuerza la disminución de CO₂ en el futuro, hay probabilidades de limitar el calentamiento global a 1,5 °C, según la rapidez que las emisiones declinen a partir de 2020 (Figura 1.4).

Figura 1.4 – Emisiones de CO₂ y dos escenarios al 2055.



Fuente: Basado en el informe de *The Intergovernmental Panel on Climate Change* (Figura SPM.1).
<https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/summary-for-policy-makers/>



Resumen Capítulo 1

El crecimiento económico mundial, el urbanismo, la tendencia a la electrificación traen aparejado un crecimiento de la demanda de energía. El consumo adicional de ésta, en el mundo podría ser del 25% al 50% para el 2040. En la actualidad el 80% del consumo mundial es de combustible no renovable (en Argentina esto es aún mayor, 86,5%) con emisiones de CO₂, que produce un aumento gradual de la temperatura media mundial.

La demanda de energía se está desplazando hacia los países en vías de desarrollo y las necesidades de inversión en los países desarrollados son enormes dado el cambio de *mix* de generación y de modernización necesarias. Si el crecimiento de la demanda de energía se trasladara proporcionalmente a las fuentes tradicionales fósiles, comprometería no solo al medio ambiente, sino que podría comprometer el abastecimiento, aumentar las tensiones internacionales y el grado de pobreza energética.

Las políticas implementadas por los gobiernos serán determinantes en la dirección energética que adopte el mundo. Con nuevas políticas, será posible una desaceleración del consumo de petróleo y carbón, y un fuerte aumento de fuentes no contaminantes, más alineado a los objetivos ODS.

Las tecnologías disruptivas, los costos más competitivos de renovables, están contribuyendo a desarrollar sistemas energéticos modernos y seguros en un futuro energético con más energía renovable.



CAPITULO 2 – SISTEMA ELECTRICO

Pilares de un sistema energético

Los pilares de un sistema eléctrico deben estar alineados a tres principios (ODS):

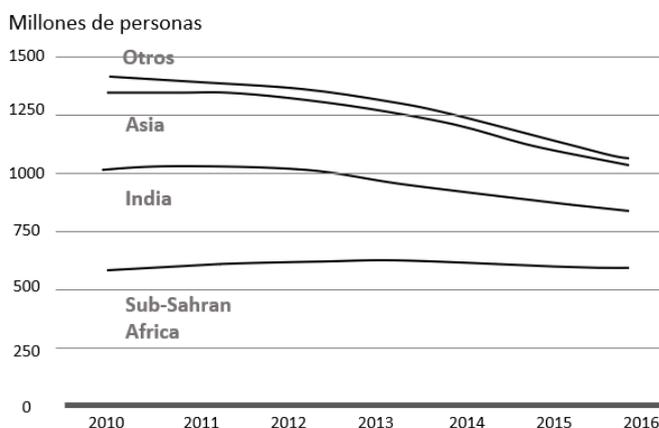
- Accesible
- Confiable
- Sustentable

El mundo está mostrando una demanda creciente de energía y la tecnología está vinculada a cada uno de estos pilares. La innovación energética (la amplia implementación de las tecnologías y el avance de tecnologías en fase de desarrollo) deberá contribuir a respaldar múltiples objetivos políticos garantizando al mismo tiempo la seguridad, fiabilidad y accesibilidad de la energía (IEA ETP, 2017).

Las nuevas tecnologías de generación bajan los costos y hacen a la energía más accesible, mientras que el barril de petróleo se mantiene encima de 80 USD en 2018.

La Figura 2.1 muestra la población mundial sin acceso a la electricidad en el período 2010 a 2016. En términos mundiales hubo un incremento de la población de 7,4% y una disminución de personas sin acceso a la electricidad de 24%. En el año 2017 hubo aproximadamente un billón de personas sin acceso a la electricidad (REN21, 2018).

Figura 2.1 – Población mundial sin accesos a la electricidad por región en el período 2010 a 2016.



Fuente: Basado en el reporte REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo 4, Figura 39) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_04/chapter_04/



La confiabilidad presenta los riesgos tecnológicos de ciberseguridad en un sistema con mayor automatización y huellas digitales personales (Capítulo 7; Ciberseguridad de la red y de los usuarios). La sustentabilidad pone énfasis en el efecto ambiental y en la salud. La incorporación creciente de energías renovables en el sistema eléctrico influirá en los efectos actuales de la generación.

El sector eléctrico

La electricidad representa aproximadamente un 20% total del consumo energético mundial y se espera que sea mayor. Un impulso del transporte eléctrico terrestre, de la calefacción eléctrica y el aumento de acceso a la electricidad, podría conducir un aumento de la demanda de electricidad de 60% a 90% en el 2040, según sean las políticas implementadas (IEA WEO, 2018).

En 2016 la producción de electricidad mundial según el reporte Key Word Energy Statistic pág.14; fue de 24.973 TWh (IEA, 2018).⁶

La participación de países en esta producción fue según el mismo informe (IEA, 2018) (Cammesa, 2017):

- China: 6.187 TWh
- EEUU: 4.300 TWh
- India: 1.478 TWh
- Francia: 551 TWh
- Argentina:⁷ 136 TWh

La proporción estimada del tipo de energía usada para la producción mundial de electricidad en el año 2017 (Figura 2.2) según REN21:

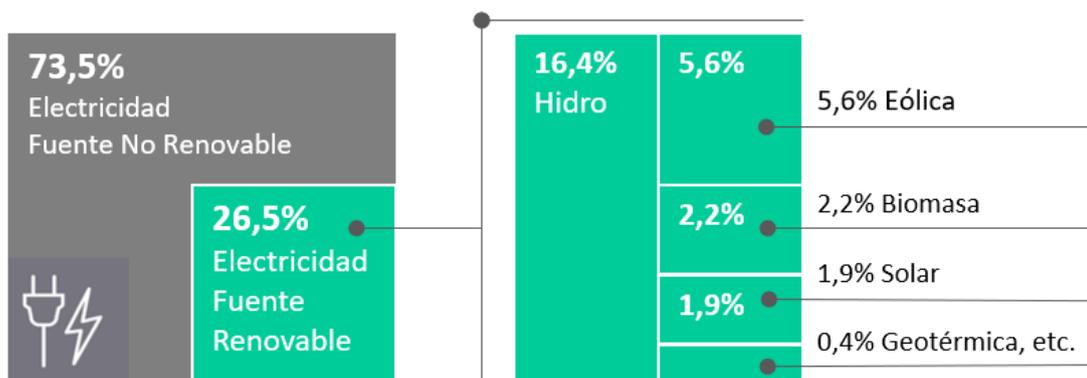
- 73,5% No Renovables: carbón mineral, gas licuado, petróleo, otros.
- 26,5% Renovable = 16,4% Hidro + 10,1 % Modernos Renovables⁸

⁶ Por ejemplo, 2 TWh con energía fósil = 1 millón de toneladas (MT) de CO₂. Hubo un 1,4% de crecimiento de emisiones en 2017, según REN21.

⁷ Este dato proviene del informe 2017 de Cammesa para Argentina.

⁸ Modernos renovables excluye al tradicional Hidráulico y se refiere a Eólico (EO), Fotovoltaico (FV), Bioenergía y los emprendimientos geotérmicos, océano. En este estudio nos centraremos en EO+FV.

Figura 2.2 – Estimación de la participación energética en la producción de electricidad mundial (2017).

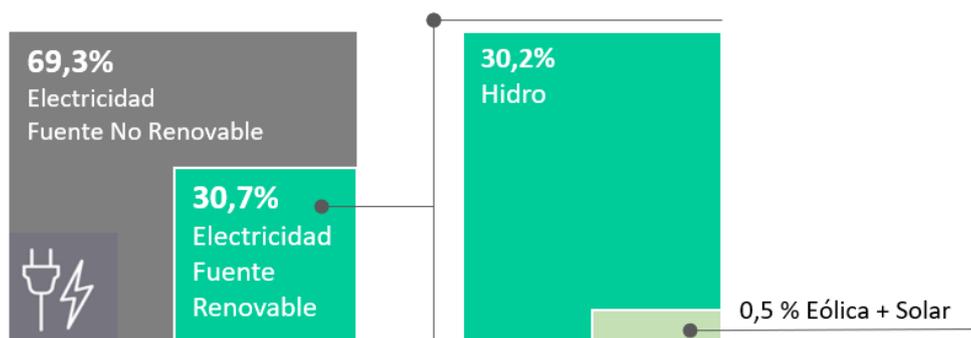


Fuente: Basado en el reporte REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo: *Global Overview*, Figura 6). http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_01/chapter_01/

Comparado con Argentina (Figura 2.3), la proporción estimada del tipo de energía usada para la producción nacional de electricidad en el año 2017 según Cammesa:

- 69,3% No Renovables: carbón mineral, gas licuado, petróleo, nuclear, otros.
- 30,7% Renovable = 30,2% Hidro + 0,5% Eólica y Solar

Figura 2.3 – Estimación de la participación energética en la producción de electricidad en Argentina (2017).



Fuente: Basado en informe anual de Cammesa (Informe Anual 2017 – Capítulo: Generación). http://www.melectrico.com.ar/web/index.php?option=com_content&view=article&id=2134:informe-anual-de-cammesa-2017&catid=1:latest-news

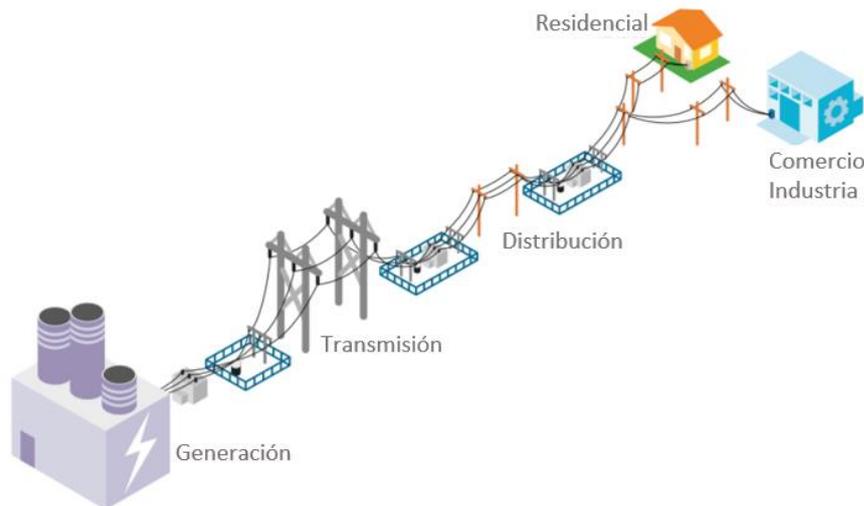
Según IEA International Energy Agency (2018) el consumo fósil se reducirá, por los datos presentados anteriormente, como el impacto ambiental, los riesgos de abastecimiento, las tensiones internacionales y, por un compromiso mayor con los pilares energéticos y los

objetivos de la OSD. Los riesgos de una crisis de suministro son más inminentes en el caso del petróleo (IEA WEO, 2018) .

Modelo de generación y distribución

En el modelo convencional de sistema eléctrico (Figura 2.4) se identifican las cuatro áreas funcionales en las que tradicionalmente se ha subdividido la red eléctrica: generación, transporte, distribución y consumo de usuarios finales, en los sectores residencial, comercial, industrial y de transporte. La energía fluye en un solo sentido, desde el punto de generación hacia el usuario (Diaz.C & Hernández.J, 2011)..

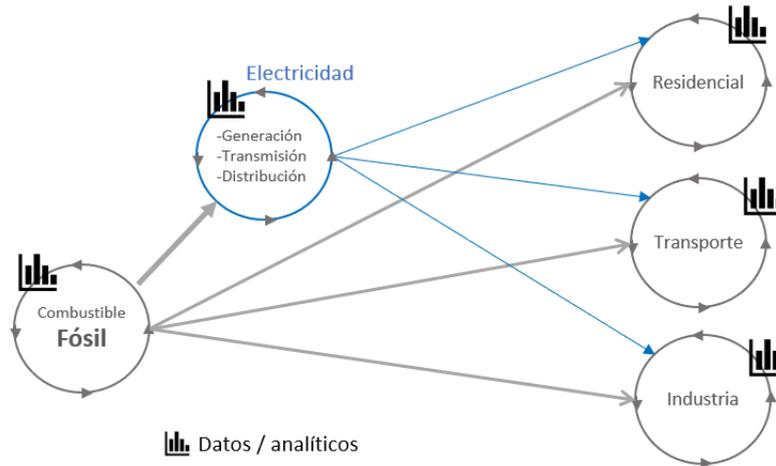
Figura 2.4: Modelo de generación y distribución centralizado unidireccional.



Fuente: Basado en los modelos del sistema eléctrico tradicional usados en IEA.

El modelo de negocio tradicional es altamente centralizado, enfocado a la producción y la distribución de energía, para la satisfacción de la demanda energética, unidireccional desde la generación a los consumidores. El éxito de este modelo de negocio radica en la relación con el ente regulador (UTN, 2011) (Figura 2.5).

Figura 2.5: Estructura de la Red de Electricidad Tradicional.



Fuente: Basado en el reporte IEA (Digitalization&Energy, Cap.4, Fig. 4.1, pág.85).

Las plantas tradicionales de generación eléctrica son de alta intensidad de activo fijo y tienen una vida de 20 a 30 años. Dentro del mismo esquema, los sistemas interconectados permiten obtener energía de diferentes puntos de producción para ser transmitida y distribuida en otras regiones o bien exportada a países limítrofes. La Unión Europea, por ejemplo, impulsa la integración regional con la “Unidad Energética” (IEA WEO, 2018).

En la Argentina, originalmente integrada verticalmente, fue separada en sus tres etapas: generación, transmisión y distribución, con estructuras bien diferenciadas. Por sus características intrínsecas y naturales, el sector de la generación se concibió como un mercado en competencia, mientras que el transporte y la distribución, siendo monopolios naturales, se concesionaron y se sometieron a una regulación por incentivos y resultados. La electricidad y, en consecuencia, la industria encargada de su generación, transmisión y distribución (las tres etapas básicas para la provisión de energía eléctrica), poseen ciertas características que las distinguen de otros bienes. Los altos costos de la energía no suministrada, la aleatoriedad de la demanda, la imposibilidad de almacenar electricidad a escala y las restricciones que impone la red de transporte; lo cual requieren mecanismos institucionales de coordinación de las actividades en la generación, transmisión, y distribución (Ministerio de Energía y Minería).

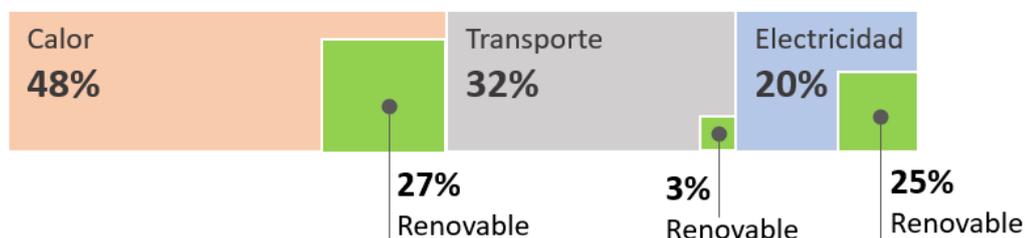


Demanda de electricidad

En 2017 hubo un crecimiento mundial de la demanda de electricidad de 2,1%, que es el doble del crecimiento promedio de los últimos cinco años (REN21, 2018).

El crecimiento de la población es continuo, pero se desacelera. La demanda de energía históricamente sigue al crecimiento poblacional-económica de los países, de los nuevos jugadores en la demanda, por ejemplo, preferencias en la electrificación de edificios, autos eléctricos, la conexión permanente de billones de dispositivos a la red, sumados los centros de datos y servicios en la nube. El crecimiento de la demanda se espera de economías en vías de desarrollo. Los registros de consumo se distribuyen según el uso, en calefacción, transporte y electricidad (Figura 2.6):

Figura 2.6 – Distribución % de consumo mundial final de energía con participación de renovables (2015).



Fuente: Basado en el reporte REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo: Global Overview, Figura 3) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_01/chapter_01/

El Consumo promedio anual/cápita en 2016 es a nivel mundial de 3110 KWh/habitante, muy similar al de Argentina de 3109 KWh/habitante⁹. Estos valores se muestran en el cuadro a continuación (IEA, 2018).

⁹ 3000 KWh anual significa un consumo promedio de 250 KWh mensuales. Las viviendas con refrigeración y calefacción eléctrica fácilmente duplican este valor a 500 KWh/mes, correspondiente a una tarifa R1 en Argentina. Otra fuente para comparar consumos per cápita de los países la da el Banco Mundial: <https://datos.bancomundial.org/indicador/eg.use.elec.kh.pc>



| Región / Economía | Población (millones) | Producción Energía (Mtoe) | Emisiones CO2 (Mt de CO2) | Consumo Electricidad (TWh) | Consumo Electricidad / Habitante (KWh / Hab.) |
|-------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Mundial | 7.429 | 13.764 | 32.316 | 23.107 | 3.110 |
| Argentina | 44 | 76 | 191 | 136 | 3.109 |
| China | 1.386 | 2.361 | 9.102 | 5.946 | 4.290 |
| EEUU | 323 | 1.915 | 4.833 | 4.147 | 12.825 |
| Nigeria | 186 | 239 | 86 | 26 | 141 |

Fuente: Basado en el reporte IEA (Key world energy statistics 2018, Cuadro: selected indicators for 2016, pág.29). <https://webstore.iea.org/key-world-energy-statistics-2018>

Un aumento de la electrificación del transporte y la calefacción impulsan el incremento de la demanda a más del 60% en 2040. Existe, sin embargo, un nuevo escenario “futuro es eléctrico” con políticas agresivas, en el cual el incremento podría ser solo de 30%. En este escenario, donde la mitad de flota automotriz se electrifica para el 2040, se imponen mejoras de eficiencia por normativas más estrictas de rendimiento que juegan un papel crucial. Si las políticas no acompañan el crecimiento, es posible que las emisiones se desplacen desde sectores de uso final a la generación (IEA WEO, 2018).

Nuevos actores y revisión de la infraestructura

A nivel mundial se observa un cambio en los modelos de negocio, asimismo, en la incorporación de nuevos actores o jugadores. La mayoría de las industrias abrazan las tecnologías digitales como un componente fundamental de su crecimiento estratégico. Google, por ejemplo, ha adquirido la compañía Nest de sensores inteligentes (Bolino & Azagury, 2014). Aparecen, además, empresas del sector tecnológico con grandes inversiones en energías renovables. Entre estas se encuentran, Amazon Web Services (AWS), Microsoft, Apple, Facebook; para abastecer de energía a sus Centros de Datos y Servicios en la Nube. También se observan inversiones (bajo un modelo de generación distribuida¹⁰) en hogares, especialmente en materia de paneles solares. Empresas que se están volcando a la generación vía granjas eólicas o solares, para subir su producción a los sistemas interconectados. Todo

¹⁰ La generación distribuida se refiere a la generación de electricidad para ser autoconsumida o inyectarla a la red de distribución, que se desarrollará en el Capítulo 4 y 5.



esto está afectando el negocio y creando nuevos desafíos en la red (REN21, 2018). Se agregan al suministro los sistemas de almacenamiento de electricidad, intercambio directo de energía entre consumidores y nuevas compañías que venden energía sobrante como plantas virtuales.¹¹

Las nuevas tecnologías están abriendo oportunidades a lo largo de la cadena de valor de la electricidad y los nuevos actores junto a las empresas de energía tradicional, no están dispuestos a quedar afuera. Desde la generación al consumo, las nuevas tecnologías pueden crear oportunidades para bajar costos y mejorar la eficiencia, o bien para generar nuevos flujos de ingresos, en nuevos modelos de negocio (Bloomberg, 2018).

Como ejemplo, hay nuevos modelos de negocios para usuarios rurales o en comunidades sin conexión a la red, cuyo éxito se basa principalmente en la innovación de la distribución y el financiamiento del usuario final. Para superar el obstáculo de la financiación al consumo, muchas empresas, principalmente aquellas que participan en la energía solar fotovoltaica, sin conexión a la red, están pasando de los préstamos financieros al modelo de pago por lo consumido *Pay as you go* (PAYG). Este modelo resulta útil para los usuarios finales en países que tienen una penetración relativamente aceptada de dinero móvil y finanzas digitales. (REN21, 2018). Durante los últimos cinco años, el modelo PAYG se ha convertido en un modelo popular de financiación de usuarios finales. Con PAYG, los clientes pagan un pequeño depósito por una instalación solar en sus viviendas y luego hacen pagos regulares más pequeños, generalmente a través de un sistema de pago móvil, para pagar la energía utilizada o la propiedad del sistema. (Bertha Centre, 2016).

Las empresas de servicios públicos de todo el mundo enfrentan presiones similares sobre el impacto de estas novedades en el sistema eléctrico convencional. En la generación tradicional, la disminución del crecimiento de la demanda y los cambios en el mercado están desafiando el modelo de generación centralizada. La liberalización del mercado y la creciente competencia están impulsando a las empresas de servicios públicos a reevaluar sus estrategias de servicio minoristas. La mayor penetración de la generación distribuida,

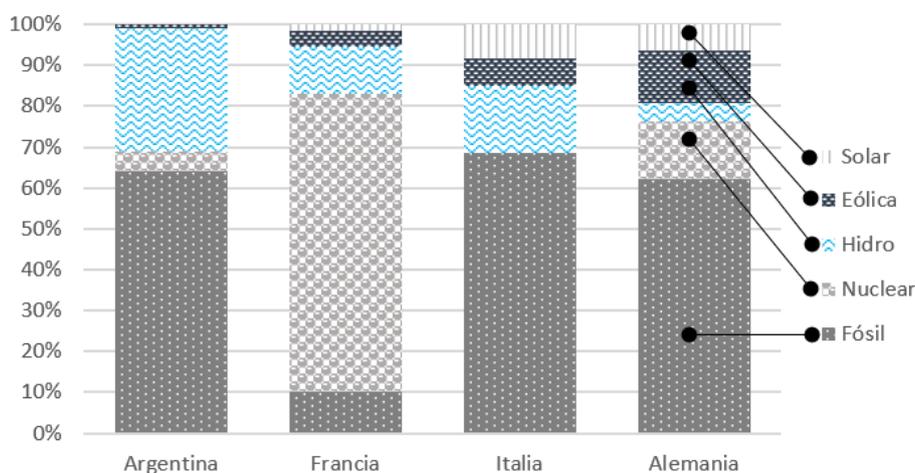
¹¹ Hay un nuevo modelo de negocio conocido como “Agregación”. Los Agregadores, son proveedores de respuesta a la demanda, consolidan la compra de los generadores distribuidos y la venden al distribuidor. Otro caso es el de Energy de Nueva York que está utilizando blockchain y una micro red para permitir a una comunidad de Brooklyn comprar y vender electricidad renovable generada localmente entre pares dentro de un pequeño vecindario (REN21, 2018)



especialmente la energía solar en las viviendas está afectando a las empresas de servicios públicos al desafío de una nueva administración de la red. En los mercados desarrollados, se suma un contexto de infraestructura envejecida y, para algunos, la necesidad de retirar plantas de energía, donde la decisión en cada país consiste en extender la vida útil con mejor tecnología de visualización a la vez que se incorporan nuevas fuentes renovables y se suman las oportunidades de un nuevo modelo del sistema eléctrico (Bloomberg, 2018).

Francia, por ejemplo, muestra una alta intensidad de uso de sus activos en el parque nuclear que tienen más de 30 años. En otros países como Argentina, Alemania, Italia, presentan una intensidad de activos en plantas de energía térmica (Figura 2.7) (IEA, 2018). La infraestructura envejecida de activos, tanto en generación, transmisión y distribución, podrá extender su vida útil agregando sensores, plataformas y analíticos, y de esta forma proveer visibilidad en tiempo real (Bloomberg, 2018). La Argentina posee una proporción de energía hidráulica alrededor del 30% y por sus características naturales una gran capacidad para el desarrollo de energías renovables solar y eólica, que en setiembre de 2019 lograron cubrir un 8% de la demanda, respecto a 5,9% del mes anterior (Cammesa, 2018).

Figura 2.7 – Comparación de fuentes de producción



Fuente: Basado en el reporte IEA Interactivo (*StatistIC data browser – Electricity data by Country*) y en el Informe Cammesa para el año 2017.

<https://www.iea.org/statistIC/?country=ITALY&year=2016&category=Electricity&indicator=undefined&mode=chart&dataTable=ELECTRICITYANDHEAT>.



Es lógico predecir, que las decisiones que tome cada país de renovar o poner límites a los contratos de generación de plantas tradicionales, modernizando su infraestructura y las TIC para integrar cada vez más las energías renovables al sistema, tendrá repercusiones en las inversiones a realizar y en el logro de los objetivos ODS.

Inversiones en capacidad de generación

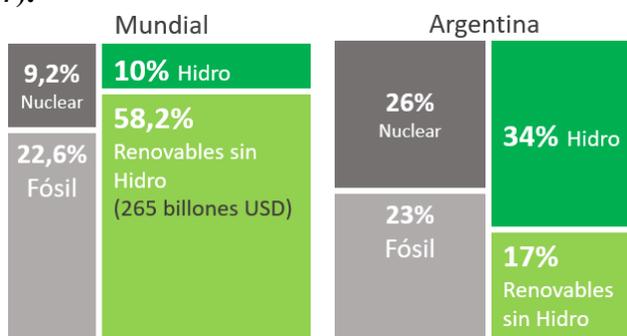
En la medida que la generación de energía distribuida tome más impulso, conspirará contra el ingreso de nuevas inversiones de capacidad de generación tradicional, pudiendo comprometer la confiabilidad del suministro. Por esta razón la transición energética y de mínimo costo hacia un modelo futuro más accesible, confiable y sustentable, dependerá de la existencia de políticas gubernamentales y de la supervisión constante de los efectos (IEA WEO, 2018).

Casi la tercera parte de la inversión en el mundo del sector eléctrico se aplica a la generación y a las redes, pero podría no materializarse si los precios de usuarios finales tienden a la baja. Mercados altamente regulados pueden sumar el riesgo de que la capacidad sea mayor a la demanda. Se proyecta una sobrecapacidad de 350GW en Asia, y esto se trasladará a costos adicionales que el usuario no estará dispuesto a asumir (IEA WEO, 2018).

Los últimos años muestran un incremento importante de inversión en infraestructura en países desarrollados y en materia de fuentes de energía renovable. Las inversiones en renovables muestran en 2017 otro récord de incremento de capacidad debido también a una baja de costos y avances tecnológicos (REN21, 2018) .

En la Figura 2.7, se puede observar la distribución de inversiones a nivel mundial y nacional. Las inversiones a nivel mundial en modernos renovables representan un 58%. En Argentina por las leyes de energías renovables y el programa RenovAr representaron un 17% en 2017, como se verá en el Capítulo 3.

Figura 2.7 – Inversiones mundiales vs Argentina en nueva capacidad de generación eléctrica (2017).

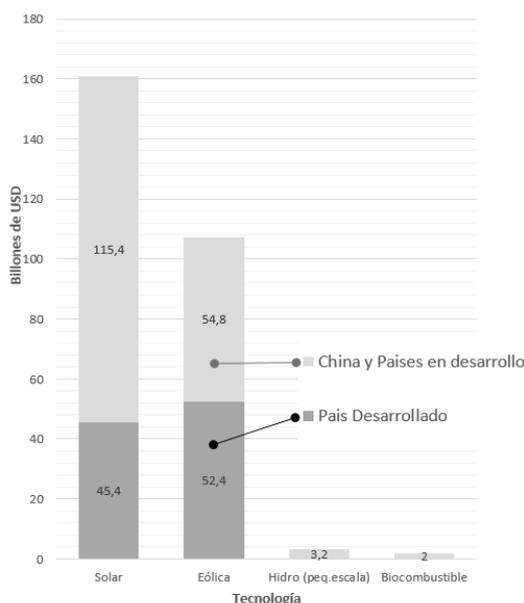


Fuente: Mundial, basado en el reporte REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo: 5, Figura 51) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_05/chapter_05/.

Fuente: Argentina, basado en el informe KPMG 2017 (Inversiones en el sector de generación del sistema eléctrico, pág. 7, Cuadro 1). <https://www.dropbox.com/s/1q1y8t0pvsig221/KPMG.-Informe-Especial-Inversiones-en-Generación-Eléctricas.-27-de-Junio-2017.pdf?dl=0>

A nivel mundial hay un desplazamiento de las inversiones hacia la electricidad. Las energías solar y eólica están en el centro de las inversiones provenientes de Asia. La distribución de la proporción Renovables sin Hidro a gran escala, correspondiente a los 265 billones de USD se muestra a continuación (Figura 2.8).

Figura 2.8 – Distribución de la inversión por tecnología en países desarrollados y en vías de desarrollo (2017).



Fuente: Basado en el reporte REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo: 5, Figura 50) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_05/chapter_05/



Los valores en las inversiones también reflejan caídas respecto a años anteriores. Hay mayor inversión en electricidad que en gas y petróleo. Solo hubo un aumento de inversión respecto a años anteriores en eficiencia energética (IEA Balance, 2018).

Resumen Capítulo 2

El modelo de negocio tradicional es altamente centralizado, enfocado a la producción y la distribución de energía y unidireccional desde la generación a los consumidores. Es un negocio regulado de alta intensidad de activo e interconectado en la transmisión. La generación de cada planta debe estar sincronizada con el resto de la oferta para hacer frente a la demanda del momento y evitar incurrir en costos innecesarios de producción y pérdidas. En la actualidad la capacidad de almacenamiento no es representativa. Las plantas tradicionales de generación de alta intensidad de activo fijo tienen una vida de 20 a 30 años y muchas plantas ya la alcanzaron.

El consumo mundial de combustible fósil utilizado para generar electricidad es superior al 70% y en Argentina supera el 65%. Un aumento de la demanda eléctrica debido a un crecimiento de electrificación en la calefacción y en el transporte en un escenario en donde la mitad de flota automotriz se electrificará, podría incrementar el consumo desde un 60% a un 90% para el 2040. Si las políticas no acompañan el crecimiento, será posible que las emisiones se desplacen desde sectores de uso final a la generación, comprometiendo las fuentes no renovables.

Las mejoras de eficiencia por normativas más estrictas de rendimiento juegan un papel crucial. Las decisiones de extender o limitar la vigencia de contratos con generadoras tradicionales, promover las energías renovables, desregularizar al sistema eléctrico, asegurar la mantención y alentar nuevas oportunidades, sin poner en riesgo los pilares energéticos, tendrá repercusiones en las nuevas inversiones y en el logro de los objetivos ODS. Con políticas de mejoras energéticas, será posible una desaceleración del crecimiento de petróleo y carbón, un fuerte aumento de fuentes renovables a la vez de mantener los estímulos en el mantenimiento del sistema tradicional para asegurar la confiabilidad de la totalidad del sistema.



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



Se están dando las condiciones para un cambio del modelo de negocio tradicional. A nivel mundial las nuevas tecnologías están abriendo oportunidades a lo largo de la cadena de valor de la electricidad y se observan nuevos actores y modelos de negocio. Las principales industrias integran las nuevas tecnologías en su estrategia competitiva de crecimiento. Empresas del sector tecnológico hacen grandes inversiones en energías renovables. A nivel mundial hay un desplazamiento de las inversiones hacia la electricidad con preferencia de nuevas renovables eólica y solar. Nuevos modelos financieros acompañan la incorporación de nueva tecnología distribuida en los hogares.

La modernización del modelo tradicional dependerá del funcionamiento general del sistema energético y no de las tecnologías aisladas. El desafío político consistirá en migrar de un sistema de silos generadores, a otro que permita la integración de un sistema complejo.



CAPITULO 3 – ENERGÍAS RENOVABLES

Características de las energías renovables

Las energías renovables tradicionales son la hidráulica, biomasa y geotérmica. A estas se suman las nuevas renovables eólicas y solar fotovoltaica¹². Dentro del conjunto de centrales definidas como renovables, las eólicas y solares presentan características singulares que las diferencian de la generación convencional (Cammesa, 2019).

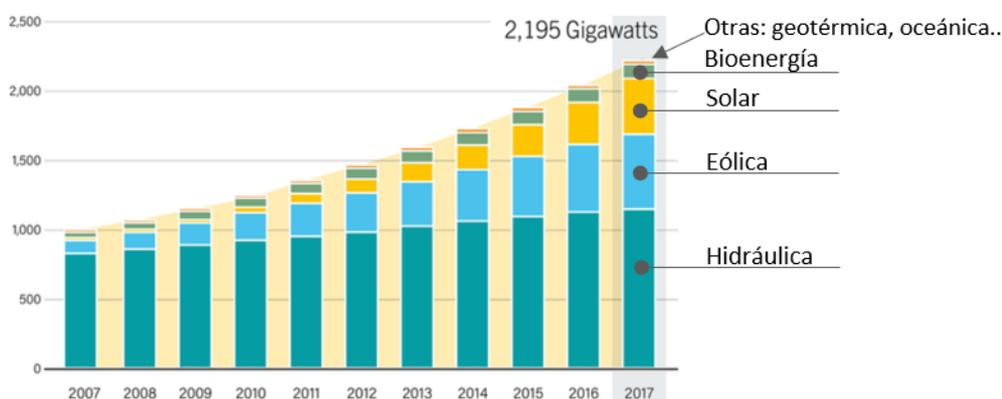
- a) **Son variables por naturaleza:** es inherente a su naturaleza ser intermitentes y variables. Su aprovechamiento depende de las condiciones climáticas con una salida que se puede predecir solo unas pocas horas o días antes (Diaz.C & Hernández.J, 2011) y (IEA, 2017). Al incorporarse a la oferta, la intermitencia de esta nueva generación se combina a su vez con la variabilidad intrínseca de la demanda, propio del consumo de ese momento, requiriendo del aporte de la generación convencional para lograr el balance instantáneo entre oferta y demanda, que todo sistema eléctrico necesita para funcionar (Cammesa, 2019).
- b) **No son gestionables,** la energía proveniente de las mismas debe ser utilizada en el preciso momento en que el recurso está disponible (Cammesa, 2019).

Según la norma, la generación eléctrica proveniente de recursos renovables tiene un tratamiento similar al de las centrales hidroeléctricas, constituyendo una oferta de energía que debe ser considerada como prioritaria para el cubrimiento de la demanda (Cammesa, 2019).

La Figura 3.1 muestra que la capacidad mundial de energía renovable está incrementándose, alcanzando los 2.195 GW en el 2017. La participación de cada fuente renovable esta dado por la energía Hidráulica tradicional: 1,114 GW, Eólica: 539 GW, Solar: 402 GW, Resto: 140 GW (REN21, 2018).

¹² La clasificación de “nuevas renovables” incluyen pequeñas hidráulica (<50MW) y bioenergías (Cammesa, 2019).

Figura 3.1 – Capacidad de Energía Renovable mundial en el período 2007 a 2017.



Fuente: REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo: *Global Overview*, Figura 5) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_01/chapter_01/

En Argentina, la potencia instalada de fuentes renovables en 2017 (se toma este año para compararlo con la información mundial) fue de aproximadamente 13 GW respecto a 35,9 GW de capacidad total. La distribución de potencia renovable por tecnología fue en Hidráulica: 11 GW, Eólica: 0,2 GW, Solar: 0,008 GW, Resto (nuclear): 1,7 GW (Cammesa, 2017). Según la información más actualizada en Eólica la capacidad es de 1,17 GW y Solar de 0,3 GW (Cammesa, 2019).

Según el reporte de status global emitido por REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century), el año 2017 mostró otro récord en capacidad agregada en nuevas energías renovables, como también una baja de costos, incremento de inversión y avances tecnológicos. Muchos desarrollos soportaron este hecho, como ofertas más bajas de energía eólica y solar en varios países, las nuevas TIC que permiten gestionar en forma eficiente estos recursos de naturaleza “variables/no gestionables” e integrar los recursos renovables distribuidos (Capítulos 4 y 5), la mayor atención a la electrificación del transporte, sumando una serie de intenciones en convertirse en libres de carbón, acompañado nuevas políticas e iniciativas establecidas por los gobiernos (REN21, 2018).

Según REN21 (2018) los motivos del despliegue de producción de energía renovable en 2017 en el sector eléctrico pueden entenderse por varios factores:



- Incremento de financiamiento¹³
- Preocupación sobre la seguridad energética
- El ambiente y la salud humana
- Crecimiento de la demanda energética en países en desarrollo y emergentes
- Necesidad de acceso a la electricidad e instalaciones de cocina limpia
- Iniciativas políticas y ambiciosos objetivos

Las razones por las cuales se prefiere invertir en energía Eólica y Solar en lugar de la tradicional Hidráulica, es fundamentalmente por los avances tecnológicos que están mejorando las eficiencias en la fabricación, reduciendo los costos de instalación y mejorando el rendimiento de los equipos de generación de energía; y además, por la madurez y el historial comprobado de estas tecnologías renovables que reducen el riesgo percibido del proyecto, lo que reduce en gran medida el costo del capital.

A pesar del aumento de renovables, el progreso es desigual en los diferentes países. En países como África las tasas de acceso a la electricidad siguen siendo relativamente bajas.

Actualmente, el mundo entero suma más capacidad de electricidad renovable al año que la capacidad (neta) de todos los combustibles fósiles combinados. A finales del 2017, la capacidad de energía renovable era suficiente para abastecer aproximadamente el 26,5% de la electricidad mundial, en conjunto con la energía hidráulica, que proporciona alrededor del 16.4%, (Figura 2.2; Capítulo 2) (REN21, 2018).

En Argentina, el porcentaje en capacidad instalada en renovables para abastecer el consumo de electricidad del país fue del 30,7% (Cammesa, 2017).

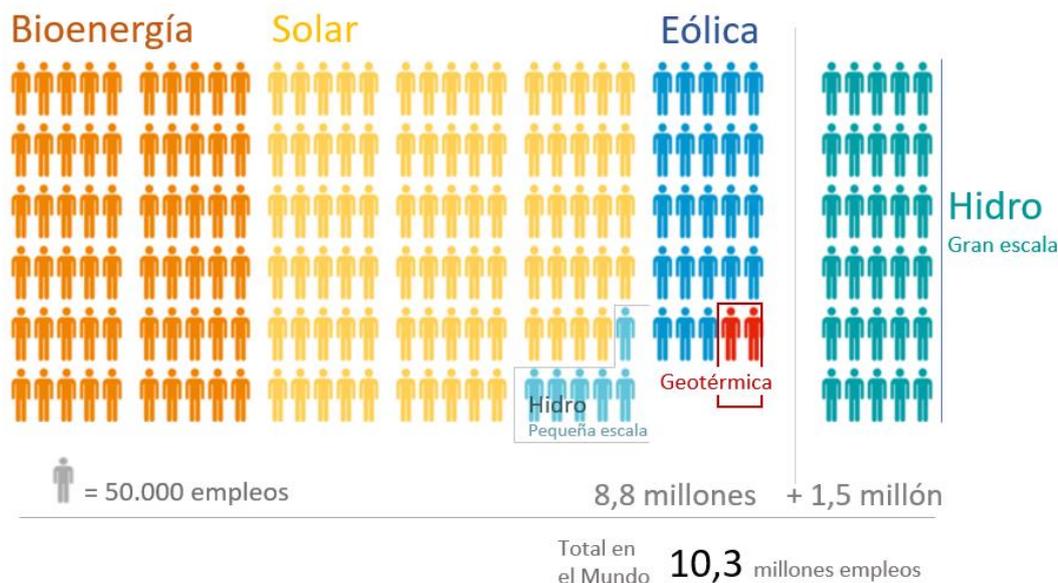
Empleos en energía renovable

El sector de energía renovable empleó, directa e indirectamente alrededor del mundo, a aproximadamente 10,3 millones de personas en 2017. Esta cifra incluye 1,5 millones de

¹³ Los estímulos son públicos y privados. Ej. Bill Gates anunció que liderará un fondo de más de US\$ 1.000 millones para combatir el cambio climático al invertir en nuevas formas de generar energía limpia.

empleos en hidroelectricidad en gran escala, para los cuales solo se dispone de una estimación del empleo directo. (Figura 3.2).

Figura 3.2 – Empleos en energía renovable por tecnología alrededor del mundo.



Fuente: Basado en el reporte REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo: *General Overview*, Figura 9) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_01/chapter_01/

El empleo en el sector de las energías renovables está influenciado por una gran cantidad de factores, entre ellos la disminución de los costos de la tecnología, los cambios en la productividad laboral, las estrategias corporativas y las reestructuraciones de la industria, las políticas industriales para mejorar la creación de valor nacional y la evolución del mercado de las energías renovables (REN21, 2018).

La energía solar fotovoltaica es el mayor empleador, principalmente porque las instalaciones de energía solar fotovoltaica dominaron las nuevas instalaciones de energía renovable por un amplio margen. El empleo global en energía solar fotovoltaica se estimó en 3,4 millones de empleos en 2017, un 9% más que en 2016. China representó dos tercios de estos empleos, es decir, unos 2,2 millones, por ser el fabricante líder y de mayor mercado de energía fotovoltaica (REN21, 2018).

Una pregunta generalizada de todos los sectores más allá del sector eléctrico es si las tecnologías aplicadas amplificarán o reducirán las brechas existentes en el mercado de trabajo. Según el BID lo que sí empieza a emerger es un consenso sobre el comienzo de una



segunda etapa en la relación entre máquinas y personas, en tanto el cambio tecnológico no está exclusivamente orientado a ahorrar mano de obra, sino que en forma creciente se trata de sistemas de Inteligencia Artificial (IA) donde las personas juegan un rol clave. A medida que las tecnologías se estandarizan y las habilidades comienzan a adaptarse, la complementariedad entre máquinas y personas tiende a ser más relevante que la sustitución de uno por otro. En este contexto, la interacción entre personas y máquinas toma importancia creciente, desde el aporte humano para definir el dominio de acción de las máquinas, entrenarlas y mantenerlas hasta la habilidad de estas últimas para aumentar la capacidad humana (BID, 2019). Como se verá en el capítulo 8 y 9, este planteo es cuestionado por los referentes de empresas nacionales.

Impulso hacia las energías renovables

Las energías renovables y el sector energético enfrentan varios desafíos. El fuerte crecimiento económico mundial llevó a un aumento estimado de 2.1% en la demanda de energía en 2017, más del doble del incremento promedio en los últimos cinco años. Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas con la energía aumentaron en un 1,4% estimado en 2017 para la primera vez en cuatro años. En algunos casos, las jurisdicciones que se alejan del carbón han cambiado a gas natural en lugar de a energías renovables. La electrificación de la calefacción y el transporte, aunque actualmente es pequeña (especialmente en el transporte) se la considera un impulso hacia la expansión de la energía renovable (y una reducción de las emisiones de carbono) y, específicamente para ayudar con la integración de grandes cantidades de energía renovable variable. Los costos de estas tecnologías de rápido crecimiento han disminuido tan rápidamente que las instalaciones con capacidad de energía renovable en 2017 superaron las de 2016 a pesar de una inversión absoluta más baja, ya que cada dólar representa más capacidad en el terreno. Las economías en desarrollo y emergentes representaron el 63% de la inversión total en energía renovable, una proporción mayor que los países desarrollados por tercer año consecutivo, y solo China representó el 45% de la inversión global. Las decisiones de inversión y adquisiciones del sector privado están desempeñando un papel clave en el impulso del despliegue de energía renovable (REN21, 2018).

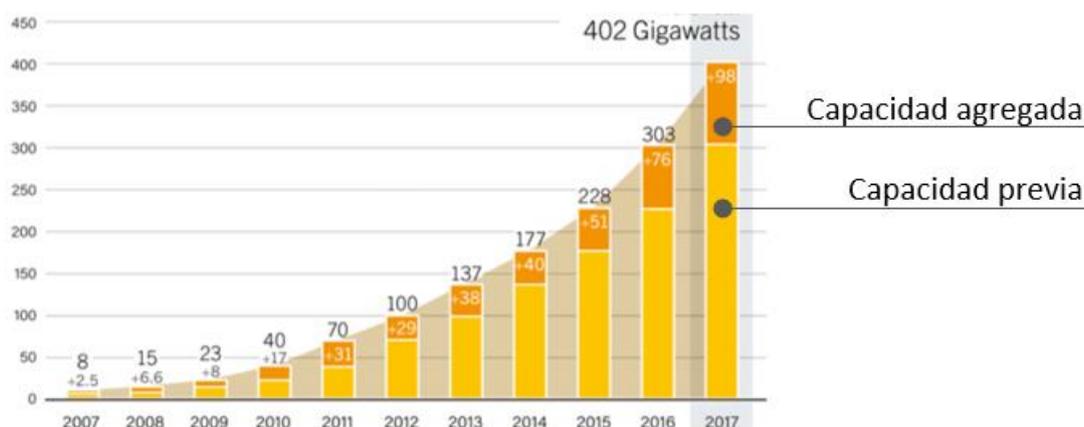


Actualmente los costos de generación resultan competitivos con la generación tradicional. Sumado a los proyectos de gran escala, existe la capacidad de integración de las fuentes renovables distribuidas, como son los paneles solares y el almacenamiento a pequeña escala al sistema eléctrico, que representa uno de los ejes de la transformación del sistema actual (Capítulo 4) (REN21, 2018).

Energía solar fotovoltaica

El año 2017 se agregó a nivel mundial más capacidad de energía solar fotovoltaica que de cualquier otro tipo de tecnología de generación de energía. Se instaló más energía solar fotovoltaica que el aumento combinado de capacidad neta de combustibles fósiles y energía nuclear. A nivel mundial, se instalaron aproximadamente 98 GW de capacidad de energía solar fotovoltaica (dentro y fuera de la red), aumentando la capacidad total en casi un tercio, para un total acumulado de aproximadamente 402 GW (Figura 3.3) (REN21, 2018).

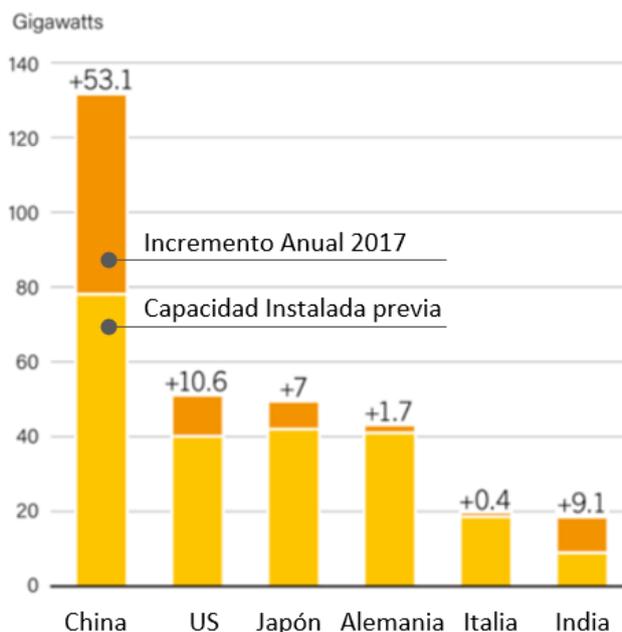
Figura 3.3 – Capacidad Solar y capacidad agregada anual en el período 2007 a 2017 a nivel mundial.



Fuente: REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo 3, Figura 24) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_03/chapter_03/

El importante aumento en relación con 2016 se debió principalmente a China, donde las nuevas instalaciones aumentaron más del 50%. Por quinto año consecutivo, Asia superó a todas las demás regiones, con un 75% de las adiciones globales (Figura 3.4).

Figura 3.4 –Capacidad e Incrementos de energía solar fotovoltaica en los principales seis países– Año 2017.



Fuente: Basado en el reporte REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo 3, Figura 26) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_03/chapter_03/

A nivel mundial, la expansión del mercado se debió en gran medida a la creciente competitividad de la energía solar fotovoltaica combinada con la creciente demanda de electricidad en los países en desarrollo, así como a la creciente conciencia del potencial de la energía solar fotovoltaica para aliviar la contaminación, reducir las emisiones de CO₂ y proporcionar acceso a la energía. La energía fotovoltaica también está adquiriendo un creciente interés en algunos países por producir electricidad a nivel local. Sin embargo, la mayor parte de la demanda mundial sigue siendo impulsada en gran medida por los incentivos y regulaciones del gobierno (REN21, 2018).

China agregó más capacidad de energía solar fotovoltaica en 2017 que la instalada en el mundo en 2015. En China si bien la mayoría de las incorporaciones de capacidad corresponden a grandes proyectos centralizados, hubo un cambio evidente hacia la denominada energía solar fotovoltaica distribuida. Casi se quintuplicó la capacidad



distribuida en 2017 a 19,4GW, en comparación con 2016, para un total acumulado de 30 GW; los nuevos sistemas de paneles solares en los techos aumentaron tres veces en comparación con 2017, a 2 GW instalados durante 2017. El gobierno ha aumentado su énfasis en los proyectos distribuidos (Capítulo 4 y 5), en particular los sistemas de techo para autoconsumo, en un esfuerzo por disminuir la carga sobre la capacidad de transmisión y reducir los cortes (REN21, 2018).

En EEUU la mayoría de las adquisiciones de energía solar fueron impulsadas por el estado hasta 2015/2016, a principios de 2017 casi todas las nuevas adquisiciones de proyectos a gran escala se debieron a servicios públicos voluntarios y fuentes corporativas (REN21, 2018).

Negocio de la energía solar fotovoltaica

Las células y módulos solares fotovoltaicos se están integrando cada vez más a los productos de consumo y materiales de construcción. Estos van desde electrodomésticos (como heladeras y televisores para mercados sin conexión a la red eléctrica) hasta los azulejos para fachadas y techos de edificios o tejas para las viviendas. En Dinamarca, se construyó un campo escolar, terminado en 2017, cubierto en más de 12.000 paneles solares, para satisfacer más de la mitad de la demanda de electricidad del campus (REN21, 2018).

Según los proyectos completados durante el año, el costo nivelado de la electricidad (LCOE¹⁴ Levelized Cost of Energy) de las plantas solares fotovoltaicas a gran escala fue de USD 100/MWh, un 73% menos que en 2010 (Capítulo 1, Figura 1.2). En este nivel, la energía solar fotovoltaica compite con fuentes de energía de combustibles fósiles en muchos lugares, y sin apoyo financiero (REN21, 2018).

En todo el mundo, las ofertas a la baja de generación solar fotovoltaica se debieron a una variedad de factores, entre ellos el bajo costo de los componentes, las expectativas de que los costos de la tecnología seguirían disminuyendo, el aumento de la competencia entre los desarrolladores y la disminución de la percepción del riesgo. En algunos países, las ofertas se han vuelto cada vez más competitivas debido a los bajos costos operativos

¹⁴ LCOE (USD/Mwh) = Costo Total vida útil / Generación de energía



esperados en ubicaciones con excelentes recursos solares y, en algunos casos, la necesidad de competir con los bajos precios mayoristas de la electricidad (REN21, 2018).

La presión a la baja sobre los precios y los márgenes reducidos hicieron que en 2017 se consolidaran, por fusiones y adquisiciones, muchos fabricantes y desarrolladores de energía solar. La imposición de los precios que no refleja necesariamente el costo ha obligado a algunos fabricantes a abandonar el negocio. La necesidad de reducir los costos de desarrollo de la fabricación y de los proyectos adjudicados, ha aumentado la preocupación de éstos pudiendo verse obligados a reducir los costos a costa de la calidad (REN21, 2018).

A pesar de la caída de los precios, junto con la expansión de los mercados, hay un número creciente de actores interesados en el negocio de energía solar fotovoltaica; como empresas de servicios públicos, que están ingresando a través de la adquisición de empresas y plantas solares, o mediante el desarrollo de proyectos, incluso fabricantes de automóviles y baterías como el caso de Tesla (REN21, 2018).

El complemento de la energía solar fotovoltaica con el almacenamiento sigue siendo limitado, pero se está expandiendo rápidamente en algunos países. El almacenamiento también se utiliza cada vez más para proporcionar acceso a la energía a las personas que viven fuera de la red y para mini redes. A lo largo de 2017, se lograron nuevas eficiencias de módulos y celdas récord. El impulso para aumentar la eficiencia y disminuir los costos nivelados de energía (LCOE) ha impulsado a los fabricantes de módulos solares a desarrollar tecnologías avanzadas, aunque persisten los desafíos de durabilidad. Hay opciones crecientes para integrar la energía solar fotovoltaica en los materiales de construcción, no solo en las tejas, sino en los de la fachada (REN21, 2018).

América Latina y el Caribe aún representan una pequeña porción de la demanda global, pero los mercados se están expandiendo rápidamente y hay expectativas de un crecimiento masivo. A fines de 2017, una cantidad significativa de capacidad estaba en trámite después de licitaciones en Argentina, con el programa RenovAr.

Las subastas de energía solar fotovoltaica en todo el mundo en 2017 dieron lugar a nuevos mínimos récord, con licitaciones en algunos mercados por debajo de USD 30/MWh. Esto representa una disminución de los costos de generación respecto a 2016 (Figura 3.5) (REN21, 2018).



Figura 3.5 – LCOE (USD/MWh) de generación solar por región - 2016



Fuente: Basado en el reporte REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo 3, Tabla 3) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_03/chapter_03/

En Argentina las licitaciones del programa RenovAr, tuvieron, entre los menores precios, valores de 40,8 USD/MWh en las regiones de Cuyo 100 MW (ID proyecto: SVF 207 y NOA 72 MW – ID proyecto: SVF-259) (Ministerio de Energía y Minería, 2018). El programa RenoVar está impulsando importantes proyectos (Capítulo 3, Figura 3.12).

Energía eólica

La energía eólica terrestre se ha convertido en una de las fuentes más competitivas de la nueva generación. Los precios de las turbinas aerogeneradores cayeron entre un 37% a 56% desde sus picos en 2007-2010. En combinación con reducciones más modestas en los costos de los proyectos, los costos totales de instalación de la energía eólica terrestre se redujeron en una quinta parte entre 2010 y 2017; al mismo tiempo, el factor de capacidad promedio ponderado global para nuevos proyectos aumentó de 27% a 30% (REN21, 2018).

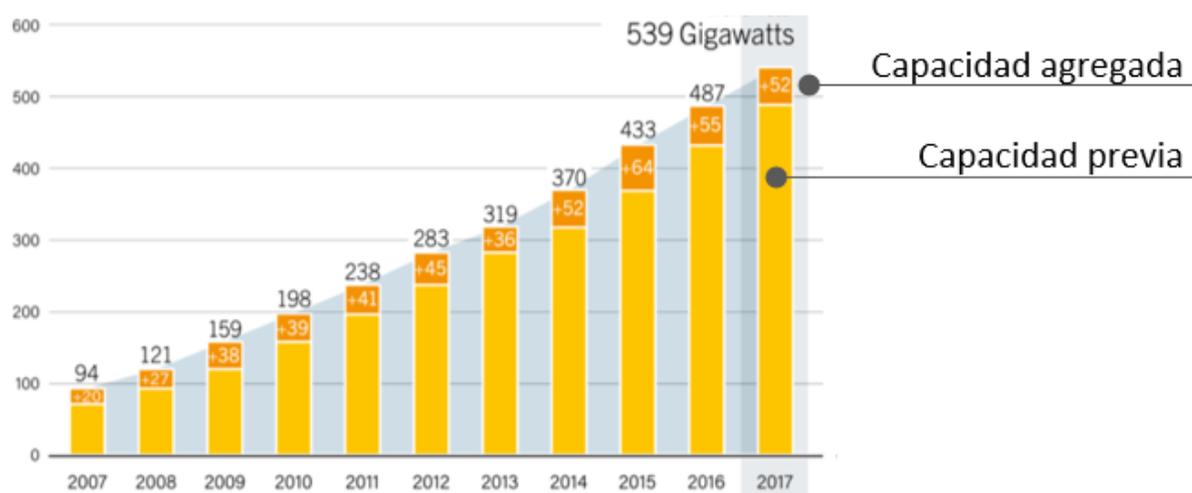
En 2017 cayeron los precios de oferta de la energía eólica, tanto en tierra como en alta mar, en varias licitaciones en todo el mundo (incluyendo a Argentina). Esto se debió a una serie de factores, entre ellos la innovación y la escala de la tecnología, las expectativas de avances tecnológicos continuos y menores costos de financiamiento, debido al menor



riesgo percibido, así como a la mayor competencia en la industria. De esta forma la energía eólica se ha convertido en una de las formas más competitivas para agregar nueva capacidad de generación y es menos costosa que la energía fósil existente en un pequeño pero creciente número de mercados. Sin embargo, el aumento de la competencia y la lucha por la participación de mercado en 2017 se produjo a expensas de las ganancias en toda la cadena de suministro, ya que varios grandes fabricantes vieron aumentar sus pedidos de turbinas, pero sus beneficios disminuyeron (REN21, 2018).

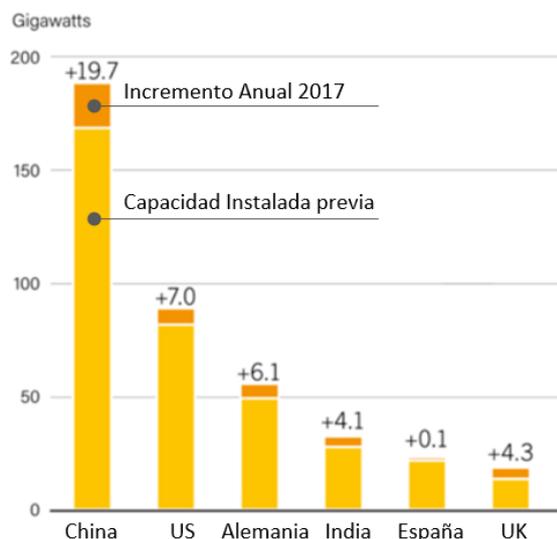
El crecimiento de la capacidad de energía eólica a nivel mundial se representa en la Figura 3.6. También se puede observar en la figura 3.7 que China está muy por encima del resto de los países con mayor capacidad de energía eólica que son US, Alemania, India y España.

Figura 3.6 – Capacidad Eólica y capacidad agregada anual en el período 2007 a 2017 a nivel mundial.



Fuente: REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo 3, Figura 34) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_03/chapter_03/

Figura 3.7 –Capacidad e Incrementos de energía eólica en los principales seis países– Año 2017.



Fuente: Basado en el reporte REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo 3, Figura 35) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_03/chapter_03/

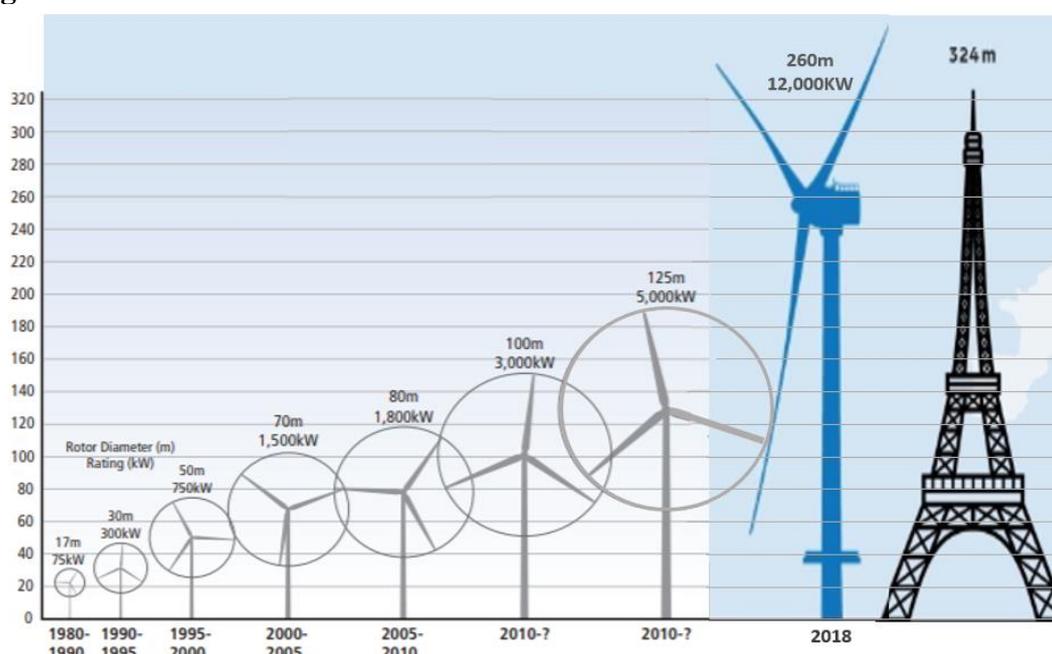
Negocio de la energía eólica

La reducción del costo de la energía eólica licitada para las empresas de servicios públicos está provocando una competencia intensa en la industria, lo que obliga a los fabricantes de turbinas a buscar formas de reducir aún más sus costos y contribuir a la consolidación en la industria. Los fabricantes líderes en todo el mundo redujeron los empleos y cerraron las fábricas durante 2017. Muchos pequeños o medianos proveedores de turbinas se declararon en quiebra o salieron de la industria. Siemens (Alemania) y Gamesa (España) finalizaron su fusión para crear uno de los principales proveedores del mundo. A medida que se intensificó la competencia, se consolidaron los 10 principales fabricantes de turbinas del mundo capturando casi el 80% del mercado, como, Vestas (Dinamarca), Siemens Gamesa (España), GE (USA), Goldwind (China), y otros (REN21, 2018).

En 2017, la tendencia general continuó hacia turbinas más grandes, incluidas palas más largas y mayor tamaño del rotor. General Electric presentó la turbina de 12GW con

capacidad de 64 GWh/año¹⁵ (Figura 3.8). Los fabricantes intentaron aumentar la producción y ganar o mantener una participación de mercado. Puede haber diferencias significativas en las calificaciones promedio de turbinas dentro de las regiones. En Europa, las diferencias se deben a las restricciones reglamentarias sobre la altura, la antigüedad de los proyectos y / o la velocidad del viento (REN21, 2018).

Figura 3.8 – Evolución de las turbinas eólicas



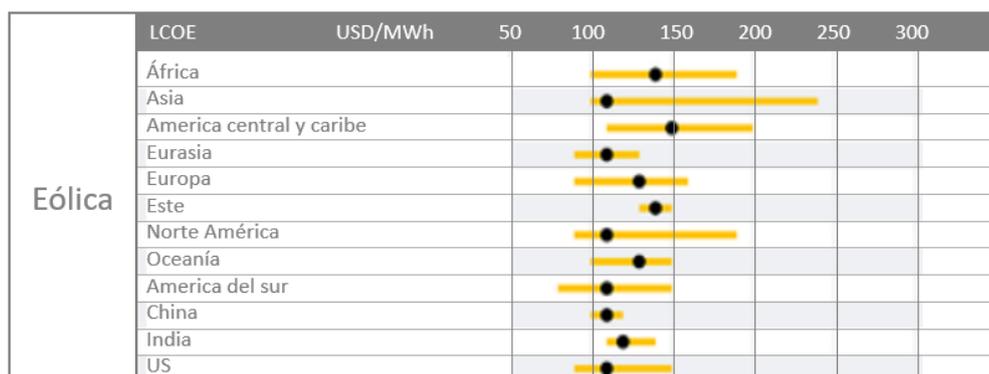
Fuente: Basado en el reporte IPCC (Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Figura T.S.7.2, pag.96) y en el reporte de WEF (This giant offshore turbine could be the future of wind energy).
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SRREN_Full_Report-1.pdf
<https://www.weforum.org/agenda/2018/03/giant-offshore-turbine-wind-energy-haliade-x/>

El costo nivelado de la electricidad (LCOE) de los proyectos de energía eólica terrestre en 2017 cayó a USD 30/MWh desde un promedio ponderado global de USD 60/MWh. Por ejemplo, en una licitación mexicana a fines de 2017, los precios se ubicaron por debajo de los USD 20/MWh, un mínimo mundial y un 40-50% inferior al de las ofertas de México en 2016. Alemania también registró un mínimo nacional de EUR 38/MWh (alrededor de USD 45/MWh) (REN21, 2018).

¹⁵ Considerando el consumo promedio mundial (similar al de Argentina) de 3100 kWh/año habitante, una sola turbina estará abasteciendo, en teoría, más de 21000 viviendas.



Figura 3.9 – LCOE (USD/MWh) de generación eólica por región - 2016.



Fuente: Basado en el reporte REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo 3, Tabla 3) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_03/chapter_03/

Argentina tuvo adjudicaciones por menos de 40 USD/MWh (Cammesa, 2018).

La capacidad acumulada aumentó casi un 11%, a alrededor de 539 GW (Figura 3.5 y 3.6). Sin embargo, por primera vez en al menos una década, la tendencia hacia una mayor diversificación de los mercados se revirtió, con una concentración de nueva capacidad de energía eólica en un menor número de mercados (REN21, 2018).

En Argentina las licitaciones del programa RenovAr, tuvieron, entre los menores precios, valores de 37,3 USD/MWh en la región de BsAs con una potencia del parque eólico de 79,8 MW en el ID proyecto: EOL-003 (Ministerio de Energía y Minería, 2018).

A continuación, se describirán las acciones tomadas en Argentina para promover el desarrollo de energías renovables.

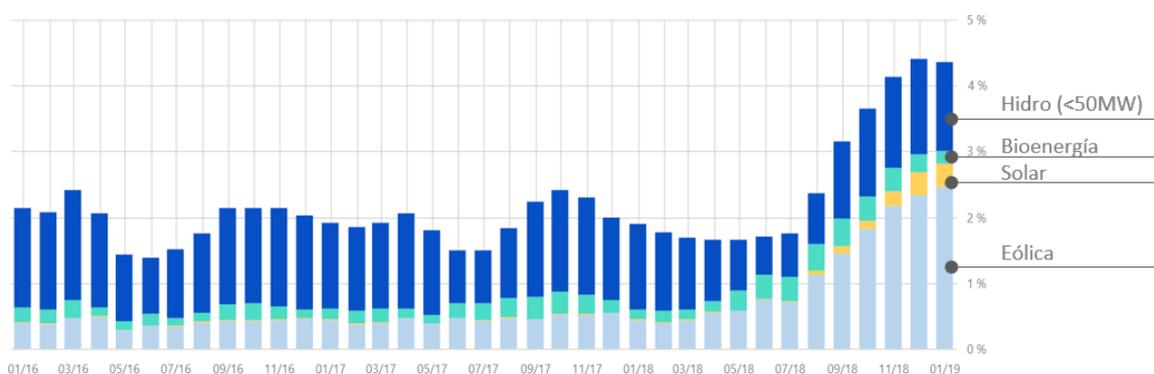
Energías renovables en la Argentina

Argentina es un país con importantes recursos naturales, para la generación de energía eólica y solar, con la intención gubernamental de promover su participación en la matriz energética. La composición de energía renovable en el cubrimiento de la demanda total no alcanza aún los objetivos propuestos del 8% a finales del 2018 (ley 27.191). Sin embargo, a partir de mediados de 2018 se observa un incremento significativo de la



participación de energía eólica respecto al resto de las renovables, en la medida que se fueron agregando proyectos eólicos en curso. La media de 2% de participación de renovables en años anteriores alcanzó los 4,42%. Los tipos de fuente de energía renovable considerados son: Hidro pequeña escala (< 50 MW); Eólico, Solar, Biomasa y Biodiesel (Figura 3.10).

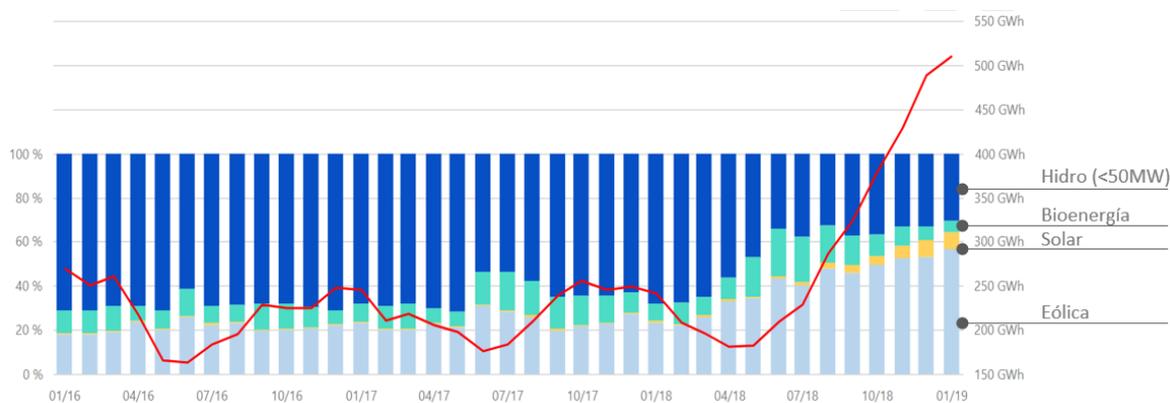
Figura 3.10 – Participación por tecnología en el cubrimiento de la demanda.



Fuente: Cammesa. <https://despachorenovables.cammesa.com/historico-energias-mensuales/>

Si cada una de las columnas de la Figura 3.8 se la considera en base 100, se puede observar cómo es la participación de cada tecnología renovable a lo largo del tiempo. La energía total generada, se representa con la línea roja en la escala de la izquierda (Figura 3.11).

Figura 3.11 – Composición de la matriz renovable (%) y energía total generada.



Fuente: Cammesa. <https://despachorenovables.cammesa.com/historico-energias-mensuales/>



En materia legal, hay tres acciones que ponen en manifiesto las intenciones de incentivar la participación de energías renovables.¹⁶

- La ley 27.191(2015) de Energía Renovable: afecta solo a grandes consumidores mayores a 300KW y establece que el 8% de la energía que consumen provenga de fuentes renovables para fines de 2018, con el fin de “lograr una contribución de las fuentes renovables de energía hasta alcanzar el 20% del consumo de energía eléctrica nacional, al 31 de diciembre de 2025”, por lo que se requerirán a 2025 entre 9,4 y 11,3 GW de potencia adicional instalada a partir de fuentes renovables no convencionales para dar cumplimiento a esta ley.
- La Resolución 281/17 del Ministerio de Energía permite a grandes usuarios elegir a su proveedor y negociar las condiciones de suministro, para cumplir con la ley. Esta resolución abre la puerta a proyectos privados y autogeneración, con posibilidad de venta al mercado.
- La ley 27.424 (2017) “Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública”. La generación de energía distribuida posibilita la producción de energía eléctrica renovable a los usuarios de red, que eventualmente podrán inyectar energía al sistema. Es el uso de fuentes de energía renovable en la generación de electricidad para el autoconsumo y comercialización. A partir de esta ley se podrá generar electricidad en punto de consumo y además se podrá inyectar a la red, con crédito a favor del usuario.¹⁷

Programa RenovAr

Para cumplir con esta meta el gobierno lanzó el programa RenovAr, que incluye licitaciones públicas periódicas en la cual los interesados licitan proyectos de inversión y precio de generación. Se crea el Programa de Garantía al Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables (FODER) para facilitar el financiamiento de proyectos en el marco del Programa RenovAr. CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista

¹⁶ <https://www.cronista.com/pyme/negocios/Como-entrar-en-el-mercado-de-las-energias-renovables-20180215-0005.html>

¹⁷ Ley 27424 (2017) de Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública. Aunque ya existen leyes de generación distribuida en varias provincias, esta norma viene a unificar los parámetros técnicos en todo el país.



Eléctrico), es la administradora de estos contratos a largo plazo (PPA), los cuales están fijados en USD (Ministerio de Hacienda).

Hubo tres rondas de licitación:

RenovAr 1 (2016): se adjudicaron 400MW solares, 708MW eólicos y 34,5 MW del resto. En total de 29 proyectos con una potencia de 1142 MW (Ministerio de Energía y Minería, 2018). Se firma un convenio con la FCE-UBA¹⁸ con el objetivo de transparentar la determinación del precio máximo de la energía de cada una de las tecnologías (precio de corte) que el Ministerio de Energía y Minería de la Nación considerará para la Convocatoria Abierta Nacional e Internacional iniciada por la Resolución MEyM N° 136/2016.

RenovAr 1,5 (2016): se adjudicaron 516MW solares y 765MW eólicos. En total 30 proyectos con una potencia de 1281,5 MW (Ministerio de Energía y Minería, 2018).

Para las Rondas 1 y 1,5 se firma en 2017 el Acuerdo de Indemnidad con el Banco Mundial (BM). A partir de esta adhesión comienza a regir la Garantía del Banco Mundial por 480 millones de dólares a 20 años, para ayudar a satisfacer la demanda creciente de energía en el país con una fuente limpia que potencia el desarrollo sostenible.¹⁹

De los 59 proyectos adjudicados entre las Rondas 1 y 1.5 del Programa RenovAr, 27 solicitaron la garantía del Banco Mundial, entre los cuales 12 son proyectos eólicos (721 MW), 10 de energía solar fotovoltaica (306 MW), 5 del resto.

RenovAr 2 (2017): se adjudicaron 816 MW solares, 993 MW eólicos y 233 del resto. En total de 88 proyectos con una potencia de 2043 MW (Ministerio de Energía y Minería, 2018). El gobierno firmó con el Banco Mundial un nuevo contrato de garantía hasta U\$S 250 millones que se suma a los U\$S 480 millones que el Banco ya había aprobado para las Rondas 1 y 1.5 para aquellos proyectos que hayan optado por tomar la garantía²⁰.

El Programa RenovAr, hasta el momento (faltan aún más ruedas), adjudicó 147 proyectos con una potencia de 4466,5 MW, a un precio promedio de 54,72 USD/MWh, con una importante concentración en BsAs y con una mayoría de inversión de 94%, en energía eólica 2466 MW y solar 1732 MW (Figura 3.12).

¹⁸ <https://www.minem.gob.ar/prensa/25178/firma-de-convenio-uba-minem-por-energias-renovables>.

¹⁹ <https://www.minem.gob.ar/prensa/26629/comienzo-a-regir-la-garantia-del-banco-mundial-para-los-proyectos-del-programa-RenovAr>.

²⁰ <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-gobierno-firmo-con-el-banco-mundial-el-contrato-de-garantia-por-hasta-us-250-millones>



Figura 3.12 – Adjudicaciones del Programa RenovAr, por regiones y tecnologías.

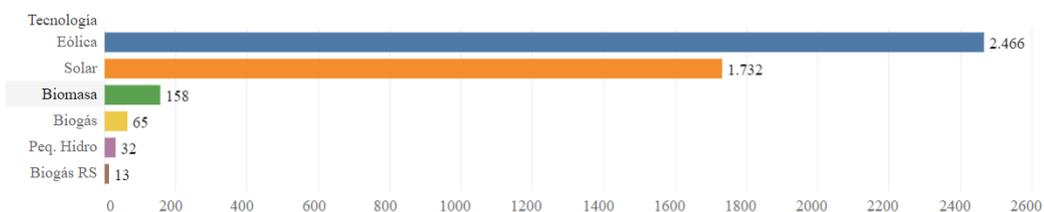
| Adjudicaciones del Programa RenovAr Ronda 1 Ronda 1.5 Ronda 2 | | |
|----------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------|
| Adjudicados | Potencia | Precio Promedio Ponderado |
| 147 | 4.466,5 | 54,72 |
| Proyectos | MW | USD/MWh |

Ministerio de Energía y Minería
Presidencia de la Nación

Por regiones:

| Región | Provincia | Tecnología | | | | |
|-----------|---------------------|------------|-------|------------|---------|--------|
| | | Eólica | Solar | Peq. Hidro | Biomasa | Biogás |
| BSAS | Buenos Aires | ••••• | | | | |
| Centro | Córdoba | • | • | | | |
| | San Luis | | • | | | |
| Comahue | La Pampa | •• | | | | |
| | Neuquén | • | | | | |
| | Río Negro | •• | | | | |
| Cuyo | Mendoza | • | •• | | | |
| | San Juan | | •• | | | |
| Litoral | Santa Fe | | | | | • |
| NEA | Chaco | | | | • | |
| | Corrientes | | | | • | |
| | Formosa | | | | • | |
| | Misiones | | | | • | |
| NOA | Catamarca | | •• | | | |
| | Jujuy | | •• | | | |
| | La Rioja | •• | •• | | | |
| | Salta | | •• | | | |
| | Santiago D. Tucumán | | • | | | |
| Patagonia | Chubut | ••• | | | | |
| | Santa Cruz | •• | | | | |

Por tecnologías:



Fuente: Ministerio de Energía y Minería.

<https://www.minem.gob.ar/www/833/25897/proyectos-adjudicados-del-programa-RenovAr>

La potencia y costo de energía Solar y Eólica, comparados con Argentina se pueden ver en el siguiente cuadro:

| Energía | Solar | Eólica |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|
| Potencia Mundial (2017) | 402 GW | 539 GW |
| Potencia en Argentina (2019) | 1,7 GW (1.732 MW) | 2,5 GW (2.466 MW) |
| Precio mundial ponderado (2016) | 150 USD/MWh | 100 USD/MWh |
| Menor precio RenovAr (2018) | 40,8 USD/MWh | 37,3 USD/MWh |

La energía fósil a nivel mundial tiene un costo entre los 45USD/MWh a 140USD/MWh (Figura 1.2). La capacidad de generación de una planta térmica puede ser de 600 MW mientras que la de un parque eólico grande de 30 molinos es de 100 MW.



Resumen Capítulo 3

Las energías renovables eólicas y solares presentan características singulares que las diferencian de la generación convencional: son variables por naturaleza (intermitentes) y no son gestionables (deben ser utilizadas en el momento).

A nivel mundial en el año 2017 la capacidad de energía renovable fue de 2.195 GW, con una participación en la producción de 26,5%. Excluyendo los 16,4% de Hidro tradicional, hay un 10,1% de nuevas renovables en la electricidad mundial. En Argentina la capacidad de renovables fue de 13 GW, y hubo una participación aproximada de 2% de nuevas renovables de energía anual producida en el mismo año. En el mismo año hubo otro récord en capacidad agregada en nuevas energías renovables, como también una baja de costos, incremento de inversión en estas energías y avances tecnológicos

Los motivos del despliegue de energía renovable en el sector eléctrico se pueden entender por la preferencia en la inversión y el interés político, por estar alineado a los objetivos ambientales y al cubrimiento del incremento de la demanda. El motivo por el cual la energía eólica y solar capturan las preferencias de inversión en lugar de la tradicional hidráulica, es fundamentalmente por los avances tecnológicos que están mejorando las eficiencias en la fabricación de equipamiento, reduciendo los costos de instalación y mejorando el rendimiento de los equipos de generación de energía y, la madurez de estas tecnologías renovables que reducen el riesgo percibido del proyecto, lo que reduce en gran medida el costo del capital. La presión a la baja y la disminución de márgenes se evidencia en la consolidación de empresas.

Las TIC son el habilitador que posibilita gestionar en forma eficiente, en tiempo real, estos recursos de naturaleza “variables/no gestionables”.

Las principales leyes en Argentina que promueven a las energías renovables son: la ley 27.191(2015) de energía renovable para grandes consumidores con metas de incorporación de renovables en el consumo; la Resolución 281/17 para grandes consumidores permite elección del proveedor y la ley 27.424 de fomento de energía distribuida, un paso en la desregulación del mercado tradicional.



CAPITULO 4 – EL FUTURO DE LA ELECTRICIDAD

Tendencia mundial

La disponibilidad de energía eléctrica es un elemento central del desarrollo de las comunidades y naciones. Un sistema sustentable de energía eléctrica accesible y confiable es una de las bases para el desarrollo de una sociedad moderna. Los cambios disruptivos en la tecnología transformarán al sistema eléctrico en un sistema de mayor complejidad y tecnificación, con la aparición de nuevos modelos de negocio y cambios del panorama regulatorio (WEF, 2017).

Hay tres tendencias que convergen en forma virtuosa en este cambio disruptivo:

- **Electrificación:** hay un aumento de la demanda en los países emergentes. Las preferencias de electrificación se incrementan en la calefacción y en el transporte. La tendencia hacia una mayor electrificación está alineada con las metas ambientales de descarbonización.
- **Descentralización:** la tendencia a la baja de los costos de recursos de energía distribuida, como son las baterías de litio, sumado a la generación domiciliaria, la flexibilidad de la demanda y la eficiencia energética; hace a los consumidores agentes activos o “prosumidores”.
- **Digitalización:** la aparición de medidores y sensores inteligentes, plataformas optimizadas, la inclusión de Internet de las Cosas "*Internet of Things*" (IoT) incorporando millones de dispositivos conectados en forma permanente comunicándose entre sí, orquestadas por las nuevas TIC, habilitan la comunicación y operación del sistema en tiempo real realimentando el círculo de la electrificación y la descentralización (IEA y WEF, 2017) (Capítulo 5).

Estas tres tendencias se alimentan en forma virtuosa generando una unidad, que está en evolución creciente desde el 2005. La electrificación es crítica para los objetivos de reducción de carbono a largo plazo y representará una parte cada vez más relevante en el uso de energía renovable. La descentralización convierte a los clientes en elementos activos del sistema y requiere una coordinación significativa. La digitalización permite un mayor



control, incluida la optimización automática y en tiempo real del consumo y la producción, y la interacción con los clientes. Estos tres factores se ven alimentados por los costos decrecientes de la tecnología, los modelos de negocio innovadores alrededor de clientes activos, por el incremento del transporte eléctrico y la mejora resultante en la tasa de utilización de los activos del sistema eléctrico (WEF, 2017).

La continua electrificación de los servicios de energía en todos los sectores de uso final, especialmente en el transporte y el crecimiento de las fuentes de energía descentralizadas, impulsan este movimiento, lo que ocurriría incluso sin las tecnologías digitales. La digitalización es solo una parte de este proceso (IEA, 2017). Estas tres tendencias impactarán en la economía del sistema eléctrico, en la red y “detrás” del medidor²¹.

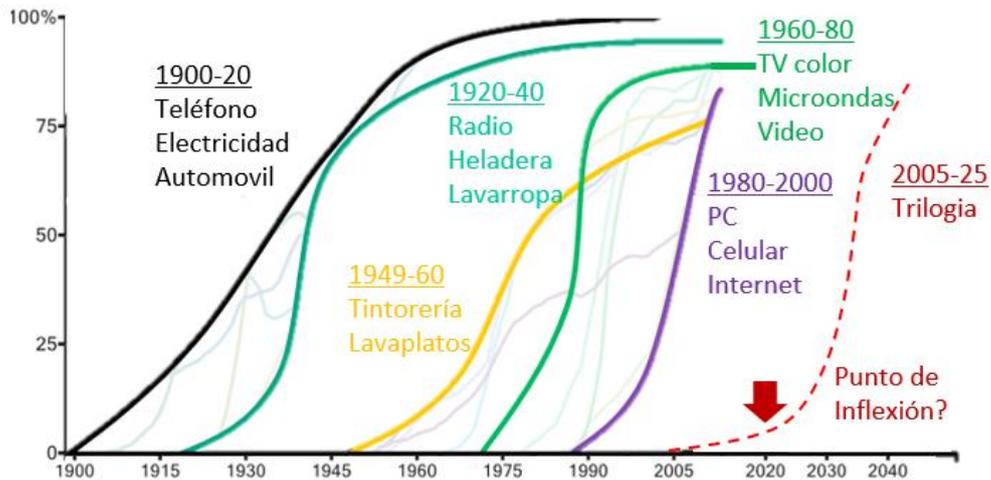
La tasa de adopción de esta trilogía (electrificación, descentralización, digitalización) es probable que siga la curva “S” típica de las tecnologías anteriores, como televisores, electrodomésticos e Internet (Figura 4.1). No es fácil pronosticar con precisión cuándo las tecnologías alcanzan su punto de inflexión y se propagan en un ritmo exponencial. Sin embargo, en las últimas décadas, el tiempo para alcanzar el punto de adopción masiva se ha reducido a unos 15 a 20 años²² (WEF, 2017).

La "curva en S" (Richard Foster, 1986) surge cuando se representa la evolución del rendimiento o los resultados obtenidos en un dominio de aplicación con el uso de una tecnología con las inversiones realizadas. El límite se refiere a nivel óptimo de uso o de máximo rendimiento de la tecnología en cuestión. Las evoluciones de tiempo en forma de “S” se observan frecuentemente en algunas dinámicas económicas, ciclos de vida del producto, la difusión gradual de innovaciones tecnológicas o las fluctuaciones a largo plazo en el crecimiento de los ingresos y la productividad son solo algunos ejemplos.

²¹ Detrás del medidor, se refiere a la tecnología aplicada del lado residencial.

²² Si tomamos 2005 como el inicio de esta tendencia, en 2019 estamos justo en el período de crecimiento exponencial.

Figura 4.1 – “Curva S” de productos innovativos.

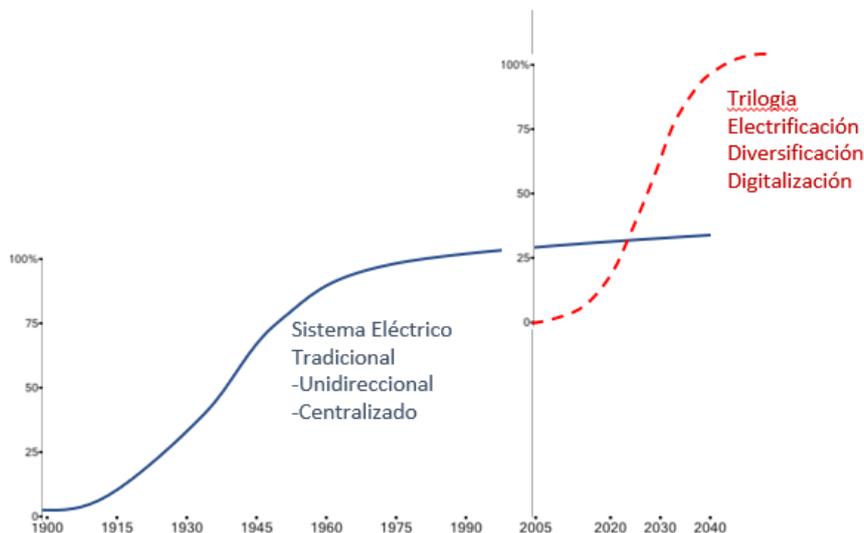


Fuente: Basado en el reporte World Economic Forum (The Future of Electricity, Overview, Fig.3, pág.6).

Cuando la tecnología alcanza su madurez, las innovaciones son marginales. La curva “S” inicia con un período lento de desafío, verificación y aceptación de un nuevo entendimiento (Rogers & E.M, 1962). Presenta un cambio de las reglas que imperan el modelo anterior. Una innovación radical es por definición una ruptura capaz de iniciar una discontinuidad tecnológica. Las innovaciones radicales rompen la tendencia de las tecnologías en uso y promueven divergencias. Los procesos evolutivos presentan estas interrupciones o divergencias que reflejan cambios de paradigma respecto al modelo vigente, es decir, que no son una mejora en la curva; constituyen un salto en la curva “S” (Terlato, 2018). De esta forma hay estadios de relativa estabilidad quebrados por eventos esporádicos, acontecimientos importantes que suceden con rapidez y cristalizan en una nueva estabilidad temporaria (Figura 4.2). La “trilogía” corresponde a este último. No representa un caso de innovación incremental, no refleja una mejora marginal; se asemeja a un caso de disrupción que incluye a tecnologías discontinuas derivadas de innovaciones radicales (IoT, Inteligencia Artificial, *Big Data*), con la convergencia de ramas antes separadas (electricidad, recursos distribuidos, digitalización).



Figura 4.2 – Innovación Divergente de la trilogía respecto al sistema tradicional.



Fuente: Basado en (a) Fundamentos de Gestión Tecnológica (Gestión Tecnológica Universidad del Valle). https://campusvirtual.univalle.edu.co/moodle/pluginfile.php/606771/mod_resource/content/1/trayectoria%20tecnologica.pdf; y (b) OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2013 (pág 171). https://read.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-science-technology-and-industry-scoreboard-2013_sti_scoreboard-2013-en#page172.

Primera tendencia del sistema eléctrico: Electrificación

La mejora de las condiciones de vida en un futuro cercano implicará más utilización de electrodomésticos, acondicionadores, robots, autos eléctricos y otros bienes que funcionan con electricidad, multiplicando así las necesidades eléctricas. La continua electrificación hace que la transformación del sistema eléctrico sea aún más importante por las mayores oportunidades para explotar nuevas tecnologías digitales y por el impacto en la economía global. En las economías que maduran, se observa que la proporción de electricidad en la combinación energética generalmente aumenta en todos los sectores de uso final (IEA, 2017).

A medida que la generación se desplaza hacia fuentes más renovables, la electrificación crea beneficios ambientales adicionales al alejar muchos usos finales, por ejemplo, el transporte eléctrico y la calefacción eléctrica, de las fuentes de combustibles fósiles. En muchos casos la electrificación aumenta además la eficiencia energética (WEF, 2017). Las tecnologías digitales amplían la posibilidad de integrar las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía (Capítulo 5).

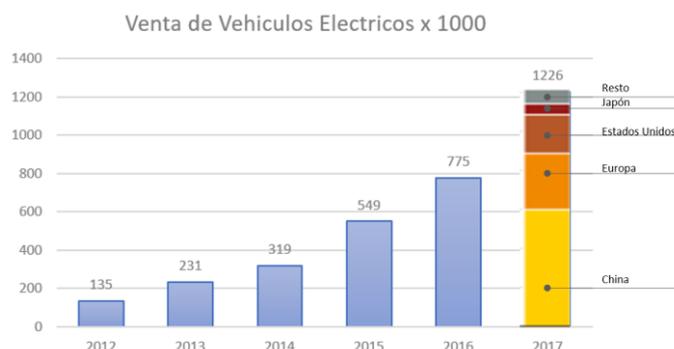


Electrificación del transporte

En el sector del transporte, los automóviles, camiones, aviones, barcos, trenes y su infraestructura de apoyo se están volviendo más inteligentes y más conectados, lo que mejora la seguridad y la eficiencia. La mayor electrificación en los automóviles podría cambiar radicalmente la movilidad impulsada por la conectividad del sistema eléctrico, la automatización, la reducción de costos de las baterías, la disminución del estrés del conductor y en los nuevos paradigmas de propiedad en la movilidad compartida. Mientras tanto, los impactos netos globales en el uso de energía son inciertos. A largo plazo, en el mejor de los casos, con una eficiencia mejorada a través de la automatización y el uso compartido, la demanda de energía podría reducirse a la mitad en comparación con los niveles actuales. Por el contrario, si las mejoras en la eficiencia del sistema eléctrico no se materializan y considerando que más de 70% generado insume combustible fósil – Capítulo 2, Fig. 2.2; la electrificación creciente podría tener un rebote negativo reflejado en un uso sustancialmente mayor del automóvil que podría duplicar la demanda actual de energía en el mundo (IEA, 2017). Si la energía se genera con fuentes limpias, la electrificación del transporte puede ser un medio de descarbonización que se alinea a objetivos ODS de medio ambiente, sustentabilidad, de seguridad y eficiencia (WEF, 2017).

Según la Figura 4.2 puede apreciarse la evolución 2012- 2017 de la flota de vehículos eléctricos vendidos en el mundo que al 2017 sumaban más de 3 millones (REN21, 2018).

Figura 4.2 – Venta de Vehículos eléctricos 2012-2017 a nivel mundial.



Fuente: Basado en el reporte REN21 (Renewables 2018 Global Status Report, Capítulo 6, Figura 53) - http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_06/chapter_06/



IEA (Internacional Energy Agency) estima que la flota de vehículos eléctricos para el 2040 podrían representar 150 millones. Con estas cifras las necesidades de carga alcanzan los 140 GW. En un escenario más ambicioso, la cantidad de vehículos eléctricos podría llegar a 500 millones con un consumo requerido de 300 GW (13% de los 2195 GW instalados de renovable mundial). Con estos datos, la infraestructura plantea una necesidad de inversiones de generación, transmisión y distribución; que se requeriría para cubrir los picos de demanda considerando el riesgo de rebote negativo comentado (IEA, 2017).

Actualmente, el transporte representa el 32% de la demanda de energía final global (Capítulo 2 - Figura 2.6) y el 23% de las emisiones globales de CO₂ de la combustión del combustible (IEA, 2017). Los objetivos de descarbonización, especialmente en países desarrollados, impulsarán más aun esta tendencia de electrificación con fuentes renovables.

La tecnología de vehículos eléctricos ha evolucionado rápidamente en los últimos cinco años. El rango ha mejorado desde menos de 160 km hasta 480 km.

Proporcionar suficiente energía para cargar completamente la batería de un vehículo eléctrico típico puede requerir más de cuatro horas. En puntos de carga de 22 KW, el modelo Tesla S necesita 4,5 hs.²³

El costo de las baterías disminuyó desde aproximadamente 1000 USD/KWh en 2010 a menos de USD 200/KWh en 2017, lo que redujo el costo de los vehículos eléctricos y permitió modelos de menor costo como el Nissan Leaf o el Tesla Model 3. Según se observa en la Figura 4.3, los precios de las baterías para vehículos disminuirán a 70 USD/KWh en el 2030, lo que significa un 67% menos respecto a los precios observados en 2017. El crecimiento de las baterías permitirá que para 2050 el mundo obtenga la mitad de la electricidad de energía eólica y solar (BloombergNEF, 2018).

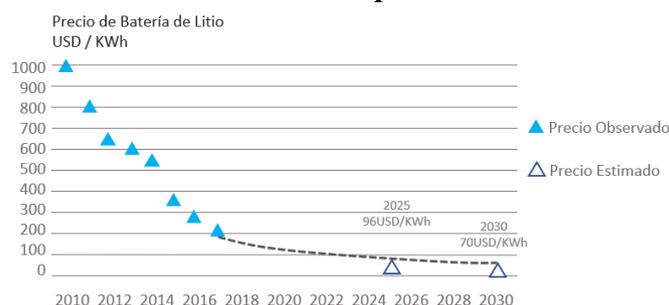
Cambiar la carga de los vehículos eléctricos a una demanda baja y abundante con generación de bajo costo, como la energía Eólica y Solar, podría reducir la necesidad de capacidad de generación adicional para satisfacer la demanda de los vehículos eléctricos, lo que supone un ahorro significativo para el sistema. Hoy en día, los vehículos eléctricos en los mercados más grandes se benefician de subsidios directos, por ejemplo, en forma de créditos fiscales que compensan parcialmente los mayores costos de compra. Para 2020, en

²³ Según experiencias en la web, un tramo de 550km de seis horas, necesita otras seis horas de carga.
https://www.tesla.com/es_ES/models



muchos países estos vehículos serán más económicos aún sin subsidios. Esta mejora se debe principalmente a la disminución de los costos de las baterías, como se refleja en la Figura 4.3, que representan la mayor parte del costo diferencial de éstos en la actualidad. Se espera que los costos de la batería disminuyan a menos de USD 200/kWh para 2020 (WEF, 2017).

Figura 4.3 – Precio de las baterías de litio período 2010 – 2030.



Fuente: Basado en el reporte de World Economic Forum (The Future of Electricity, Fig.5, pág.9) y BloombergNEF (New Energy Outlook 2018). <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>

Infraestructura por electrificación del transporte

El aumento de vehículos eléctricos requiere nuevas inversiones para construir infraestructura de carga. Los vehículos eléctricos representan la demanda móvil de electricidad y, como tal, teóricamente se pueden cargar en cualquier momento del día, a bajos índices de recarga, ya sea en la casa o en la oficina, o mediante una carga más rápida utilizando la infraestructura de carga pública. Cuándo, dónde y la cantidad de energía que los vehículos eléctricos sacan de la red variarán significativamente y dependerán no solo de los comportamientos de los conductores, sino también de los incentivos y señales que podrían proporcionarse a los consumidores en forma de ahorros para lograr una mayor flexibilidad y reducir las necesidades de inversión (IEA, 2017).

Se requerirá la coordinación de las estrategias de carga a través de las tecnologías digitales (llamada “carga inteligente”) para aprovechar esta oportunidad. Con la carga inteligente, las señales de precio y control ofrecen incentivos para que los vehículos eléctricos conectados se carguen cuando hay una producción abundante de electricidad de bajo costo, o para que estén en espera cuando la red está congestionada. La “carga inteligente” requerirá una infraestructura digital para permitir la comunicación entre los



puntos de carga a fin de habilitar a los operadores de la red que envíen solicitudes para aumentar o reducir la demanda en determinados momentos del día (IEA, 2017).

La “carga inteligente” de vehículos, será determinante para evaluar la capacidad de ahorro en relación a la inversión finalmente requerida (IEA, 2017). Esto ha profundizado el impacto que puede tener una red inteligente que incorpore la creciente penetración de energías renovables disponibles, haciendo de la flexibilidad del sistema eléctrico una alta prioridad (Bloomberg, 2018).

Existe consenso respecto a desarrollar una red eléctrica más eficiente y fiable, que mejore la seguridad y calidad del suministro, de acuerdo con los avances de la era digital. Las nuevas tecnologías disminuirán los costes en el suministro de energía eléctrica y reducirán la necesidad de una inversión masiva en infraestructura en al menos los próximos veinte años con una red eléctrica de mayor capacidad (Diaz.C & Hernández.J, 2011).

Segunda tendencia del sistema eléctrico: Descentralización

El sector eléctrico se está descentralizando cada vez más, lo que significa la creciente presencia de “Recursos Energéticos Distribuidos” (DER) conectados directamente a las redes de distribución locales. La digitalización está permitiendo a los clientes ser más activos en la adaptación de su propia producción de electricidad (en gran parte a partir de energía solar fotovoltaica), uso y almacenamiento. En la mayoría de los casos esto sucede a través del modelo de negocio de “Agregación”. Los Agregadores, son conocidos como proveedores de respuesta a la demanda, consolidan la compra a “prosumidores” y la venden al distribuidor (IEA, 2017).

El aumento de la generación distribuida a pequeña escala permite a los consumidores tener cada vez más la opción de comprar electricidad o producir al menos una parte ellos mismos, convirtiéndose en prosumidor". A medida que los costos de la energía solar fotovoltaica y las baterías continúan disminuyendo y la proporción de consumidores que participan en los programas de “respuesta a la demanda” aumenta, los volúmenes de energía producida y almacenada "detrás" del medidor²⁴ podrían aumentar considerablemente. Los

²⁴ Detrás del medidor, se refiere a la tecnología aplicada del lado residencial.

retiros y las inyecciones de electricidad desde y hacia la red se pueden gestionar de forma activa utilizando la nueva tecnología digital (IEA, 2017).

Estos desarrollos podrían transformar la forma en que funciona el suministro eléctrico. La descentralización se refiere a la aplicación de varias tecnologías con diferentes implicaciones para la red (Figura 4.4) (WEF, 2017).

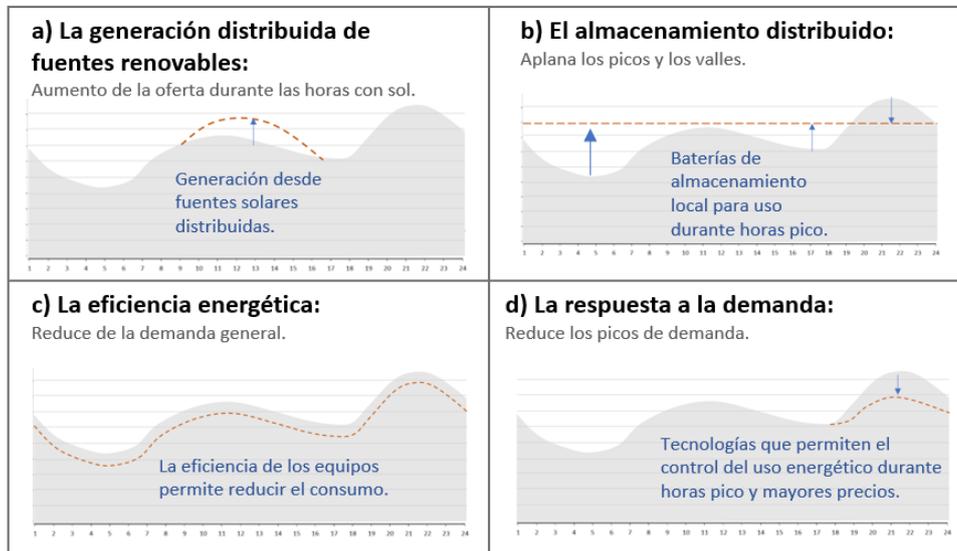
a) La generación distribuida de fuentes renovables (principalmente fotovoltaica solar) aumenta la oferta durante las horas de sol del día.

b) El almacenamiento distribuido recolecta energía eléctrica localmente para uso durante períodos pico o como respaldo, aplanando los picos y valles de la demanda.

c) La eficiencia energética permite un uso reducido de la energía mientras se brinda el mismo servicio, lo que reduce la demanda general.

d) La respuesta a la demanda permite el control del uso de la energía durante los períodos de mayor demanda y de precios altos, reduciendo la demanda máxima.

Figura 4.4 - Recursos Energéticos Distribuidos



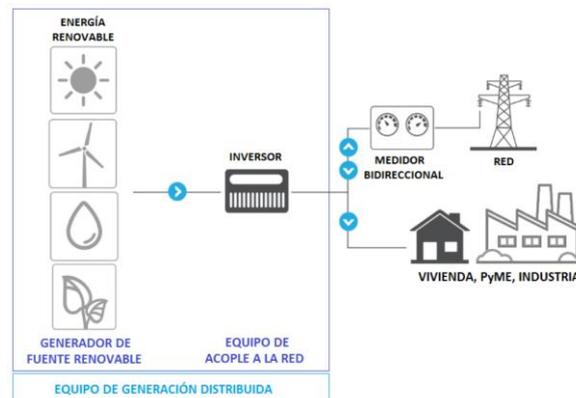
Fuente: Basado en el reporte World Economic Forum (The Future of Electricity, pág.9).

a) La generación distribuida de fuentes renovables

Según el Ministerio de Hacienda, la “Generación Distribuida” es el uso de Fuentes de Energía Renovables, como el sol, el viento, el agua en cauces de río, la biomasa, y otros, para generar electricidad para ser autoconsumida en el mismo punto de consumo, y a su vez

inyectar el excedente de energía a la red de distribución. Los equipos de generación distribuida, como son los paneles solares, pequeños aerogeneradores y otras tecnologías, pueden instalarse en las industrias y hogares, generando un ahorro económico en la factura del servicio eléctrico y favoreciendo al cambio climático. El equipo de generación distribuida está compuesto por un generador de fuente renovable, por ejemplo, paneles solares y un equipo de acople a la red, por ejemplo, un inversor que convierte la corriente continua en corriente alterna (Figura 4.5) (Ministerio de Hacienda, 2019).

Figura 4.5 – Energía Distribuida en los hogares.



Fuente: Ministerio de Hacienda/Energía. <https://www.argentina.gob.ar/energia/generacion-distribuida>
<https://www.argentina.gob.ar/energia/generacion-distribuida/que-es-la-generacion-distribuida/preguntas-frecuentes#1>

Con el crecimiento de la “Generación Distribuida” a pequeña escala, la electricidad generada y distribuida a través de la red se espera que caiga como resultado de un menor consumo neto, lo que potencialmente reducirá los ingresos obtenidos por las empresas de servicios públicos y operadores de red tradicionales, a menos que el sistema esté bien regulado. Esto, a su vez, puede restringir la capacidad de invertir en el mantenimiento o la actualización de la infraestructura, o generar distorsiones por las cuales los consumidores que dependen completamente de la red podrían terminar subsidiando a los consumidores que toman menos energía de la red eléctrica pero todavía necesitan que la infraestructura de la red se mantenga. Hasta cierto punto, la electrificación, especialmente de nuevas cargas como los vehículos eléctricos, podría ayudar a compensar la reducción en el consumo de



electricidad basado en la red, lo que requerirá amplios cambios regulatorios para maximizar estas oportunidades a un costo mínimo (IEA, 2017).

Los programas de incentivos para fomentar la generación distribuida en forma de tecnologías fotovoltaicas solares residenciales resultan en general eficaces y los consumidores lo están adoptando en muchos países. El despliegue de paneles solares fotovoltaicos²⁵ ha aumentado en los últimos años, con una capacidad instalada global que se espera que sea superada en más de 2,5 veces para 2020 respecto del 2015 (WEF, 2017).

Hay que considerar que la estructura reguladora del sistema de electricidad convencional se diseñó en torno a un número limitado de activos de generación centralizada a gran escala, conectados a una red de transporte unidireccional hacia los clientes. Con la generación distribuida, las redes de distribución se activan y ven que la energía fluye en ambas direcciones, con un mayor número de clientes para administrar y un cambio en el perfil de carga al reducir la demanda de la generación central. Los requisitos que permiten la gestión del flujo de electricidad en tiempo real, no se han desarrollado completamente en la mayoría de los países, ni tampoco esquemas sólidos para valorar los servicios de generación distribuidos. Con una infraestructura apropiada y conductas de clientes participativas a su favor, se podría postergar las inversiones de capital para mantener y actualizar las redes y los servicios cuando estos son menos económicos. En algunos casos, la generación distribuida puede ser la forma más económica y conveniente de soportar el crecimiento de la carga, en particular donde sería demasiado costoso o sería difícil agregar una nueva infraestructura (WEF, 2017).

b) El almacenamiento distribuido

A medida que se conectan más fuentes de energía renovables, la necesidad de almacenamiento será cada vez más evidente. Sin almacenamiento, cuando ingresa demasiada electricidad a la red en los días soleados o ventosos, o con demanda reducida, la oferta supera a la demanda. Las previsiones estiman que este desequilibrio aumentará con el paso del tiempo en los próximos años, a medida que más electricidad ingrese a la red a partir de fuentes renovables. El almacenamiento agrega flexibilidad al sistema, permitiendo que la

²⁵ Tesla ofrece una variedad de formas y colores de tejas, en su página web: www.tesla.com



energía sin uso en un momento del día se almacene y descargue más tarde cuando se necesite, en horas de la noche o en momentos de máxima demanda. Por lo tanto, el almacenamiento ofrece una manera de aplanar los picos y valles de suministro dando más flexibilidad al sistema eléctrico (WEF, 2017).

En la actualidad la mayor capacidad instalada está en los proveedores de servicio, en islas o módulos de baterías, que permiten proporcionar numerosas funciones de servicio, como administración de red (regulación de frecuencia, soporte de voltaje), servicios de utilidad (adecuación de recursos, alivio de congestión) y servicios al cliente (energía de respaldo, reducción de cargos por demanda). Por otro lado, las baterías instaladas en los domicilios, para almacenar la electricidad generada por sus paneles solares en el techo y usarla más tarde, resultarán más atractivas. A medida que disminuyen los costos de las baterías, el costo del almacenamiento podría alcanzar la paridad con la red eléctrica a fines de la década de 2020, un punto de inflexión después del cual los operadores de redes podrán ofrecer la flexibilidad de las plantas pico, aprovechando la salida almacenada de las energías renovables. Las proyecciones estiman que la demanda de almacenamiento de energía, excluyendo la energía hidroeléctrica bombeada, aumentará más de 100 veces en 10 años (de 400 MWh a nivel mundial en 2015 a cerca de 50 GWh en 2025). A la fecha hay falta de señales de precios para fomentar el almacenamiento distribuido. El almacenamiento efectivo depende de señales de precios claras y automáticas enviadas a los sistemas de almacenamiento inteligente. Actualmente, la mayoría de los sistemas eléctricos carecen de tales señales de precios en tiempo real para el cliente (WEF, 2017).

El almacenamiento también puede proporcionar una solución a algunos desafíos de congestión local en el nivel de distribución y, por lo tanto, postergar o evitar posibles actualizaciones en la infraestructura de la red. Sin embargo, el almacenamiento generalmente no se incluye en los procesos de planificación del sistema y, por lo tanto, su impacto no se puede realizar completamente. El almacenamiento ayudará a descarbonizar la generación al suavizar la curva de oferta y allanar el camino para una generación más renovable. El uso del almacenamiento en entornos comerciales e industriales se ha disparado en los últimos años. Junto con las señales de precios, puede proporcionar beneficios adicionales en forma de arbitraje de tasas e inversiones de capital diferido necesarias para mejorar la red. Algunos proveedores de almacenamiento de energía distribuido están combinando *Big Data*, análisis



predictivo y almacenamiento de energía avanzado para reducir los costos de electricidad para los clientes y al mismo tiempo agregar estos activos para proporcionar capacidad a la red cuando la demanda está en su punto máximo (WEF, 2017).

c) La eficiencia energética

La combinación de innovación de los productos y de eficiencia energética, hacen que la mayoría de los productos energéticos, de consumo e industriales, sean más eficientes en el uso de la electricidad que hace unos años. El consumo de energía para la iluminación cayó más del 75%, ya que los tubos fluorescentes y los LED reemplazaron a las lámparas incandescentes (WEF, 2017).

A pesar de este éxito aparente, la adopción de productos de eficiencia energética sigue siendo un desafío debido a los ciclos de reemplazo prolongados de aparatos y equipos (nueve o más años) y en gran medida estos ciclos se basan en incentivos y en el atractivo de las innovaciones tecnológicas. Las normas han demostrado ser efectivas para acelerar los ciclos de reemplazo, pero no todos los programas de eficiencia energética han tenido el mismo éxito (WEF, 2017).

Por ejemplo, en Argentina el ministerio de Hacienda de la Nación (en ese año era de Producción y de Energía y Minería) lanzó el Plan para la adopción de lámparas LED²⁶, también el Plan Alumbrado Eficiente que aplica a todo el país. El mismo consiste en un recambio de luminarias de vía pública por equipos más eficientes de tecnología LED. Esta acción permitirá generar un ahorro de energía de hasta el 50% respecto del consumo actual²⁷.

Evitar un kilovatio-hora de demanda suele ser más barato que satisfacer esa demanda con cualquier otro recurso disponible. La eficiencia energética es un recurso rentable y es significativamente menos costoso que invertir en generación adicional. IEA estima que cada dólar gastado en eficiencia energética evita más de USD 2 en inversiones de suministro (WEF, 2017).

²⁶ Argentina 2018: www.argentina.gob.ar/cambiaelfoco

²⁷ Argentina 2017. <https://www.boletinoficial.gob.ar/#!DetalleNorma/162291/20170417>

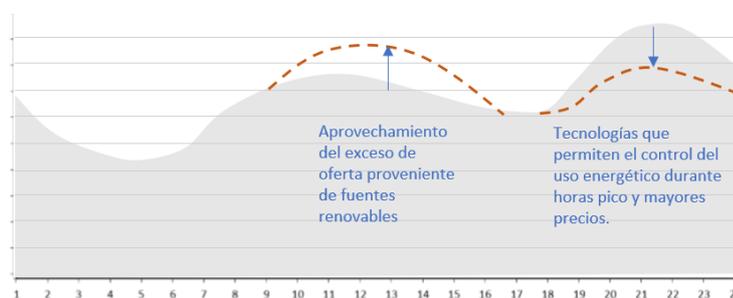


d) La respuesta a la demanda

El mecanismo por el cual un mayor número de consumidores de electricidad respondan de manera flexible a las señales del sistema es conocido como “Respuesta a la Demanda”. El objetivo de la respuesta a la demanda es mantener la seguridad del suministro al menor costo. La conectividad digital permite que los aparatos y equipos se monitoreen continuamente. La información se consolida y luego se usa para dar forma a la demanda para que coincida de manera óptima con el suministro disponible (IEA, 2017).

La respuesta a la demanda ha estado operando en algunos lugares durante muchos años, pero ha permanecido en una escala muy limitada y en gran parte restringida a grandes consumidores industriales. Hoy en día, solo el 1% de la demanda global, o alrededor de 40 GW de capacidad, puede responder directamente a la escasez o al exceso de oferta (Figura 4.6) (IEA, 2017).

Figura 4.6 – Efecto de la Respuesta a la Demanda sobre la oferta



Fuente: Basado en reporte IEA (Digitalization&Energy, Cap.3, Fig. 4.6, pág.90).

Típicamente industrias de alto consumo energético, se les ofrecen incentivos financieros a cambio de aceptar la posibilidad de que su suministro se interrumpa en el aviso breve cuando el operador de la red lo considere necesario para garantizar la seguridad del sistema eléctrico. Este tipo de respuesta a la demanda, también llamado servicio interrumpible, es una herramienta de administración del lado de la demanda que apunta a brindar una respuesta rápida y flexible a las necesidades del operador de la red en situaciones de desequilibrio entre la generación y la demanda. Por ejemplo, un pico excepcional en el consumo debido a condiciones climáticas extremas, cortes no planificados en el suministro o una combinación de ambos podría comprometer la seguridad y el funcionamiento regular



de la red e incluso provocar un apagón. Como medida preventiva, los grandes consumidores de electricidad, por ejemplo, las industrias que consumen mucha energía, en respuesta a un pedido emitido por el operador del sistema reducen su consumo para ayudar a mantener el equilibrio entre la generación y la demanda, de modo que otros consumidores no se vean afectados. En la mayoría de los mercados eléctricos maduros, el operador de la red asigna los servicios de interrupción a través de mecanismos de subasta competitivos (IEA, 2017).

Si bien los beneficios potenciales para todo el sistema son enormes, los ahorros financieros para las personas pueden no ser suficientes para persuadir a una gran proporción de consumidores a participar por sí solos en la respuesta a la demanda, ya que típicamente representan un pequeño porcentaje de la factura de electricidad promedio en países desarrollados. Esto resalta la necesidad de marcos regulatorios y de políticas que distribuyan los costos y beneficios de manera adecuada a través de incentivos tanto para el operador del sistema como para los consumidores, al tiempo que garantizan la ciberseguridad de la red, por la información compartida (IEA, 2017) (Capítulo 6).

El papel de los Agregadores también puede resultar clave. Los Agregadores, conocidos como proveedores de respuesta a la demanda, reúnen la demanda de los consumidores de cualquier tipo, así como el suministro de productores distribuidos, tales como plantas de energía basadas en energías renovables, para brindar servicios de balanceo a la red ajustando la demanda de energía o cambiando las cargas. El “grupo” de carga agregada se gestiona como una unidad de consumo flexible única, equivalente a una central eléctrica virtual, y se vende a los mercados o al operador de la red. De esta manera, el Agregador proporciona una interfaz entre un gran número de consumidores / productores individuales y los mercados de energía / operadores de redes. El modelo de negocio del Agregador depende de un marco regulatorio que le permita al operador de la red comprar la flexibilidad de la demanda de un tercero. El estado relativamente subdesarrollado del mercado y su distribución geográfica reflejan plenamente esta circunstancia. El mayor desarrollo y la estabilidad de dichos marcos regulatorios serán, por lo tanto, clave para el crecimiento futuro del modelo Agregador (IEA, 2017).

Las políticas energéticas en todo el mundo reconocen cada vez más la importancia de la respuesta a la demanda y están comenzando a resolver los desafíos que dificultan su plena aceptación. A medida que más recursos energéticos distribuidos (DER) se ponen en



línea, los programas de respuesta a la demanda pueden volverse aún más flexibles y, según algunas estimaciones, podrían reducir las inversiones anuales necesarias en la infraestructura de la red. Muchos programas se han dirigido a clientes comerciales e industriales, ya que el sector residencial puede ser más difícil debido a una variedad de factores, que incluyen los altos costos de adquisición para los individuos y la limitada gama de flexibilidad disponible para ellos. A pesar de esto, los nuevos dispositivos más inteligentes, como los acondicionadores de aire, las heladeras inteligentes y la iluminación superficial que pueden responder a las señales de precios automáticos, así como el progreso de la digitalización que mejora las capacidades técnicas de agregación, ayudan a facilitar los programas de respuesta a la demanda incluso para clientes residenciales (WEF, 2017).

Además, las empresas han comenzado a ofrecer programas más avanzados de respuesta a la demanda. Por ejemplo, el programa de “Opower” alerta a los clientes sobre las horas pico a través de mensajes de texto o correo electrónico (WEF, 2017).

Los desafíos principales que han dificultado la aceptación de la respuesta a la demanda son la falta de integración en el mercado (incluido el acceso al mercado, definición de procesos estandarizados para la medición, verificación y liquidación, función no clara o Agregación independiente no permitida) y la ausencia de señales de precios (WEF, 2017).

Resumen Capítulo 4

El sistema actual está dando un salto disruptivo hacia una red inteligente impulsado por la “trilogía” de electrificación, descentralización y digitalización; que constituyen un nuevo paradigma hacia la energía bidireccional y con la aplicación de las nuevas TIC para gestionar en forma eficiente los recursos de generación, los sistemas de transmisión, de distribución y las instalaciones del cliente.

El sector eléctrico se está descentralizando cada vez más, lo que significa la creciente presencia de “Recursos Energéticos Distribuidos” (DER). Esto puede significar una disminución de ingresos en las compañías tradicionales que podría comprometer las inversiones requeridas de actualización de infraestructura o mantenimiento, además de



significar costos desiguales en clientes que dependen completamente de la red respecto a los prosumidores que se benefician de ella.

En contraste, la creciente electrificación puede provocar un rebote negativo en el consumo de energía mundial. Los vehículos eléctricos serán un adicional de consumo con demanda móvil de electricidad y, como tal, teóricamente se pueden cargar en cualquier momento del día. La demanda adicional del transporte podrá balancear en forma inteligente y positiva los efectos en la disminución de la demanda residencial por la descentralización y el uso de recursos de energía distribuida.

El incremento de la demanda eléctrica requerirá un replanteo de la infraestructura hacia un sistema eléctrico más flexible que integre los “recursos distribuidos” (incorporación de renovables distribuidos, almacenamiento, eficiencia energética y respuesta a la demanda) de forma tal de minimizar o suprimir las necesidades adicionales de inversiones de generación, por ejemplo, centrales de punta. Esta capacidad la darán las TIC, con la capacidad de administrar la complejidad de una gran cantidad de transacciones distribuidas, a la vez de permitir integrar la generación de renovables en tiempo real, por lo cual, la flexibilidad que habilitarán las TIC serán de alta prioridad en la ecuación de capacidad de ahorro versus inversión. Es decir, reemplazar infraestructura por información y esto último por la inclusión de las TIC en el sistema de gestión.

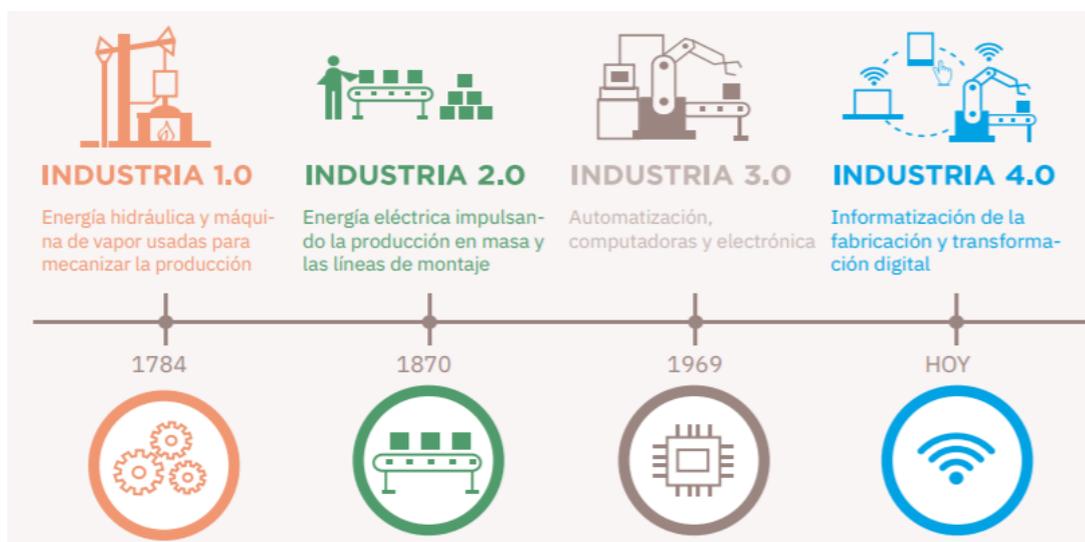


CAPITULO 5 – DIGITALIZACION DE LA ELECTRICIDAD

Cuarta revolución industrial

Si bien muchas de las tecnologías que hoy convergen ya existían, a veces de forma embrionaria, la gran diferencia con respecto al pasado se basa en la forma en que se combinan para generar disrupciones significativas. Los efectos esperados son de tal magnitud que muchos hablan de una Cuarta Revolución Industrial (4RI), comparable a la aparición de la máquina de vapor a fines del siglo XVIII, a la irrupción de la electricidad a fines del siglo XIX y a la revolución de las TIC unas décadas atrás. El término “Industria 4.0” surge en Alemania a comienzos de la década de 2010, por un grupo multidisciplinario de especialistas convocados por el gobierno para diseñar un programa de mejora de la productividad de la industria manufacturera. Así, el término “Industria 4.0” se convirtió en un eje central del Plan Estratégico de Alta Tecnología 2020 del gobierno alemán, y se instaló mundialmente como una de las referencias conceptuales de la Cuarta Revolución Industrial. Desde la irrupción del término “Industria 4.0”, las revoluciones anteriores (Figura 5.1) fueron conceptualmente asociadas a estadios previos en la evolución del sector industrial, dando lugar a los conceptos de Industria 1.0, Industria 2.0 e Industria 3.0 (BID, 2019).

Figura 5.1 – Evolución de las revoluciones industriales



Fuente: BID, 2019 (Travesía 4.0 hacia la transformación industrial argentina, Ilustración 1, pág.12)



¿Digitalización, que es?

La digitalización describe la creciente aplicación de las TIC en toda la economía, incluidos los sistemas de energía (IEA, 2017).

El uso de tecnología digital para transformar un formato analógico en digital no significa digitalización. Las tecnologías digitales en un teléfono inteligente están presentes en su conexión a Internet, en el sistema de posicionamiento global (GPS), en los datos del tráfico en las calles en tiempo real, el clima, acceso a las cámaras de seguridad (IEA, 2017).

Digitalización es "el uso de las tecnologías digitales para cambiar un modelo de negocio y proporcionar nuevos ingresos u oportunidades de generación de valor; es el proceso de pasar a un negocio digital" (Gartner).

La Transformación Digital es un re-modelamiento de la tecnología, los procesos, y el modelo de negocio hacia una mayor competitividad digital, en una economía digital en constante evolución. (Altimeter Group, s.f.)

La transformación digital es un equivalente interno a la evolución del cliente externo, al cambio de conducta del cliente y de la forma de hacer negocios. Se puede pensar en la digitalización como la creciente interacción y convergencia entre los mundos digital y físico (IEA, 2017).

Esta transformación da lugar a una economía digital con proliferación de bienes que son nativos digitales, es decir, que están hechos de bits en vez de átomos. La economía digital va desde los procesos virtuales de intermediación a través de apps o de plataformas de comercio electrónico (*e-commerce*) hasta los contenidos que los usuarios suben a la web y comparten a través de internet. La convergencia del mundo físico y biológico se refiere a la aplicación de sensores de naturaleza digital, a todo lo que no es nativo digital, desde una máquina en la empresa (lo que se asocia a internet industrial de las cosas o a los sistemas ciber-físicos) hasta a un ser vivo, dando lugar a la bioingeniería (BID, 2019).

Según REN21 (2018) e IEA (2017) el uso de las TIC en todos los sectores se debe a un efecto combinado de costo de la tecnología y una omnipresente conectividad. Esto se ve impulsado por:

- la disminución de los costos de los sensores
- la capacidad de almacenamiento de datos
- la transmisión a bajo costo



- los avances en inteligencia artificial

Los factores que soportan esta transformación se podrían agrupar en:

1. Datos: crecimiento exponencial, sensores de bajo costo, alto volumen y más capacidad de almacenamiento.
2. Analíticos: más capacidad de análisis, crecimiento de Inteligencia Artificial.
3. Conectividad Maquina-Máquina; Hombre-Máquina: con transmisión más rápida y más barata de equipos interconectados, un tráfico de internet triplicado en los últimos cinco años, con más suscripciones móviles que habitantes²⁸.

La digitalización en el sistema eléctrico tiene el potencial de obtener beneficios en los activos de las plantas generadoras, a lo largo de todo el sistema eléctrico, en los consumidores y en el ambiente (Figura 5.2).

Figura 5.2 – Impacto de la digitalización en los activos del Sistema Eléctrico



Fuente: Basado en reporte IEA (Digitalization&Energy, Cap.3, Fig. 3.5, pág.77).

²⁸ 7,7 mil millones de suscripciones (IEA, 2017).



La convergencia de las tecnologías de los Recursos Energéticos Distribuidos (integración de renovables, almacenamiento, eficiencia y respuesta a la demanda) con Internet de las Cosas (IoT) está impulsando el desarrollo e implementación de un nuevo sistema de suministro de energía, y viene desde la periferia de la red eléctrica. Esta red utilizará la misma infraestructura básica de hoy, pero también se basará en la tecnología avanzada de monitoreo, control y comunicaciones. Al igual que el borde del universo, el borde de la red eléctrica se está expandiendo (T&D World Magazine, 2019). Con IoT se está haciendo que más cosas del mundo sean parte de la red (MIT 2014).

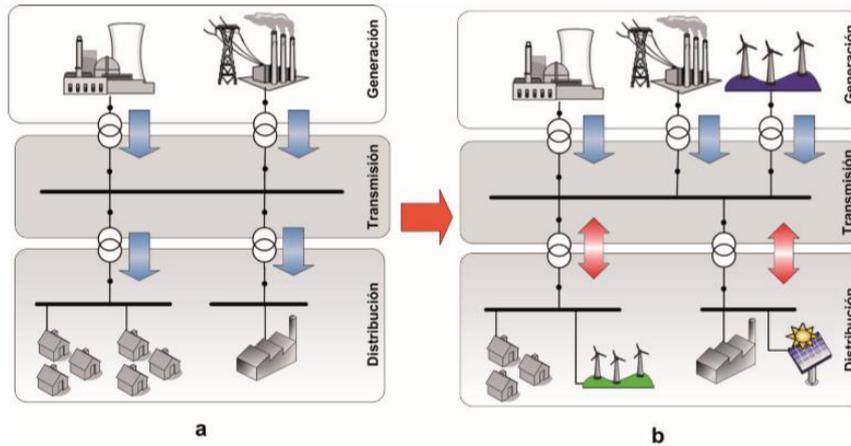
La digitalización en el sector eléctrico está transformando la forma en que se produce y se consume energía. Se difunden las barreras entre la oferta y la demanda y el sistema permite una integración ofreciendo más flexibilidad. Por el lado de la oferta, el uso de sensores y analíticos ayudan a reducir los costos de operación, de mantenimiento predictivo y las interrupciones de la planta; esto mejora la eficiencia de las plantas generadoras de energía y de la red (IEA, 2017). Hay una mayor expectativa en la reducción de las pérdidas o gastos operativos (OPEX) (Bloomberg, 2018).

Por el lado de la demanda, hay una tendencia creciente de electrificación en los sectores de consumo final (Capítulo 4). La digitalización permite que los consumidores se conviertan en participantes directos en los mercados de energía a través de la respuesta de la demanda, ayudando a equilibrar la oferta y la demanda a nivel local. Con más de 50 millones de kilómetros de líneas eléctricas desplegadas en todo el mundo, el sistema eléctrico presenta una infraestructura de lo más compleja que existen²⁹. Tradicionalmente, los flujos de electricidad en la red se han gestionado de manera unidireccional, con electricidad generada en plantas de producción a gran escala y con una participación limitada del lado de la demanda. La digitalización está ayudando a cambiar este paradigma. Las tecnologías digitales han ayudado a mejorar los sistemas de energía durante décadas, pero el ritmo de su adopción se está acelerando. Por ejemplo, la inversión global en infraestructura eléctrica digital y software ha aumentado en un 20% anual en los últimos años (IEA, 2017).

Esta tendencia a la digitalización plantea una nueva era de digitalización en energía (Figura 5.3).

²⁹ 54 millones de km es la distancia a Marte.

Figura 5.3 - Sistemas de energía eléctrica tradicional (a) y de próxima generación (b).



Fuente: *Smart Grid: Las TIC y la modernización de las redes de energía eléctrica* (Figura 1, pág.57).
https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/articulo/view/1075

Penetración de la digitalización

Más de 3,5 billones de personas, casi la mitad de la población mundial usa internet y hay más suscripciones de teléfonos móviles (7,7 billones) que personas en el mundo. En los últimos dos años se crearon el 90% del total de los datos digitales (Chinkes, 2015).

Los datos e información tradicionales también incluyen la proliferación de redes sociales, computación en la nube y teléfonos móviles que ha mejorado la calidad y la cantidad de datos generados todos los días. Este gran volumen de datos crea condiciones de abundancia (de datos e información) debido a la gran cantidad de datos detallados disponibles (a menudo, listos para analizar). Esto abre una nueva cartera de enfoques de estrategia de negocios digitales en torno a la digitalización de la información para productos y servicios (Bharadway, Sawy, Pavlou, & Venkatraman, 2013).

Este crecimiento exponencial ha llevado al uso de unidades de medida digitales a escalas cada vez más grandes. Por ejemplo, el tráfico global anual de Internet superó el umbral de exabyte en 2001 y se espera que supere el umbral de zettabyte para 2017 (IEA, 2017). La evolución de la capacidad de almacenamiento también ha sido enorme. En la



siguiente tabla se referencian las equivalencias entre las capacidades de almacenamiento y un ejemplo comparativo (Chinkes, 2015).

Equivalencias de unidades de medida digital.

| Unidad | Equivalencia | Ejemplo de Almacenamiento |
|----------------|-----------------|-----------------------------------------------------------|
| Byte | 8 Bits | Una letra |
| Kilobyte (KB) | 1.000 Bytes | Un párrafo de 200 palabras |
| Megabyte (MB) | 1.000 Kilobytes | Un libro digital pequeño |
| Gigabyte (GB) | 1.000 Megabytes | Un estante de 10 metros con libros |
| Terabyte (TB) | 1.000 Gigabytes | 1000 copias de la enciclopedia británica |
| Petabyte (PB) | 1.000 Terabytes | 13 años de videos en alta resolución |
| Exabyte (EB) | 1.000 Petabytes | 5EB tendrían todas las palabras habladas por la humanidad |
| Zettabyte (ZB) | 1.000 Exabytes | 20% de la ciudad de Manhattan con datacenters |

Fuente: E. Chinkes (Big Data, el dato en un rol estratégico, pág.3).

La disponibilidad de esos datos no es el cuello de botella. La restricción se traslada de nuevo a la infraestructura y a la creación modelos de Analíticos que permita obtener valor de esa superabundancia. Es una transformación que reorienta a tomar el “Dato” con valor actual o futuro, potenciando Analíticos (*AnalyTIC*) de valor estratégico, es decir, un activo de la Compañía a explotar y proteger. Es el camino en la adaptación al mundo VUCA³⁰ (Schmarzo, 2013).

Los avances en el poder y la eficiencia de la computación han permitido un análisis más potente y sofisticado, como la inteligencia artificial (AI) y la automatización.

La inteligencia artificial y la capacidad de las máquinas para procesar volúmenes complejos de datos nos están acercando a los automóviles y camiones totalmente automatizados. Los analíticos avanzados también permiten la creación de réplicas digitales de activos físicos ("gemelos digitales") que se pueden usar para simular y optimizar el diseño industrial, por ejemplo, el uso en la perforación de petróleo y gas. Los analíticos también permiten un control sofisticado de los equipos de construcción y procesos industriales, y están iniciando una nueva ola de automatización en la fabricación, incluida la robótica y la impresión 3D (IEA, 2017).

³⁰ La noción de VUCA fue creada por el U.S. Army War College para describir la volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad del mundo urdido tras el fin de la Guerra Fría. Algunos autores lo mencionan como VUCAH; se agrega la H de hiperconectado.



Los objetos cotidianos, como relojes, electrodomésticos y automóviles, se conectan a las redes de comunicaciones, la "*Internet of Things*" (IoT) para proporcionar una gama de servicios y aplicaciones, como redes eléctricas inteligentes, vigilancia, domótica y transporte inteligente. Se prevé que la cantidad de dispositivos IoT conectados aumentará de 8,4 mil millones en 2017 a más de 20 mil millones para 2020 (Gartner 2017).

Los mercados financieros, las tendencias de inversión y el avance digital en otros sectores también señalan la omnipresencia de la digitalización y las mayores interacciones entre el mundo digital y el energético (IEA, 2017).

Las cinco empresas más grandes que cotizan en bolsa actualmente son todas empresas de TIC: Apple, Microsoft, Facebook, Amazon y Alphabet (Google); con negocios que dependen de las tecnologías digitales o proporcionan servicios relacionados. Las compañías de energía, por otro lado, siguen siendo líderes mundiales por ingresos: seis de las 10 principales empresas están en el sector energético, con una única compañía digital, Apple, en el noveno lugar (Fortune, 2017).

El potencial para la toma de decisiones es enorme. El recurso clave (información) además es renovable en la forma que se autogenera, lo que requiere de la evolución tecnológica para usarlos en tiempo real, introduciendo algoritmos en los procesos o productos, que hagan uso de este dote con mayor inteligencia.

Inteligencia artificial (IA)

En el centro de la 4RI está la inteligencia artificial (IA). La IA es un sistema de tres pilares (dispositivo digital; datos; persona) que está abaratando drásticamente las tareas de naturaleza predictiva. El primer pilar es un conjunto de instrucciones "algoritmo" para cumplir ciertas tareas de ordenamiento de los datos (priorización, clasificación, asociación, filtrado, etc.). Los algoritmos pueden ser basados enteramente en reglas preespecificadas por las personas (los sistemas de expertos) o bien ser definidos en parte por las máquinas que utilizan datos para optimizar alguna función prefijada (lo que se conoce como *machine learning* ML). El segundo elemento, quizás el principal factor que explica el ritmo de la 4RI, es la escala de datos: cuánto más y mejor sea el conjunto de datos, mejor es el desempeño del sistema de IA, conocido como efecto de la red (punto b, de la formulación de estrategia digital, en el Capítulo 6). Los datos requeridos son de tres tipos: como insumo



para el funcionamiento del algoritmo, como entrenamiento para generar el algoritmo, y como realimentación para que el algoritmo mejore su desempeño con la experiencia. Y el tercer elemento, la estructura de dominio, es decir el detalle de la totalidad de las tareas del proceso productivo, el conjunto de preguntas que se quieren contestar y los criterios de evaluación de los resultados, todos los cuales son realizados por personas.

A partir de la 4RI y de la irrupción de la IA, hoy sabemos que buena parte de la información sobre lo que hace la empresa se pierde. Maximizar los beneficios de la 4RI requiere que la totalidad del proceso productivo deje de ser una caja negra y se convierta en cambio en datos o huellas digitales que puedan ser utilizados en los sistemas de IA. Datos sobre lo que ocurre en las distintas áreas funcionales dentro de la firma, pero también datos sobre el recorrido de los insumos utilizados y de los productos una vez fabricados.

Una de las formas en la cual la empresa logra convertir cada una de sus actividades en datos útiles a la toma de decisiones es a través del uso de sensores instalados en las máquinas, insumos y productos y que se conectan entre sí de manera de crear una red de información. Estos sensores son de naturaleza variada: geolocalización, lectores de códigos de barras, termómetros, barómetros, medidores de humedad, sensores de vibración, sensores de presión, cámaras, monitores de audio y video, acelerómetros, sensores de movimiento, etc. Cada uno de estos dispositivos o máquinas tiene un número único de identificación o *unique ID* (UID) y una dirección de Protocolo de Internet (IP). Estos objetos se conectan entre sí a través de cables o tecnología inalámbrica, incluidos satélites y celulares, vinculaciones resueltas partir de Wi-Fi o Bluetooth o por medio de la popularización de redes de largo alcance y muy bajo consumo como LoRa o Sigfox. Esto permite a las empresas descentralizar la toma de decisiones, y pasar de modelos preventivos a modelos predictivos que pueden aplicarse en todas las áreas de la organización: en la cadena de suministros (ajustando los tiempos en la provisión de insumos y minimizando la necesidad de inventarios); en los sistemas de detección de fallas de los equipos (eliminando las paradas preventivas y anticipando desperfectos); y en el sistema de logística (anticipando el requerimiento de insumos y productos terminados, eficientizando su distribución y entrega) (BID, 2019).



Penetración de la digitalización en las organizaciones

Se hace evidente en las organizaciones un nuevo interés por las plataformas y servicios de la nube. En la encuesta de Gartner del Cuadro 5.4, se puede observar que los servicios en la nube empiezan a formar parte de la terna de prioridades. Crece la necesidad de modernizar otra vez la infraestructura de los sistemas de información.

Cuadro 5.4 - Ranking en el portafolio de TI aplicadas

| Prioridades en Tecnología | 2018 | 2015 | 2005 |
|----------------------------------------------------|------|------|------|
| Uso de Información /Inteligencia (BI) / Analíticos | 1 | 1 | 2 |
| Servicios y Soluciones en la nube | 2 | 3 | 10 |
| Digitalización y marketing digital | 3 | 6 | |
| Seguridad | 4 | 7 | 1 |
| ERP (Planeamiento de recursos empresariales) | 5 | 4 | 5 |
| Infraestructura y Centros de Datos | 6 | 2 | 6 |
| CRM (Gestión de las relaciones con el cliente) | 6 | 9 | 8 |
| Mobilidad | 7 | 5 | 3 |
| Red, comunicación de voz y datos | 8 | 8 | 7 |

Fuente 2018: Gartner – 2018 CIO Agenda (Cuadro 4, pág.9 , columna: Typical Performs).

https://nbf.ae/media/113717/gartner_2018-cio-agenda_gcc-perspective.pdf .

Fuente 2015: Gartner - Top Technology Priorities for 2015 (marzo 2015).

Fuente 2005: Gartner EXP -Top 10 Business and Technologies Priorities in 2005 (Tabla 1)

El monitoreo y pronóstico de las operaciones está dejando de ser una parte menor de la infraestructura instalada en la compañía, para pensar en cómo capturar y utilizar la sobreabundancia de datos disponibles. En otras palabras, la infraestructura tecnológica deja de ser vista como un costo a minimizar y pasa a tener un valor estratégico. El motivo por el cual la gestión de Datos Masivos o *Big Data* (BD) se está convirtiendo en la sangre impulsora de los cambios, es porque resulta el camino inevitable para llevar al negocio a su siguiente etapa evolutiva. Abre un nuevo significado a los problemas y con más oportunidades competitivas (Schmarzo, 2013).

Según Schmarzo (2013) el nuevo paradigma plantea:

- Abundancia de datos – dominio de Petabyte.
- Nuevo modelo de negocios.
- Redes sociales y Sensores: datos externos desestructurados.
- Movilidad: desacople de lugar físico. Impulsa la disminución de latencia en generación de datos y el interés de procesarla.



- Procesamiento en tiempo real: la base relacional estándar no puede cubrir el mundo Petabyte, se requiere otra infraestructura.
- Infraestructura TI pasa a soportar una ventaja competitiva y no un costo a minimizar.

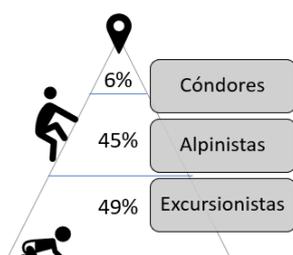
El concepto de “Big Data” describe una nueva realidad que pone el “dato” en el centro de la escena. Esto requiere también, abordar nuevas problemáticas tecnológicas en la gestión de datos, que se las resume con las tres V: Volumen (cantidad de bytes), Velocidad (tiempo de respuesta) y Variedad (de formatos). También se agrega una cuarta V, que es la veracidad, ya que es un desafío verificar la confiabilidad de los datos (sobre todo cuando provienen de diversas fuentes y no hay poco tiempo para validar).

Grado de penetración digital en empresas de varios sectores argentinas

El grado de penetración digital puede ser comparado a escalar una montaña. El BID agrupa a las organizaciones en Cóndores, Alpinistas y Excursionistas, según su estadio hacia la cima tecnológica.

La industria argentina medida por su nivel tecnológico y su dinamismo presenta una estructura piramidal (Figura 5.5) que da cuenta de la existencia de estos tres grupos. Los Excursionistas, casi la mitad de las firmas, conforman un grupo que se caracteriza por poseer tecnologías de primera y segunda generación y por no estar llevando a cabo acciones para realizar el ascenso. En el polo opuesto, están los Cóndores: un pequeño segmento 6% de firmas con tecnologías avanzadas y que en su mayoría está tomando acciones para acercarse a la cima. El ecosistema industrial cierra con el grupo de los Alpinistas, 45% de las firmas que poseen tecnologías intermedias y que se muestran dinámicos para escalar a la cima (BID, 2019).

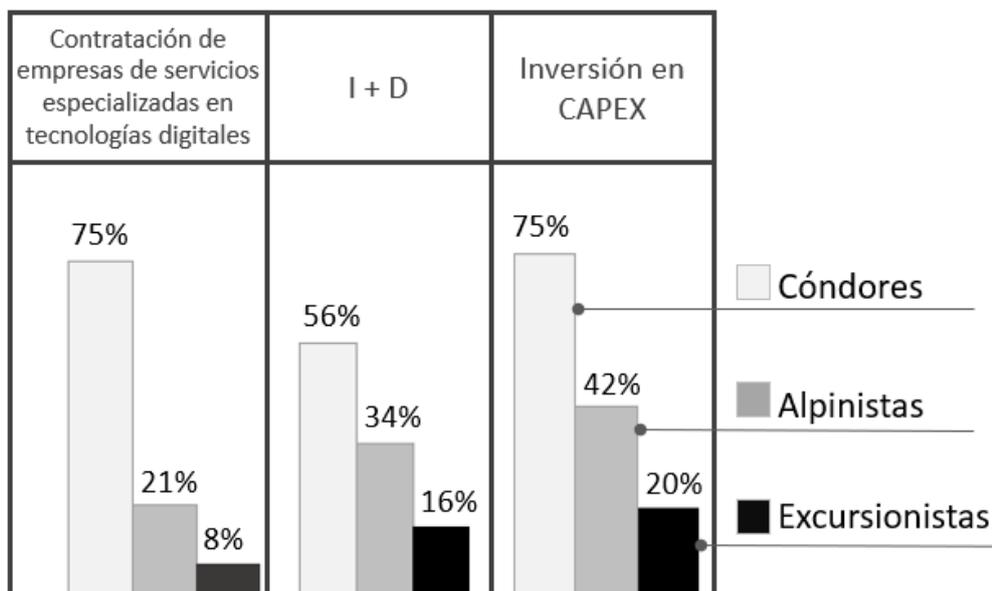
Figura 5.5 – Distribución de las empresas argentinas por grupos



Fuente: Basado en BID, 2019 (Travesía 4.0 hacia la transf. Ind. argentina, Fig.14, pág.37)

De manera generalizada las empresas más avanzadas son las que más invierten en mejorar sus tecnologías. Las firmas invierten en investigación y desarrollo y otras actividades vinculadas al desarrollo tecnológico como la inversión en capital fijo y la contratación de empresas especializadas en tecnologías digitales. El porcentaje de empresas (Figura 5.6) que están implementando un plan de acción formal en estos tres tipos de inversión crece en los grupos de empresas tecnológicamente más avanzadas (BID, 2019).

Figura 5.6 – Empresas que tienen un plan de acción formal y lo están implementando en inversiones seleccionadas por grupos (%).



Fuente: BID, 2019 (Travesía 4.0 hacia la transformación industrial argentina, Fig.17, pág.40)

Tres de cada cuatro empresas del grupo de Cándores contratan empresas externas especialistas en digitalización, sólo el 21% y 8% de las empresas de los grupos de Alpinistas y Excursionistas lo hace respectivamente. Es decir, que no sólo encontramos diferencias en el nivel de inversión general en función de los grupos de pertenencia, sino que además existen diferencias entre los tipos de inversión que realizan. De hecho, en relación a otros tipos de inversión, las firmas de los grupos de Alpinistas y Excursionistas invierten más en capital fijo y, sobre todo, en capacitación interna, mientras que los Cándores tienen la escala y las conexiones como para interactuar con el sector generador de las tecnologías (BID, 2019).



La nueva era digital de la energía eléctrica

El sector energético fue uno de los primeros en adoptar tecnologías digitales. En la década de 1970, las empresas eléctricas fueron pioneras en el uso de tecnologías emergentes para facilitar la gestión y operación de la red. El ritmo de la digitalización en energía está aumentando. La inversión en tecnologías digitales por parte de las empresas de energía ha aumentado considerablemente en los últimos años. Por ejemplo, la inversión global en infraestructura y software de electricidad digital ha aumentado en más del 20% anual desde 2014, alcanzando los USD 47 mil millones en 2016. Esta inversión digital en 2016 fue casi un 40% mayor que la inversión en generación de energía a gas en todo el mundo (USD 34 miles de millones) (IEA, 2017).

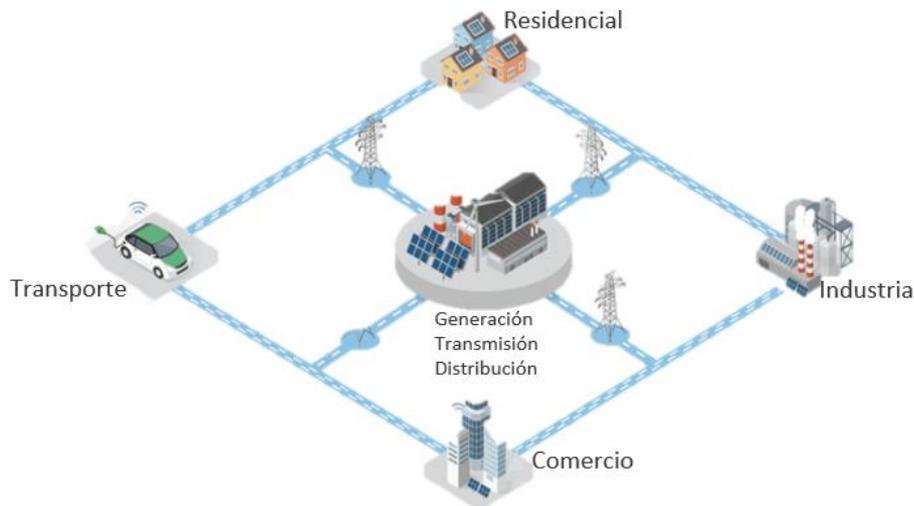
El impacto de estos avances digitales y su rápido despliegue en el panorama energético plantean la cuestión fundamental de si se está en la cúspide de una nueva era digital en la energía. Sumado a la electrificación y descentralización descritos en los puntos anteriores, la digitalización tiene el potencial de catalizar cambios profundos en todo el sistema.

La “Conectividad” es el factor clave

El mayor potencial de transformación para la digitalización es su capacidad para romper los límites entre los sectores de energía, aumentando la flexibilidad y permitiendo la integración del sistema (IEA, 2017).

El término de flexibilidad del sistema de energía ha evolucionado a lo largo del tiempo para reflejar la forma en que han evolucionado la tecnología y los mercados de energía. Una definición más específica fue presentada en IEA (2011): "La flexibilidad expresa la medida en que un sistema de energía puede modificar la producción o el consumo de electricidad en respuesta a la variabilidad, esperada o no". La integración de energías renovables permite que la red se adapte mejor a la demanda de energía en condiciones climáticas favorables a la naturaleza variable de estos recursos (Figura 5.7).

Figura 5.7 – Sistema eléctrico interconectado flexible e integrado.



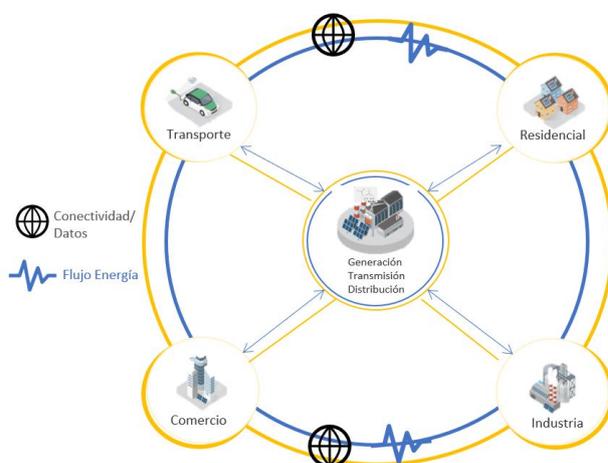
Fuente: IEA *Fundamentally transforming electricity via digitally-interconnected systems*.
<https://www.iea.org/digital/>

Al adaptar la demanda a las necesidades del sistema en tiempo real, la digitalización abre la oportunidad para que millones de consumidores y productores vendan electricidad o proporcionen servicios a la red. La conectividad es el factor clave. La conexión permite el monitoreo, la agregación y el control de un gran número de unidades de producción de energía individuales y de equipos de consumo. Estos activos pueden ser grandes o pequeños, por ejemplo, una instalación solar fotovoltaico de una casa, una planta industrial o un automóvil eléctrico. El uso masivo de datos y analíticos puede mejorar la eficiencia y generar los ahorros en los costos, pero, sin conectividad, no habrá un cambio significativo en el sistema eléctrico (IEA, 2017).

La conectividad abre el debate de los nuevos riesgos de ciberseguridad a los sistemas de gestión, generación y distribución de red inteligente por pérdida de control debido a ciberataques o la pérdida de privacidad de los usuarios por el uso indebido de los datos al conocer los hábitos y la huella de consumo (Díaz.C & Hernández.J, 2011) (Capítulo 7, Ciberseguridad de la red y de los usuarios).

A medida que avanza la digitalización y surge un sistema altamente interconectado, se esfumará la distinción entre proveedores tradicionales y consumidores, con oportunidades crecientes para un mayor comercio local de servicios de red y energía (Figura 5.8).

Figura 5.8– Reconfiguración del sector eléctrico con la digitalización.



Fuente: Basado en reporte IEA (Digitalization&Energy, Cap.4, Fig. 4.2, pág.85).

El crecimiento de la conectividad entre productores, operadores de redes y usuarios finales, respaldan la tendencia de una mayor electrificación, acelera la transformación del sistema eléctrico y el establecimiento de nuevos modelos de negocios. Al permitir el intercambio de información operativa en tiempo real entre los equipos en cualquier parte del sistema de energía, se podrán eliminar las ineficiencias dentro de cada sector, lo que mejora la confiabilidad y reduce los costos, ya que los consumidores y los productores responden instantáneamente a las condiciones cambiantes del mercado (IEA, 2017).

La red de distribución de electricidad (bajo voltaje), que es la sección de la red más cercana a los consumidores, será fundamental para aprovechar el potencial de las tecnologías digitales. Las redes de distribución tendrán que asumir cada vez más el papel de equilibrar la oferta y la demanda, incluido los recursos energéticos distribuidos como, la energía solar fotovoltaica, los vehículos eléctricos y el almacenamiento de baterías. Sin embargo, las redes de distribución están dentro de redes más amplias a la red de transmisión general, que continuará proporcionando el balance general del sistema. Las redes de transmisión se beneficiarán de la mayor capacidad para administrar las operaciones que genera la digitalización, y tendrán que monitorear e interactuar más fuertemente con las redes de distribución. La interfaz entre operadores de redes de transmisión y distribución requerirá cambios técnicos, de mercado e institucionales. El proceso se encuentra en una etapa temprana en la mayoría de los países, pero se acelerará en los próximos años por la

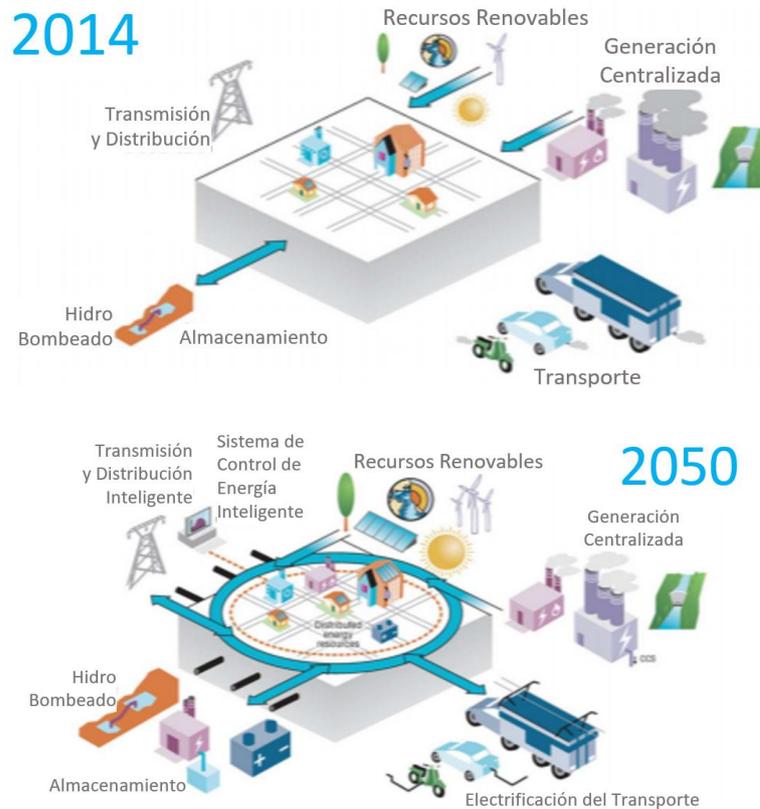


transformación del sistema energético digital, la disminución de los costos y el aumento de oportunidades para un sistema más rentable (IEA, 2017).

Hacia un sistema más inteligente

A pesar de la evolución de la infraestructura y el cambio en los roles de las partes interesadas, las redes centralizadas y los propietarios / operadores de las redes de transmisión, continuarán proporcionando la columna vertebral que equilibra el sistema eléctrico general. Todos los cambios intersectoriales más profundos conformados por la digitalización serán alojados y soportados por la red física. Con una mayor producción distribuida (electricidad generada por una planta a pequeña escala e inyectada en la red de distribución local) y el comercio local, las redes de distribución tendrán que asumir la responsabilidad de equilibrar la oferta y la demanda a nivel local, así como brindar seguridad y confiabilidad al sistema en general. Este rol lo desempeñan actualmente los operadores de redes de transmisión a gran escala. Este último continuará desempeñando un papel fundamental al proporcionar la columna vertebral física del sistema en general y participar activamente en el intercambio eficiente de datos y el diseño del mercado. Por ejemplo, las plataformas de intercambio de datos (centros donde la información puede estar disponible para las partes interesadas) serán necesarias para maximizar el uso de energía distribuida o centralizada donde sea más valiosa y para diseñar nuevos modelos de negocios para hacer que los nuevos arreglos funcionen. Tanto los operadores de redes de transmisión como de distribución tendrán que fortalecer la cooperación y el intercambio de información. En última instancia, el papel de las redes, y en particular de las redes de distribución local, tendrá que evolucionar desde el tradicional de entregar energía de una sola manera hasta proporcionar, por un lado, centros locales y regionales para el comercio activo de electricidad producida en ubicaciones centralizadas y distribuidas (Figura 5.9) (IEA, 2017).

Figura 5.9 – Infraestructura en tradicional comparada con la nueva infraestructura.



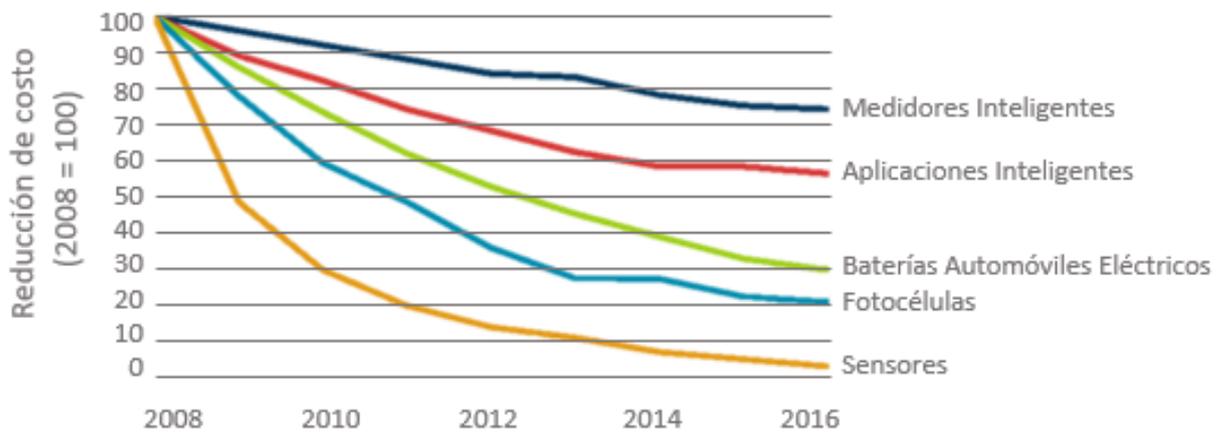
Fuente: Basado en el reporte IEA 2014. <https://www.iea.org/>

Tercera tendencia del sistema eléctrico: Digitalización

La digitalización de la electricidad es parte de un proceso más amplio de cambio tecnológico que, junto con los cambios en el diseño regulatorio y de mercado, impulsa y responde a las tendencias de la oferta y la demanda de electricidad. Las reducciones de costos han logrado sumar una amplia gama de tecnologías relacionadas con la electricidad durante la última década. Por ejemplo, el costo unitario de la fotovoltaica a pequeña escala se ha reducido en un factor de cinco desde 2008, los sensores en más del 95% y el almacenamiento de la batería en más de dos tercios (principalmente gracias al despliegue de vehículos eléctricos) (Figura 5.10). El costo promedio de un medidor inteligente se ha reducido en aproximadamente una cuarta parte, con casi 600 millones de medidores inteligentes desplegados en todo el mundo (IEA, 2017).



Figura 5.10 – Costos unitarios de tecnologías claves emergentes



Fuente: Basado en reporte IEA (Digitalisation&Energy 2017, Cap.4, Fig. 4.4, pág.88).

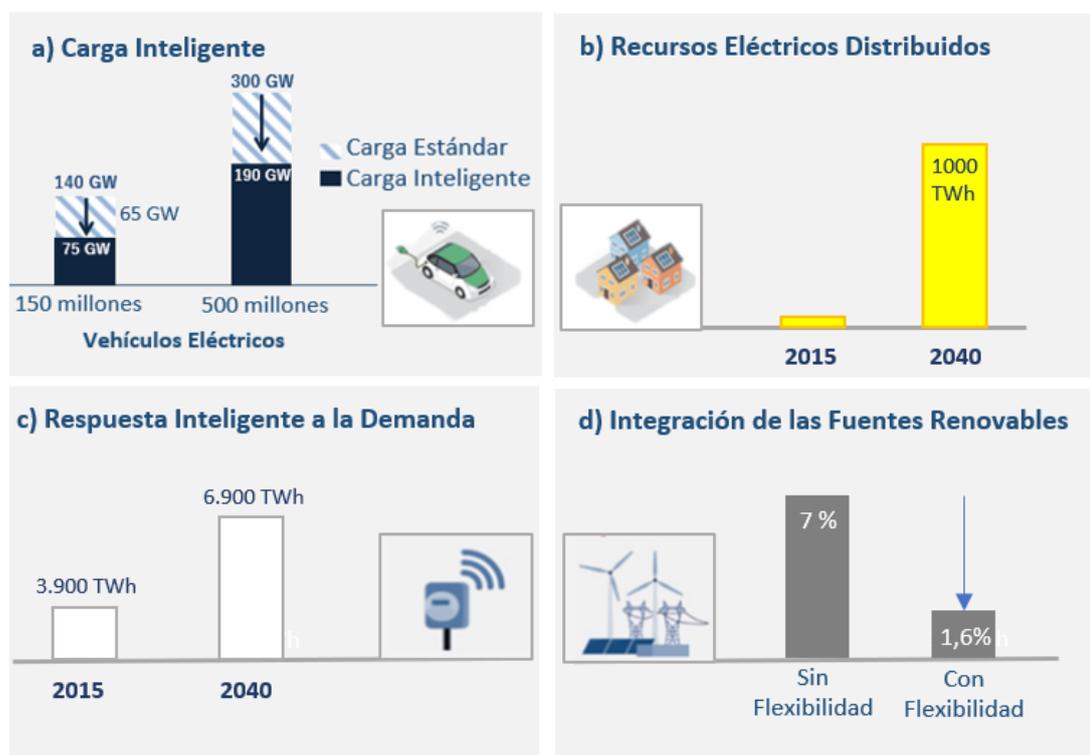
Según IEA los vectores impulsores de la transformación del sistema eléctrico dado por la electrificación y descentralización y digitalización es virtuosamente realimentada en la dimensión digital por:

- la implementación de la **carga inteligente** para vehículos eléctricos;
- la aparición de **recursos eléctricos distribuidos** a pequeña escala, como la energía solar fotovoltaica doméstica.
- la **respuesta inteligente a la demanda** (*smart demand response*);
- la **integración de fuentes de energía renovables** variables;

Estas cuatro oportunidades están interrelacionadas con la digitalización. La respuesta a la demanda, por ejemplo, será fundamental para brindar la flexibilidad necesaria en integrar la generación de fuentes renovables variables.

Se espera que los cuatro contribuyan significativamente a la aparición de sistemas eléctricos interconectados digitalmente (Figura 5.11).

Figura 5.11 – Los cuatro elementos en la creación de un sistema eléctrico interconectado digital.



Fuente: Basado en reporte IEA (Digitalization&Energy, Cap.4, Fig. 4.5, pág.89).

La digitalización configurará al sistema eléctrico para mejorar en gran medida la flexibilidad de la demanda, la integración de renovables, la carga inteligente de los vehículos eléctricos y la generación distribuida (IEA, 2017).

a) Implementación de la carga inteligente para vehículos eléctricos

La digitalización puede afectar la electrificación del transporte y la consecuente demanda de energía eléctrica de muchas maneras. Los vehículos altamente automatizados reducen el estrés del conductor y permiten un uso más productivo del tiempo de viaje, haciendo que el viaje en automóvil privado sea más atractivo. La automatización también hará que el transporte de mercancías sea más barato. Ambos factores podrían alentar una mayor actividad de viajes, lo que resultaría en una mayor congestión y demanda de energía.



Por otro lado, el transporte compartido y autónomo podría facilitar el dimensionamiento correcto del vehículo y acelerar la incorporación de vehículos eléctricos (IEA, 2017).

La digitalización podría contribuir a un cambio del paradigma tradicional de propiedad de vehículos hacia la provisión de la “Movilidad como un servicio”: MaaS (*Mobility as a Service*). El desafío es encontrar la combinación adecuada de instrumentos fiscales, de transporte y planificación urbana para garantizar que los vehículos autónomos y compartidos se fortalezcan, en lugar de asumir los cargos del transporte público (IEA, 2017).

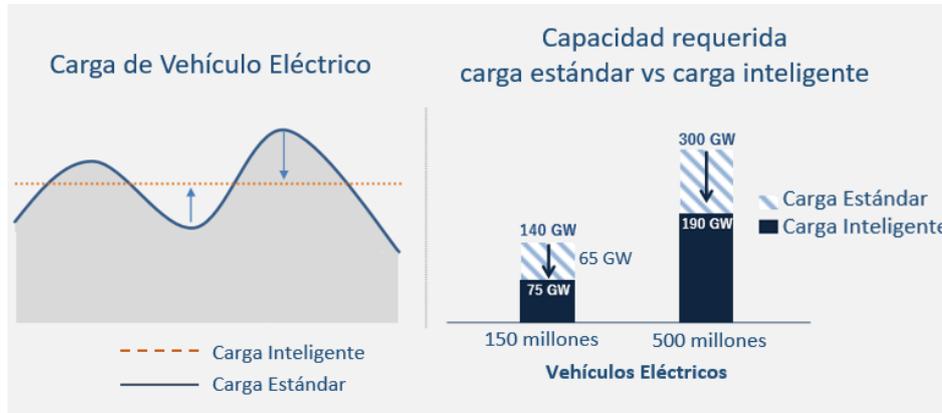
Las consecuencias de la movilidad para la energía y las emisiones son inciertas, dependerán del efecto combinado de los cambios en el comportamiento del consumidor, la intervención política, el progreso tecnológico y la tecnología de los vehículos. Los vehículos automatizados en algunos casos podrían reducir el consumo de combustible en más del 90% o triplicarlo bajo una "tormenta perfecta" de respuesta de comportamiento ineficiente (IEA y WEF, 2017).

Otro impacto digital en la movilidad es la fabricación aditiva, comúnmente conocida como impresión 3D, la cual, podría reducir la demanda de envíos de mercancías a larga distancia. Los componentes impresos en 3D también podrían conducir a aviones más livianos y mejorar la eficiencia de la turbina, reduciendo así el uso de combustible en vuelo. La digitalización también podría allanar el camino para las tecnologías de carga inteligente y de Vehículo a la Red (IEA, 2017).

Carga Inteligente para vehículos eléctricos

El despliegue de la "carga inteligente" para vehículos eléctricos, que hace que la demanda se desplace hacia horas no pico, podría ahorrar entre 100 mil millones de USD a 280 mil millones de USD (dependiendo de la cantidad de vehículos eléctricos en red) en inversiones evitadas en nuevas infraestructuras eléctricas durante 2016-2040 (IEA, 2017). En el menor de los casos con un escenario de 150 millones de vehículos eléctricos previstos para 2040, hay un potencial de ahorro de 65 GW, llevando el consumo requerido desde 140 a 75 GW (Figura 5.12).

Figura 5.12 – Impacto de la forma de carga de los vehículos eléctricos.



Fuente: Basado en reporte IEA (Digitalization&Energy, Cap.4, Fig. 4.9, pág.96).

La carga inteligente también puede proporcionar servicios a la red para mejorar la calidad y confiabilidad de la energía, lo que podría aumentar aún más su valor. También se puede ganar una mayor flexibilidad a través de las tecnologías de Vehículo a Red que permiten la carga bidireccional (IEA, 2017).

Otro aspecto crítico es dónde y cuándo se producirá la carga de los vehículos eléctricos, especialmente desde la perspectiva de los servicios públicos y los distribuidores. Estos pueden cargarse "detrás" del medidor, por lo que la carga adicional se cumple con los sistemas y / o baterías fotovoltaicas y la carga se optimiza para que ocurra en el hogar o en el trabajo durante el día. Los principales fabricantes de vehículos eléctricos, baterías y sistemas fotovoltaicos ya apuntan a explotar esto potencial a través de fusiones y adquisiciones. Los vehículos eléctricos también se pueden cargar en la red de distribución en estaciones de carga públicas. En este caso, los ingresos de las empresas de servicios públicos / operadores de red tradicionales serían más altos y los servicios de flexibilidad de cobro diferido serían más fácilmente disponibles (IEA, 2017).

Vehículos a la Red

Similar a una batería móvil sobre ruedas, un vehículo eléctrico puede retirar la electricidad e inyectarla en la red, pudiendo así vender servicios de balanceo al operador de la red, o satisfacer la demanda dentro del hogar cuando sea necesario. Si bien los beneficios de la flexibilidad proporcionada a la red podrían ser enormes, los problemas tecnológicos

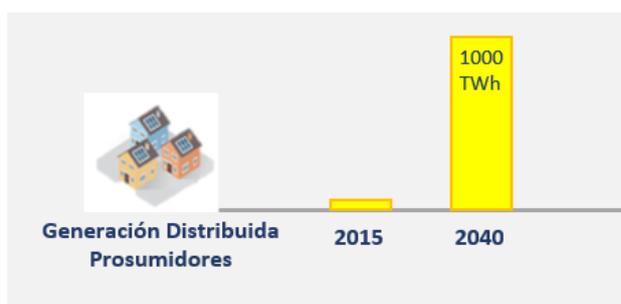


siguen estando relacionados, principalmente, con una reducción más rápida de la vida útil de la batería, como consecuencia del número de ciclos de carga-descarga que resultaría de un mayor uso. Estudios recientes han demostrado que el uso de las baterías a la red puede proporcionar servicios de red valiosos, como la regulación de frecuencia, sin afectar la vida útil de la batería de los vehículos eléctricos. Sin embargo, usar la batería para equilibrar el consumo de energía residencial (también llamado V2Home) puede no ser económicamente atractivo en comparación con otras soluciones de almacenamiento residencial. De todas formas, desbloquear los vehículos a la red, como una opción, requiere inversiones y medidas específicas para ser comercializada (IEA, 2017).

b) Recursos eléctricos distribuidos a pequeña escala

La digitalización está permitiendo a los clientes ser más activos en la adaptación de su propia producción de electricidad, uso y almacenamiento. También en la comercialización comunitaria (Figura 5.13).

Figura 5.13 – Energía solar fotovoltaica global en pequeña escala al 2040.



Fuente: Basado en reporte IEA (Digitalization&Energy, Cap.4, Fig. 4.5, pág.89).

En un futuro cercano, la mayoría de los techos de las casas serán celdas fotovoltaicas, y las empresas generadoras y distribuidoras de energía deberán tener un modelo de negocio diferente, que les permita suplir los faltantes de energía y a redistribuir en la red las energías sobrantes de ciertas zonas, hacía las deficitarias. Es decir, un modelo contrario al actual, en el cual la energía en las redes de distribución fluye en un solo sentido; con una remuneración de la energía a los generadores y a la red, mucho más sencilla. El negocio eléctrico será muy diferente al actual, y las empresas seguramente tendrán que buscar rentabilidad en la



prestación de servicios, e intercambios de energía desde y hacia los clientes de su área de influencia.³¹

Aplicación de Blockchain al sistema eléctrico

Las comunidades y ciudades locales pueden comenzar gradualmente a aprovechar algunas de las oportunidades de la energía transactiva y comunitaria (IEA, 2017). Nuevas herramientas como blockchain pueden facilitar tales sistemas locales de comercio de energía.

Un *blockchain* es una cadena en expansión de registros transaccionales irrevocables y firmados criptográficamente que comparten todos los participantes en una red. Cada registro contiene una marca de tiempo y enlaces de referencia a transacciones anteriores. Con esta información, cualquier persona con derechos de acceso puede rastrear un evento transaccional, en cualquier momento de su historial, que pertenezca a cualquier participante (Gartner IT Glossary).

Blockchain se lo asocia a un libro de contabilidad (débito = crédito) digital que puede utilizarse para automatizar una amplia gama de transacciones, haciéndolas más transparentes, seguras, verificables y, idealmente, rentables. Cuando las partes realizan una transacción utilizando blockchain, los detalles de la transacción se transmiten a todas las computadoras autorizadas en la red, que verifican la validez de la transacción. Una red de contabilidad de blockchain puede ser pública, como es el caso cuando se usa para registrar transacciones de criptomonedas, o privada donde solo los interesados específicos tienen permisos específicos (Fortnightly Magazine, 2018).

Blockchain es una estructura de datos descentralizada en la que un registro digital de eventos (como una transacción o la generación de una unidad de energía solar) se recopila y vincula mediante criptografía en un "bloque" con sello de tiempo junto con otros eventos. Este bloque se almacena colectivamente como una "cadena" en las computadoras distribuidas. Cualquier participante de una cadena de bloques puede leerlo o agregar nuevos datos. Dado que no se confía en ningún sistema informático único que pueda fallar o comprometerse, los datos escritos en la cadena de bloques son muy seguros contra la

³¹ Esta última idea se expresa en <https://www.notinetlegal.com/las-energias-renovables-y-el-cambio-de-modelo-de-negocio-energetico-415.html>



piratería. Debido a que las cadenas de bloques son transparentes y confiables, facilitan los intercambios directos de valor entre partes, igual a igual, sin la necesidad de una tercera institución intermediaria o proveedor de servicios. En principio, estas transacciones de “igual-igual” o débito=crédito o *peer-to-peer* pueden ser más rápidas y más baratas que las transferencias enviadas a través de un intermediario (como un intercambio de energía). Las transacciones de blockchain también se pueden automatizar mediante "contratos inteligentes" que ordenan a las máquinas vender o comprar entre sí: autoiniciación y autoverificación de acuerdo con condiciones y preferencias predeterminadas, y transferencia de fondos (IEA, 2017).

Las empresas de servicios públicos ven el potencial de blockchain para ayudar a resolver los desafíos clave del sector energético, incluida la coordinación entre un número cada vez mayor de dispositivos heterogéneos, propietarios y operadores en redes inteligentes, y la necesidad de operaciones automatizadas de baja fricción para permitir la flexibilidad. Los casos de prueba de proyectos para blockchain en el sector energético aumentaron rápidamente en 2015-2016. Muchos se centran en los mercados de clientes y permiten el micro comercio entre los consumidores de energía solar (IEA, 2017).

Ejemplos de uso: Nueva York está usando blockchain y una microred para permitir que una comunidad de Brooklyn compre y venda electricidad renovable localmente generada entre pares en un pequeño vecindario. La nueva empresa alemana *StromDAO* utiliza blockchain para crear una "planta de energía virtual" donde los participantes pueden autoabastecerse invirtiendo en capacidad renovable y revendiendo esta producción en un mercado al contado. La empresa de servicios públicos *Innogy* (anteriormente RWE) está creando una cartera electrónica de blockchain para administrar la facturación de los cobros de vehículos eléctricos, también en Alemania. Los propietarios de automóviles podrán pagar mediante contratos inteligentes para la carga eléctrica en diferentes puntos, las tarifas de estacionamiento y los peajes de las autopistas. También se beneficiarían de recibir tarifas por compartir el automóvil (IEA, 2017).

Los proyectos de este tipo sugieren que la energía descentralizada, la flexibilidad de la energía transactiva y la cadena de bloques podrían desarrollarse juntas para lograr un efecto positivo. La generación y el almacenamiento descentralizados también pueden ser un método muy atractivo para llevar el acceso a la energía a aquellas áreas del mundo que



actualmente no cuentan con suficientes servicios de energía. De hecho, puede ser que las soluciones descentralizadas habilitadas digitalmente puedan proporcionar acceso a la energía primero, y la conexión a la red solo llegará más tarde o nunca. Dependiendo de los sistemas de cada país, es probable que el rol de la infraestructura centralizada evolucione hacia una función complementaria pero esencial de brindar servicios que la infraestructura descentralizada no puede brindar: confiabilidad y otros servicios más allá de la entrega de solo energía (IEA, 2017).

c) Respuesta inteligente a la demanda

Durante las horas en que escasea el suministro o las redes de electricidad están congestionadas, los dispositivos conectados, como los calentadores eléctricos y los acondicionadores de aire, las calderas industriales y los electrodomésticos inteligentes pueden apagarse o funcionar con una carga reducida en forma automática. Los dispositivos conectados pueden reducir o cambiar el consumo a otros períodos cuando el suministro es abundante, por ejemplo, cuando hay sol o viento, o cuando no hay problemas técnicos con la red eléctrica. Las nuevas tecnologías digitales más sofisticadas permiten que esto se haga de una manera que no afecte la comodidad del consumidor. El usuario final suele ser compensado por la interrupción del servicio a través de un incentivo de precios (IEA, 2017).

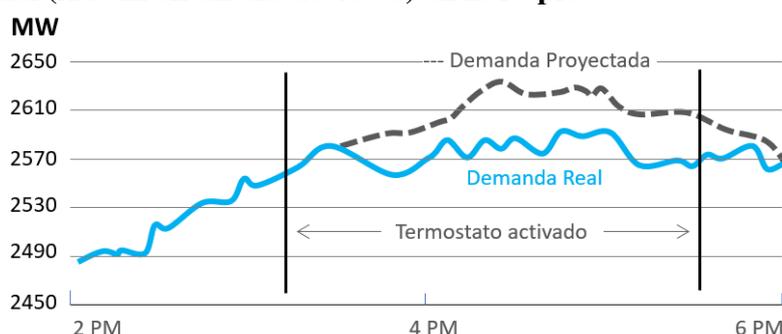
Una combinación de tecnologías en la intersección entre la digitalización y la energía puede ayudar a que la respuesta de la demanda penetre en una mayor proporción del consumo. Una mayor automatización, la difusión de dispositivos de Internet de las cosas (IoT) en el sector residencial y comercial (por ejemplo, termostatos inteligentes directamente conectados al mercado de energía y a los proveedores de pronósticos meteorológicos) y un mayor despliegue de vehículos eléctricos y sistemas de carga inteligente permitirán una mayor integración demanda y oferta, con posibilidad obtener mayores ahorros de costos para los consumidores individuales y para el sistema en general. La inteligencia artificial (IA) podría potencialmente mejorar considerablemente la eficiencia y la eficacia de la respuesta a la demanda a largo plazo.



Iniciativas en respuesta inteligente a la demanda

La tecnología de sensores acoplados a internet marca “Nest” (Figura 5.14), recientemente adquirida por Google, aprende los horarios de los clientes, se adapta y programa automáticamente. Otro ejemplo de este tipo de iniciativa proviene del Reino Unido, donde un nuevo servicio permite a los clientes comprar por adelantado gas y electricidad y controlar su uso: comprar combustible en paquetes de uno a 180 días a un precio fijo. Si los clientes no necesitan usar la energía por un período de tiempo, los días en los que no se usa gas o electricidad no se descontarán del paquete (WEF, 2017).

Figura 5.14 - Control de termostatos inteligentes sobre la demanda de electricidad residencial (Austin en un día de 40 °C) en hora pico.



Fuente: The Lowly Thermostat, Now Minter of Megawatts.

<https://www.technologyreview.com/s/527366/the-lowly-thermostat-now-minter-of-megawatts/>

Potencialidad de la participación activa de los usuarios

La participación de los consumidores en las operaciones del sistema energético se estima para el año 2040 en mil millones de hogares y 11 mil millones de aparatos inteligentes podrían participar activamente en los sistemas de electricidad interconectados, lo que les permitiría alterarse cuando extraen electricidad de la red. Esta respuesta inteligente a la demanda podría proporcionar 185 GW de flexibilidad del sistema (IEA, 2017).

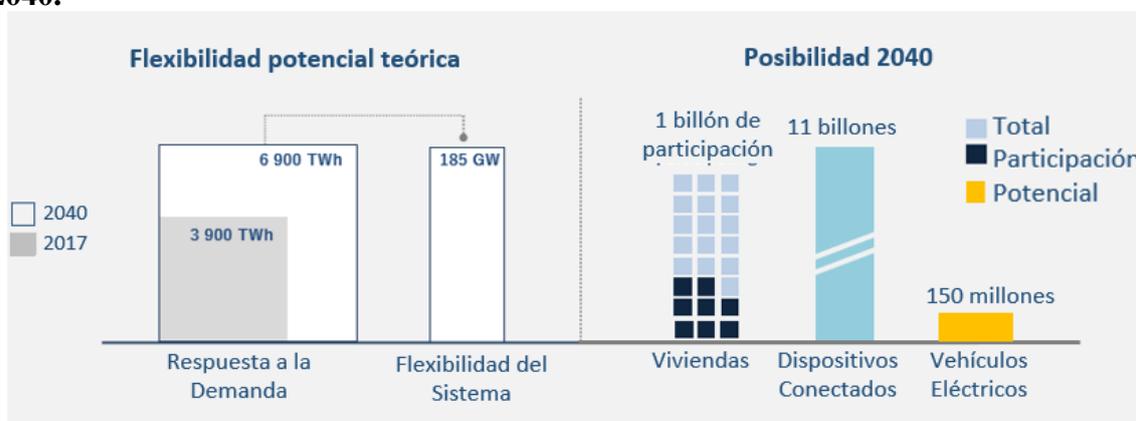
A nivel mundial, la IEA estima que alrededor de 3900 TWh del consumo eléctrico actual está disponible técnicamente hoy en día para responder a la demanda, y se espera que casi se duplique para 2040 a aproximadamente 6900 TWh, o casi el 20% del consumo de electricidad en todo el mundo³². El potencial de Respuesta a la demanda varía según la región

³² Consumo mundial de electricidad 2016 = 23.107 TWh; 2040 = 35.000 TWh (+50%) (IEA, 2018).

y el sector, pero en todas las regiones, la mayor parte del potencial técnico actual y futuro a menor costo se encuentra en el sector de los edificios, especialmente en el calentamiento y enfriamiento de espacios y calentamiento del agua. La demanda de electricidad para calentar y enfriar el espacio se puede cambiar durante un cierto número de horas, dependiendo de la inercia térmica. La mayor parte del potencial remanente en los edificios está relacionada con la electricidad utilizada para electrodomésticos grandes, como lavadoras, freezers, lavaplatos y secadoras de ropa. Se espera que los vehículos eléctricos se conviertan en participantes de los programas de respuesta a la demanda a lo largo del tiempo (IEA, 2016).

Los beneficios de una mayor respuesta a la demanda son enormes. Según IEA (2017) la implementación del potencial técnico completo de la respuesta a la demanda (6900 TWh) da como resultado aproximadamente 185 GW de flexibilidad adicional para el sistema eléctrico a nivel mundial en 2040. Esta cantidad de flexibilidad evitaría una inversión acumulada de USD 270 mil millones (en dólares de 2016) en nueva infraestructura eléctrica (nueva capacidad de generación de energía y transmisión y distribución). Como la mayor parte del potencial de Respuesta a la demanda se encuentra en el sector de los edificios, para el año 2040, casi mil millones de hogares y 11 mil millones de aparatos conectados participan en programas de respuesta a la demanda (Figura 5.15). Los grandes edificios comerciales, como supermercados, hoteles y oficinas, la industria y los vehículos eléctricos también pueden desempeñar un papel importante (IEA, 2017).

Figura 5.15 – Potencialidad global de Respuesta a la Demanda y sus posibilidades al 2040.



Fuente: Basado en reporte IEA (Digitalization&Energy, Cap.4, Fig. 4.7, pág.91).



d) Integración de fuentes de energía renovables variables

Las energías renovables variables, como la energía solar fotovoltaica y la energía eólica, son inherentemente intermitentes, con una salida que se puede predecir con precisión solo unas pocas horas o días antes. Estas propiedades técnicas hacen que las energías renovables variables sean menos predecibles que las centrales eléctricas tradicionales (IEA, 2017).

Según IEA, en uno de los escenarios, más de una cuarta parte de la electricidad global es generada por energía eólica y solar para 2040 (IEA, 2016). En muchas regiones, como la Unión Europea, esta participación es mucho mayor en 2040 para este mismo escenario.

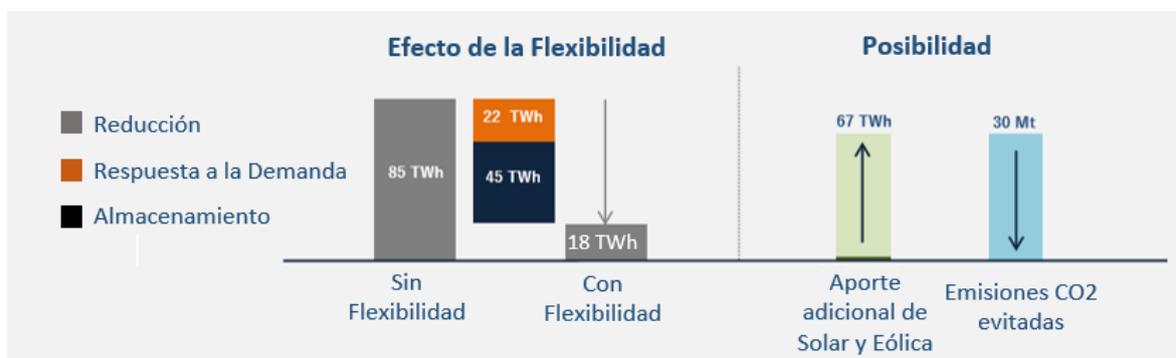
Más allá de un cierto umbral de penetración en el mercado por parte de fuentes renovables variables, contar con suficiente flexibilidad en el sistema de energía se vuelve fundamental para mantener la confiabilidad y la rentabilidad, afectando la forma en que se planifica y opera la infraestructura. Si bien hay otras fuentes de flexibilidad disponibles (aumentar y disminuir la producción a partir de fuentes de energía convencionales), existe un gran potencial sin explotar para la respuesta de la demanda habilitada digitalmente que, junto con el almacenamiento, puede ayudar de manera rentable a adaptarse a una mayor proporción de fuentes renovables variables. y acelerar la descarbonización del sector eléctrico.

Las energías eólicas y solares no son gestionables por su naturaleza (Capítulo 3). Cuando hay sobre oferta de generación si no se usan, se pierden. La digitalización puede ayudar a integrar las energías renovables variables al permitir que las redes se adapten mejor a la demanda de energía cuando hay sol y viento. Solo en la Unión Europea, el aumento del almacenamiento y la respuesta a la demanda podrían reducir la pérdida de la energía solar fotovoltaica y eólica del 7% al 1,6% en 2040, y evitar aproximadamente 30 millones de toneladas (Mt) de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en 2040.

En ausencia de medidas de flexibilidad adicionales, la reducción total a estas fuentes renovables superaría los 85 TWh en 2040, lo que equivale a casi el 7% de la generación combinada de energía eólica y solar fotovoltaica. La introducción de medidas para prevenir el recorte será fundamental para un mayor despliegue de energía eólica y solar fotovoltaica. IEA proyecta que en 2040 las medidas de respuesta a la demanda habilitadas digitalmente pueden reducir la reducción de aproximadamente 22 TWh, y otras 45 TWh se pueden ahorrar

a través de un almacenamiento de energía adicional, una parte se habilitaría de manera digital para el almacenamiento de la batería, limitando la restricción al 1.6% (18 TWh) de la generación total de energía eólica y solar. Esto permite al sistema acomodar 67 TWh de generación adicional a partir de energías renovables variables y evitar aproximadamente 30 Mt de emisiones de CO2 (Figura 5.16).

Figura 5.16 – Efecto de la flexibilidad y sus posibilidades en la Unión Europea al 2040.

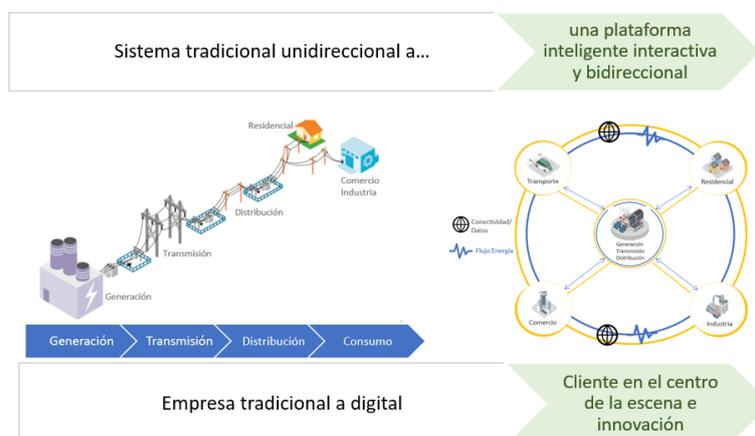


Fuente: Basado en reporte IEA (Digitalization&Energy, Cap.4, Fig. 4.8, pág.94).

Resultante del sistema eléctrico

La Figura 5.17 muestra como la información y la conectividad como base del nuevo sistema y la posibilidad de gestión se ve habilitada por las TIC las cuales pueden gestionar la abundancia y complejidad de la información desde los cuatro sectores.

Figura 5.17 –Una Plataforma Inteligente es la fundación del Sistema Eléctrico futuro



Fuente: combinación de las Fig. 2.4 y 5.8 basadas en IEA.

No hay un único horizonte para la transformación digital del sector. De hecho, no existe un punto final óptimo de llegada, ya que las tecnologías continuarán desarrollándose y la política continuará interviniendo. Lo que evidencia la trilogía es un eje dónde los principales actores del sector eléctrico están actuando en función de un horizonte de cambio del sistema actual de producción y distribución de electricidad, centralizado y unidireccional hacia otro de prosumidores, descentralizado y bidireccional.

Figura 5.18 – Transformación digital del Sistema Eléctrico



Fuente: Basado en reporte IEA (Digitalization&Energy, Cap.4, Fig. 4.3, pág.86).

Resumen Capítulo 5

El sistema eléctrico se transformará por la convergencia de una mayor electrificación, la descentralización y la digitalización. Esta “trilogía” constituye un salto de paradigma de energía bidireccional y aplicación de las TIC para gestionar en forma eficiente los recursos de generación, los sistemas de transmisión y distribución y, las instalaciones del cliente. La “trilogía” incluye a tecnologías derivadas de innovaciones radicales (IoT, Inteligencia Artificial, *Big Data*, *blockchain*) con la convergencia de ramas antes separadas (electricidad, recursos distribuidos, digitalización).

Las mejoras en las TIC y en la conectividad están permitiendo integrar eficazmente los recursos renovables y recursos distribuidos en la periferia de la red. El intercambio de información de los equipos conectados a la red en todos los sectores está dando lugar a una



adaptación mejor de la oferta a la demanda y de la demanda a las necesidades del sistema; también a más medidas en ciberseguridad. La utilización de recursos renovables será más eficiente durante el tiempo de generación real optimizando la capacidad entregada. La digitalización cambiará el paradigma de movilidad terrestre, con la electrificación, la infraestructura de carga, el transporte autónomo y el uso como servicio compartido.

Los usuarios interactuarán con la red eléctrica y los proveedores de energía. Habrá una mejor experiencia con el uso de plataformas que permitirán el intercambio de servicios y el control.

Con las TIC inmersas en los procesos productivos del sistema, se explotarán sus usos en el mantenimiento predictivo de generadoras, en el uso de plataformas que permita comprometer menos CAPEX y mayor eficiencia de OPEX; en la integración de los recursos distribuidos, en la descentralización de la toma de decisiones; con la capacidad de lectura de datos y usos de IA.

Este efecto plantea a las organizaciones sincronizarse con la nueva era 4RI y realinear sus estrategias, como se verá a continuación.



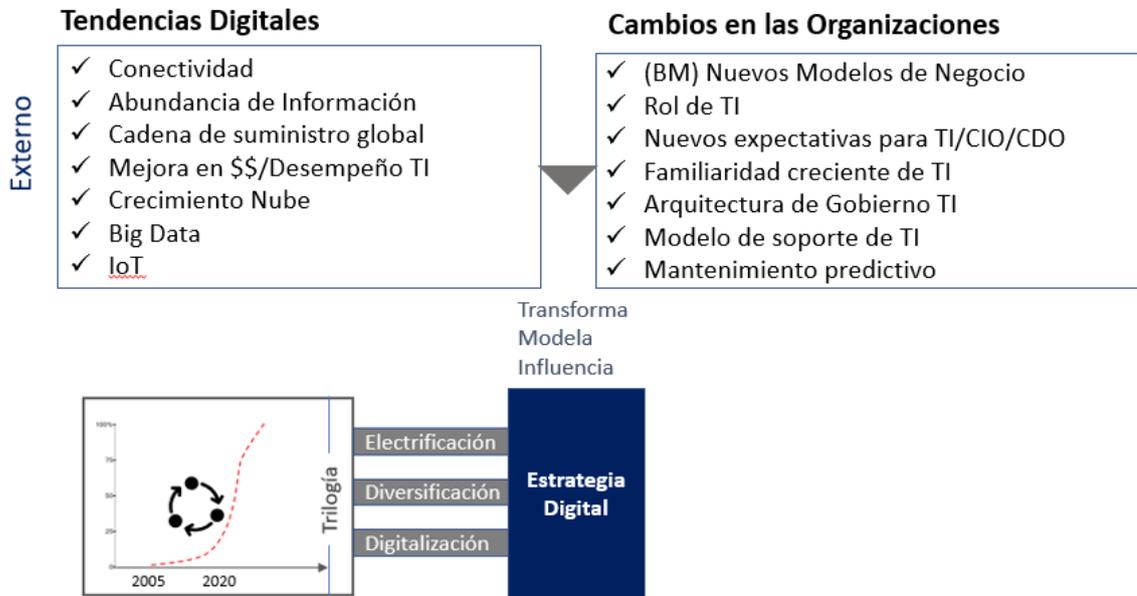
CAPITULO 6 – CONVERGENCIA DE LAS TIC EN LA TRANSFORMACION

Las tecnologías digitales (vistas como combinaciones de tecnologías de información, computación, comunicación y conectividad), en empresas de diferentes industrias y sectores, están transformando las estrategias de negocio, los procesos empresariales, las capacidades de las empresas, los productos y servicios, y las relaciones clave entre empresas en redes empresariales extendidas. La digitalización, aumenta las interconexiones entre productos, procesos y servicios. Cada vez más las tecnologías digitales están integradas, y cada vez es más difícil separar los productos y servicios digitales de sus infraestructuras de TI subyacentes.

Durante estas últimas décadas las mejoras en las TIC y en la conectividad, han ampliado los límites de lo posible. Por lo tanto, la década posterior a “punto.com” ha visto a empresas, tanto establecidas como nuevas, que aprovechan los niveles más bajos de precio/rendimiento de la informática (hardware y software), así como la conectividad global a través de protocolos estándar (por ejemplo, Internet y web móvil) para adaptar su infraestructura empresarial a la nueva era digital. Estas tecnologías digitales están remodelando la estrategia de negocio tradicional con procesos de negocios que permiten que el trabajo se lleve a cabo a través de otros límites de tiempo, distancia y función. Las tecnologías digitales también permiten diferentes formas de capacidades dinámicas adecuadas para entornos turbulentos. Estas tecnologías también están transformando la estructura de las relaciones sociales tanto en el espacio del consumidor como en el de las empresas con las redes sociales (Bharadway, Sawy, Pavlou, & Venkatraman, 2013).

Los factores digitales externos y los cambios en las organizaciones transforman, modelan e influyen la estrategia empresarial (Figura 6.1), en particular al sistema eléctrico que se encuentra en medio de una transformación, donde la tecnología y la innovación irrumpen los modelos tradicionales de generación y distribución en una trilogía virtuosa que cambia las reglas de juego.

Figura 6.1 – Influencia de los factores externos e internos organizaciones.



Fuente: Basado en *Digital Business Strategy: toward a next generation of insights* (2013, Mis Quarterly, Vol.37, Fig.1, pág.473).

Estas tecnologías de vanguardia vistas en el Capítulo 5, ofrecen el potencial de una transformación con más opciones para los clientes, una mayor eficiencia, una descarbonización más eficiente y una mejor economía para las partes interesadas en toda la cadena de valor. Se vio también que el sistema se enfrenta al riesgo de destrucción de valor si no logra captar estos beneficios, lo que podría resultar en activos de la red subutilizados, nueva infraestructura para plantas de punta o picos de demanda; o eventualmente en la deserción del cliente de la red. Este riesgo representa una razón más para identificar y tomar la acción más efectiva para acelerar la transición y hacer que sea rentable (WEF, 2017). La WEF (*World Economic Forum*) sostiene que esta transformación es inevitable y que la situación actual (*statu quo*) ha dejado de ser una opción.

La cuestión clave está identificada en cómo los sectores público y privado pueden darle forma con éxito, sin perder el horizonte de que la función principal de los sistemas de energía eléctrica es garantizar que haya suficiente electricidad disponible en todo momento para satisfacer la demanda de manera segura, confiable y a un costo razonable (REN21, 2018).

Dimensiones de un nuevo sistema eléctrico

En la Reunión Anual 2017 del Foro en Davos, Suiza, se discutieron las tendencias y el marco de acción de un nuevo sistema eléctrico; con la participación de políticos, innovadores tecnológicos y pioneros, fabricantes de automóviles y líderes de servicios públicos; que giró en torno a dos temas principales (Figura 6.2):

- el potencial y el impacto de las tecnologías en la periferia de la red en el sistema eléctrico (trilogía).
- cómo diseñar nuevas políticas e iniciativas innovadoras para liberar el valor de estas tecnologías (acciones públicas y privadas).

Figura 6.2 – Acciones habilitadoras de la trilogía del sistema eléctrico.



Fuente: WEF (2017 - Basado en The Future of Electricity).

Las acciones públicas y privadas (b) incluyen la responsabilidad de los gobiernos, en habilitar los medios para que el desarrollo del nuevo potencial de (a), como ser reglamentaciones; las asociaciones público-privadas en infraestructura, el estímulo hacia la participación de los usuarios brindándoles una experiencia positiva y; la definición de nuevos roles y modelos de negocio.

Marco de acción de un nuevo sistema eléctrico

Se proponen analizar cuatro dimensiones de acciones habilitadoras para un sistema inteligente digital (WEF, 2017):



- 1- Regulaciones: orientar la infraestructura con un marco claro de incentivos que no impidan que los recursos distribuidos proporcionen todo su valor al sistema.
- 2- Infraestructura: desplegar, junto con las partes interesadas claves (*stakeholders*), una infraestructura habilitadora complementaria a la red actual, la que seguirá operando como la columna vertebral del futuro sistema eléctrico.
- 3- Experiencia del cliente: modificar la participación de los clientes en las nuevas tecnologías, que en gran medida ven en la electricidad solo un producto a recibir, lo que hace un esfuerzo costoso y difícil.
- 4- Modelo de negocio: mitigar la resistencia del cambio cultural en algunos segmentos, hacia una asignación diferente de roles y nuevos modelos de negocios (WEF, 2017).

Estas cuatro dimensiones están presentes en cada una de las tendencias disruptivas analizadas en capítulos anteriores, que corresponden a la “Electrificación” (tendencia y vehículos eléctricos); “Diversificación” (generación distribuida, almacenamiento, eficiencia y respuesta a la demanda) y la “Digitalización” que realimenta en forma virtuosa. De aquí se extraen una serie de propuestas habilitadoras.

1.Regulaciones: rediseño del paradigma regulatorio.

Las políticas implementadas por los gobiernos serán determinantes en la dirección que adopte el mundo en un uso óptimo de las nuevas tecnologías. Con nuevas políticas de mejoras energéticas, será posible una desaceleración del crecimiento de petróleo y carbón, y un fuerte aumento de fuentes no contaminantes. Las regulaciones y los incentivos orientarán los nuevos roles para los operadores de redes de distribución, la innovación y la integración total de los recursos energéticos distribuidos. El objetivo es establecer claridad en las reglas de juego (WEF, 2017):

- Mejorar el modelo de ingresos actual: promoviendo la innovación a través de una regulación basada en resultados: no orientada a los gastos de capital, sino abierta, permitiendo que compitan las alternativas sin cables.



- Integrar los Recursos Distribuidos y monetizar sus servicios: definiendo claramente el rol, el tipo de activo y la propiedad de los Recursos Distribuidos (al entregar energía a la red). Permitir un diseño de mercado adecuado, que permita la Agregación independiente (consolidadores) y una valoración basada en la ubicación de los Recursos Distribuidos.

- Modernizar la planificación del sistema: pasar de operadores de redes de distribución a proveedores de plataformas de servicios de distribución. Romper los silos reguladores (geografías, industrias, sectores) a través de planes integrados.

- Utilizar señales de precios al rediseñar las estructuras de tarifas: con precios dinámicos y evaluando la eficacia de los cargos de demanda flexibles (WEF, 2017).

2.Despliegue de una infraestructura habilitadora

La implementación oportuna de la infraestructura debería permitir nuevos modelos de negocio en el sistema de energía:

- Marco de estándares: implementar una infraestructura habilitadora que sea flexible, abierta e interoperable. Definir qué se considera infraestructura habilitadora (por ejemplo, estaciones de recarga, telecomunicaciones de banda ancha, medidores inteligentes). Eliminar la incertidumbre al decidir las reglas de propiedad y recuperación de costos de la infraestructura habilitante. Convocar estándares abiertos para los Recursos Distribuidos y la infraestructura de comunicación para garantizar que se puedan combinar múltiples servicios.

- Gestión de Datos: asegurar que los clientes y terceros se beneficien de los datos generados por los Recursos Distribuidos y la red digital. Definir reglas y estructuras legales para la propiedad de los datos, el acceso y compartir para la red y los datos del cliente (WEF, 2017).

3.Consideración de la experiencia del cliente

El usuario debería estar fuertemente motivado a cooperar por su propio interés. Se debería incorporar la nueva realidad de un sistema de electricidad digital, empoderado por el cliente interactivo. En consecuencia, las acciones a considerar podrían estar orientadas a mejorar la experiencia, la oferta y la segmentación:



- Crear una experiencia de cliente perfecta: ocultar la complejidad a través de la automatización, el autoaprendizaje y las aplicaciones de dispositivos múltiples. Hacer que la participación sea la opción predeterminada e incorporar estándares en dispositivos inteligentes y en las nuevas edificaciones.

- Cambiar la experiencia del cliente mediante la combinación de múltiples servicios: combinar múltiples servicios de energía y desarrollar propuestas más allá de la electricidad (más allá del electrón): los vehículos eléctricos como puerta de entrada a una nueva relación con el sistema eléctrico.

- Reconocer segmentaciones más sutiles de clientes: ofrecer servicios más personalizados basados en las preferencias del cliente hacia recursos digitales, eléctricos y distribuidos (WEF, 2017)..

4. Adopción de nuevos modelos de negocios

Los nuevos modelos de negocio podrán dar lugar a nuevas fuentes de ingresos a partir de servicios innovadores de distribución y venta al por menor:

- Desarrollar esquemas financieros innovadores
- Cambiar el modelo de negocio hacia servicios alternativos y complementarios: aumentar los flujos de ingresos alternativos al proporcionar servicios innovadores de distribución y venta al por menor asociados a los recursos energéticos distribuidos. Cambiar el modelo de negocio intensivo en activos a la plataforma del proveedor de servicios. Considerar las asociaciones intersectoriales como un factor de éxito crítico.

- Equipar la organización con las nuevas capacidades requeridas en el mundo de la red: modelos operativos y asociaciones que abarcan capacidades digitales y de análisis de datos (WEF, 2017).

Estas acciones se basan en lecciones aprendidas de mercados maduros (Ver ANEXO 1). El avance dependerá de los organismos reguladores, de las corporaciones que pueden actuar en estos cambios y definiciones claras de roles y responsabilidades. Las prioridades de acción diferirán de un país a otro, influirá en la estrategia de digitalización organizacional.



A continuación, se analizará como las organizaciones comienzan a transformarse desde la formulación de su estrategia, hasta el gobierno de TI.

Estrategia digital organizacional

Rol de las TIC en la estrategia del negocio

El impulso transformador que está ejerciendo la tecnología en las organizaciones empuja al esfuerzo de mejorar su posición competitiva en un entorno cada vez más digitalizado (Altimeter Group, s.f.). No existen situaciones estándar, de modo que es difícil llegar a teorías unificadas. Gran parte de la estrategia empresarial está dedicada a cómo gestionar y liderar grandes compañías, más que a cómo manejarse con la competencia. En la actualidad un tema capital desde la óptica estratégica es la innovación (Freedman, 2017)

Las consideraciones referidas a las regulaciones, infraestructura, modelo de negocio y experiencia del cliente, vistas en el punto anterior muestran como las mejoras en las TIC y la conectividad están transformando los procesos de negocios, el alcance de la organización y las relaciones tanto en el espacio del consumidor como en el de las empresas desde las redes sociales. Los productos y servicios tienen cada vez más tecnologías digitales integradas, y cada vez es más difícil separar los productos y servicios digitales de sus infraestructuras de TI subyacentes.

Estas razones son suficientes para que el rol de la estrategia de TI sea redefinido, desde una estrategia de nivel funcional, alineada pero esencialmente subordinada a la estrategia de negocios, hasta una fusión entre la estrategia de TI y la estrategia de negocios. Reconocerlo significa remodelar la estrategia de negocio tradicional a una estrategia “digital de negocio” (A.Bharadway, O.Sawy, P.Pavlou, & N.Venkatraman, 2013).

Una estrategia digital de negocio resulta ser una estrategia organizacional formulada y ejecutada al aprovechar los recursos digitales para crear un valor diferencial. Si la estrategia de TI tiene un rol funcional esencialmente alineado a la estrategia del negocio, tendrá resultados diferentes a si la estrategia de TI esta fusionada con la del negocio, de forma tal, que se desprende una única estrategia “digital de negocio”. No es lo mismo el área de TI como proveedor de servicio, a TI como socio. En el primer caso TI buscará eficiencia, cumplir su presupuesto, será visto como un costo y gestionado por expertos, separados del



negocio. Como un aliado, TI será un factor de crecimiento, inseparable de los procesos de negocio, una inversión, una usina de valor. La forma como la estrategia de TI moldea e influye en la estrategia de negocios se evidencia a través de la estrategia de negocios digital. A medida que las empresas dependan de las funciones de las TIC y de la conectividad, la estrategia empresarial digital será la estrategia empresarial (Bharadway, Sawy, Pavlou, & Venkatraman, 2013).

Formulación de una estrategia digital de negocio

Esta forma de elevar las TIC hacia un rol protagónico en la formulación estratégica lleva a una nueva generación de ideas en un escenario híbrido (físico y digital) que considera; el alcance, la escala, la velocidad y, las fuentes de creación y captura de valor empresarial, en la estrategia de negocio digital.

1. Alcance en una estrategia de negocio digital

Los patrones de alcance corporativo y la lógica de la diversificación tienen un impacto en el rendimiento de la empresa. Se trata de cómo utilizar de manera óptima las competencias centrales, activos y recursos claves.

a) El alcance es transfuncional. La estrategia de negocio digital trasciende los silos funcionales y procesos tradicionales. La estrategia digital es diferente de la estrategia de TI tradicional en el sentido de que es mucho más que una estrategia multifuncional, y trasciende las áreas funcionales tradicionales (marketing, compras, logística, operaciones, etc.) y procesos (gestión de pedidos, servicio al cliente, etc.). Por lo tanto, la estrategia de negocio digital puede verse como inherentemente transfuncional. Todas las estrategias funcionales y de procesos están incluidas en el marco de la estrategia de negocios digitales con recursos digitales que sirven como tejido conectivo. La estrategia de negocios digitales se basa en intercambios de información enriquecidos a través de plataformas digitales dentro y fuera de las organizaciones que permiten que las estrategias y procesos multifuncionales estén estrechamente interconectados con la ayuda de capacidades de TI entre empresas.

b) El alcance incluye la digitalización de productos / servicios y la información sobre ellos. La formulación de la estrategia de negocio digital incluye la interoperabilidad con otras



plataformas complementarias y los recursos digitales. Es posible con los recursos digitales crear nuevas capacidades de TI y diseñar nuevas estrategias en torno a nuevos productos y servicios. Es el caso de la marca “Nest” de sensores con capacidades remotas de Internet en tiempo real. Los recursos digitales son más que solo bits y bytes; la infraestructura digital consiste en instituciones, prácticas y protocolos que, en conjunto, organizan y entregan el poder creciente de la tecnología digital a las empresas y la sociedad. En pocas palabras, se reconceptualiza el papel de las conexiones digitales dentro de la cartera corporativa de productos y servicios (A.Bharadway, O.Sawy, P.Pavlou, & N.Venkatraman, 2013).

Si se busca valor en el producto se continúa con el concepto de valor clásico. Hay un nuevo concepto de valor creado desde afuera y eso es el negocio de plataforma. Se define la plataforma como una estándar publicado que permite a otros conectarse, dentro de un modelo gobernado, que establece la reglas de quien obtiene que. Por lo cual hay que dar razones a las personas, las cuales pueden recombinar las funciones de una manera no prevista. Se trata de construir modelos de incentivos y no solo conectividad (MIT, 2014).

c) El alcance cruza los límites tradicionales de la industria. En un mundo intensivo digitalmente, las empresas operan en ecosistemas de negocios que están estrechamente vinculados, de manera que la estrategia de negocios digital no puede concebirse independientemente del ecosistema de negocios, las alianzas, las asociaciones y los competidores. Además, el uso de plataformas digitales permite a las empresas romper los límites tradicionales de la industria y operar en nuevos espacios y nichos. Va más allá de las cadenas con socios en industrias tradicionales a ecosistemas dinámicos. Esto requiere repensar cómo estandarizar las infraestructuras de TI y los procesos de negocios que los rodean. La dependencia digital puede requerir una mentalidad que requiera unir y compartir estrategias de negocios digitales con otros actores en el ecosistema de negocios, ya sean socios o competidores (A.Bharadway, O.Sawy, P.Pavlou, & N.Venkatraman, 2013).

2.Escala en la estrategia de negocio digital

La escala confiere los beneficios de un menor costo unitario de los productos y ayuda a mejorar la rentabilidad. Cuando la infraestructura se vuelve cada vez más digital, en lugar de pensar en escala solo en términos de factores físicos de producción, cadenas de suministro o cobertura geográfica, se pasa a pensar en términos físicos y digitales.



a) La escala es elástica. La mayor disponibilidad y la confiabilidad de servicios en la nube proporcionan una capacidad dinámica estratégica para que las empresas amplíen o reduzcan su infraestructura. Una infraestructura de computación en la nube permite el acceso a la red bajo demanda a un conjunto compartido de recursos computacionales configurables. Este modelo de nube se basa en el autoservicio a pedido, los recursos virtualizados, la utilización rápida y elástica de los recursos, el acceso amplio a la red y la calidad del servicio medida. Cuando la infraestructura digital y la estrategia empresarial se fusionan, esta capacidad de escalamiento rápido se convierte en una capacidad dinámica estratégica para que la empresa se adapte a los requisitos dinámicos del mercado digital. Los principales proveedores de servicios en la nube como Amazon Web Service (AWS), SalesForce, Azure, ofrecen sus recursos elásticos de pago por software para el software, la infraestructura y las plataformas que permiten a sus clientes ajustar dinámicamente sus recursos digitales para que sean competitivos.

b) La escala incorpora los efectos de red cuando los dispositivos *gadget* comienzan a comunicarse (MIT, 2014). Los efectos de red existen cuando el valor de un bien o un servicio aumenta a medida que más consumidores los usan (correo electrónico, las redes sociales, intercambios de compra-venta) o cuando más socios de la oferta aumentan el servicio. A medida que más productos y servicios se vuelven digitales y conectados, los efectos de red se convierten en el diferenciador clave y el impulsor de la creación de valor (A.Bharadway, O.Sawy, P.Pavlou, & N.Venkatraman, 2013). Muchas compañías compiten por agregar nuevas funcionalidades a los productos. Esto significa que no han pensado como agregar nuevas comunidades o efectos de red (MIT, 2014).

c) La escala incorpora la abundancia de información. Se suman al mundo de plataformas digitales omnipresente con redes de banda ancha, computación en la nube y miles de millones de dispositivos inteligentes para usuarios finales; el mundo de redes amplificadas con una gran cantidad de datos, información y conocimiento. Esta combinación de intensidad digital, conectividad y big data proporciona un contexto de abundancia en red. Esto se está ampliando por el crecimiento de IoT. Por lo tanto, escalar con la estrategia de negocios digital requerirá comprender cómo desarrollar las capacidades organizacionales para aprovechar las enormes cantidades de datos, información y conocimiento heterogéneos que se generan de manera continua.



d) La escala incorpora otras alianzas y asociaciones. Cuando la intensidad digital aumenta y la estrategia digital se afianza, es más probable que las opciones de escalamiento se basen en alianzas y asociaciones a través de activos digitales compartidos con otras empresas en el ecosistema empresarial a través de los diferentes límites de la industria tradicional (A.Bharadway, O.Sawy, P.Pavlou, & N.Venkatraman, 2013).³³

3.Velocidad en la estrategia de negocio digital

El tiempo fue reconocido como un importante impulsor de la ventaja competitiva y en la era digital asume un papel central en la configuración de negocios digitales. La conectividad general desafía a las empresas a pensar en el tiempo (o más específicamente, la velocidad).

a) La velocidad en el lanzamiento. La velocidad de lanzamiento de productos ahora obliga a las compañías que están en el espacio híbrido (digital y físico) a acelerar también sus presentaciones de productos. La capacidad de la organización para reconocer y responder a la naturaleza acelerada de la innovación y la implementación con la obsolescencia programada es fundamental para el éxito competitivo y la supervivencia de una empresa en condiciones de negocios digitales. En los últimos años, con una mayor digitalización, los lanzamientos de productos deben coordinarse en redes con productos y servicios complementarios.

b) La velocidad en la toma de decisiones. Existe un consenso general de que la tecnología ha permitido a las empresas acelerar las decisiones que, de otro modo, podrían reducirse debido a que la información fluye hacia arriba y hacia abajo en la jerarquía a través de múltiples niveles de gestión. La lentitud en la respuesta podría significar que los clientes se alejen de las compañías que perciben como desajustadas con la nueva realidad. En términos simples, Big Data se refiere a conjuntos de datos con tamaños que van más allá de la capacidad de las herramientas de software comunes para capturar, curar, administrar y procesar los datos dentro de un tiempo transcurrido específico. A medida que las empresas realizan inversiones para procesar mayores cantidades de datos, encontramos que pocas han

³³ Es común las alianzas entre las generadoras y los centros de datos. Amazon, Microsoft, Facebook, intercambian energía por disponibilidad de plataforma. Estas alianzas comienzan a ser parte de la estrategia de negocio de las plantas generadoras.



realizado las inversiones correspondientes en los procesos organizativos para impulsar el valor comercial de los datos y la información. Al igual que en la década de 1990 con la ola de esfuerzos de rediseño de procesos de negocios, el valor no reside en invertir en tecnología, sino en cómo un mayor acceso a la información impulsa decisiones más rápidas y más efectivas.

c) La velocidad en la orquestación de la cadena de suministro. La visibilidad de extremo a extremo que dieron los ERP ha permitido a las compañías ser más eficientes que antes y junto con la subcontratación de actividades no centrales a una red de socios, ha permitido optimizar sus cadenas de suministro en redes inter-empresas ampliadas y mejorar la eficiencia. Por lo tanto, si se piensa en nuevos negocios de servicios de electricidad marcadas por los rápidos cambios en la funcionalidad de la tecnología, la ventaja competitiva no radica solo en anunciar nuevos productos (ventaja de primer motor) sino en garantizar la disponibilidad de nuevos productos para capturar la ventaja de rápido movimiento. La velocidad de la orquestación de la cadena de suministro a nivel mundial se está convirtiendo en un importante impulsor de la ventaja competitiva. Esto sucede trabajando de manera colaborativa desde el diseño conceptual hasta el reciclaje de los productos y una realineación dinámica de socios y proveedores

e) La velocidad en la capacidad de diseñar y gestionar redes. Uno de los requisitos clave de la estrategia de negocios digitales es la nueva capacidad organizativa para diseñar, estructurar y administrar redes que brindan capacidades complementarias a lo que las empresas tienen dentro de sus propias jerarquías. Los ecosistemas de negocios digitales en áreas como las aplicaciones móviles proporcionan información útil en la nueva capacidad estratégica de orquestación de redes. La velocidad de formación de la red es más rápida que las cadenas de suministro tradicionales por ejemplo en áreas como la automotriz, donde la confianza acumulada durante largos periodos de tiempo actúa como el pegamento. En contraste, los desarrolladores de aplicaciones alinean y realinean su afinidad con las diferentes plataformas basadas en la funcionalidad técnica y el atractivo.

4. Fuente de creación y captura de valor en la estrategia de negocio digital

La creación y captura de valor en los modelos de negocios tradicionales son relativamente bien entendidas y las teorías y prácticas de gestión estratégica han desarrollado



reglas sólidas centradas en aprovechar los recursos físicos y tangibles. La estrategia digital de negocio aporta dimensiones adicionales que alteran la naturaleza de la creación y captura de valor.

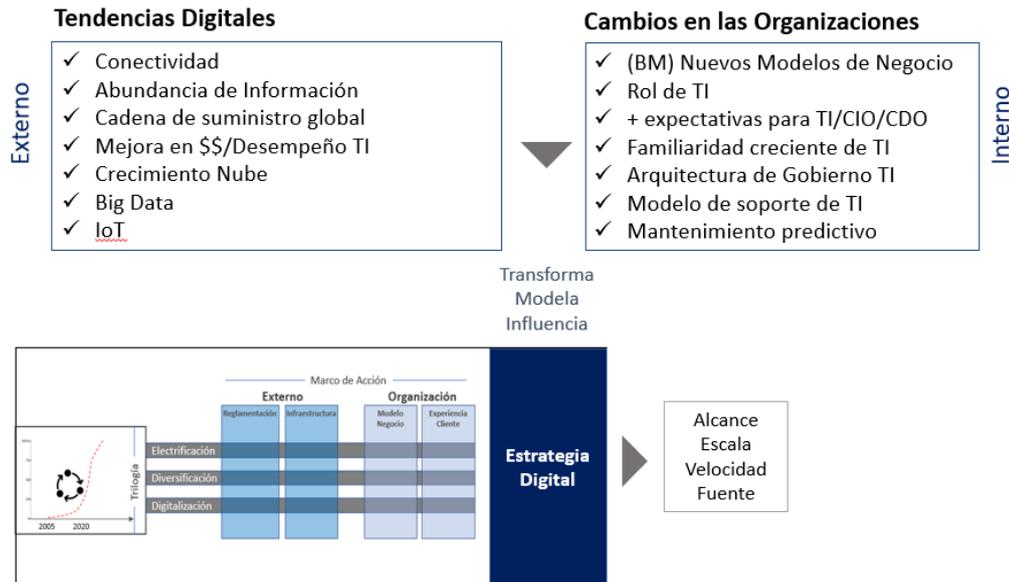
a) Incremento de valor por la información. Muchas empresas pueden ajustar sus acciones y personalizar sus ofertas en función de la información sobre las preferencias de los clientes a través de redes sociales. Además, han surgido muchos modelos de negocios en energía basados en información. La estrategia de negocios digitales también ha hecho posible la democratización del contenido, así como el intercambio, la mezcla, la redistribución de contenido en formas más nuevas y útiles. Estas transformaciones han causado cambios dramáticos de poder en los canales de mercado y desintermediaciones que interrumpen las fuentes tradicionales de ganancias económicas mientras crean fuentes de valor fundamentalmente nuevas (A.Bharadway, O.Sawy, P.Pavlou, & N.Venkatraman, 2013). La desregulación es parte del futuro del sistema eléctrico, junto a los riesgos potenciales de desinversión sin no se coordina la transición en forma sistémica.

b) Valor capturado a través de modelos de negocio coordinados en red. La estrategia digital de negocio pone de relieve la importancia de los modelos de ingresos de múltiples lados, no solo en el software. Google, Facebook, Twitter y otros basan su razón de ser en estos modelos. Estos modelos de negocios de múltiples lados también son de múltiples capas en los que una empresa regala ciertos productos o servicios en una capa para capturar valor en una capa diferente. La extensión lógica de los modelos de negocios de múltiples lados es un reconocimiento de que la creación y captura de valor en la configuración digital a menudo implica una coordinación compleja y dinámica entre múltiples compañías.

d) Apropiación de valor a través del control Arquitectura Digital. Es posible pensar más en el papel de las tecnologías digitales para influir no solo en las estrategias de las empresas individuales, sino también en la naturaleza de la industria y las fuentes de creación de valor y la ubicación de la captura de valor.

La Figura 6.3 muestra la formulación de la estrategia digital basado en las tendencias digitales externas y los cambios organizacionales internos, considerando la trilogía como el terreno sobre el cual avanzar en el nuevo sistema eléctrico.

Figura 6.3 – Conductores de los cuatro temas principales de una estrategia digital de negocio.



Fuente: Basado en Digital Business Strategy: toward a next generation of insights (2013, Mis Quarterly, Vol.37, Fig.1, pág.473).

Gobierno de TI para una organización 4.0

Con más aplicaciones en la nube, las nuevas funcionalidades ya no dependen como antes de las actualizaciones en la organización, pero si de la destreza digital, de la capacidad para detectarlas y aprovechar la potencia instalada (Gartner, 2019). Así mismo con negocios de plataformas, con soluciones que antes eran imposibles, las oportunidades en la era digital pueden derivar en riesgos de mala calidad de proyectos y problemas de implementación, lo cual afecta directamente el desempeño de la organización (Heroux & Fortin, 2016).

Gobernar las TI para mantener el valor empresarial se ha convertido en un imperativo del negocio fundamental para prosperar en la economía (Grembergen & Peterson, 2004).

La relevancia del gobierno de TI excede la responsabilidad del *Chief Información Office* (CIO), no es tampoco una gestión funcional, o una decisión de (de)centralización de



TI; es una responsabilidad de las máximas autoridades de una organización, mediante el cual se dirige y controla la cartera de TI de una organización para alcanzar los objetivos estratégicos (Grembergen & Peterson, 2004).

Planteo de gobierno de TI

El gobierno de TI describe, (a) la distribución de autoridad y responsabilidades de toma de decisiones de TI entre las diferentes partes interesadas de la empresa, y (b) define los procedimientos y mecanismos para tomar y monitorear las decisiones estratégicas de TI (Peterson, 2004).

Según Peterson, para el gobierno de TI resulta imprescindible no solo entender, cómo distribuir la autoridad y responsabilidad en las decisiones del porfolio de TI, sino qué mecanismos utilizar para integrar y alinear las decisiones de TI con el negocio y cómo se controla el efecto resultante en el negocio. Al igual que en muchas otras organizaciones, parecen preguntas eternas de la gobernabilidad:

¿Cómo organizarse para la diversidad y la diferenciación, al tiempo que se mantiene la integración y la unidad de dirección?

¿Cómo promover la innovación local y, sin embargo, obtener los beneficios de la economía de escala? ¿cómo controlarlo?

A continuación, se analizará el planteo de gobierno de TI para una estrategia digital de negocio.

(a) Distribución de autoridad y responsabilidades

Valores conductores múltiples del negocio y de TI

Las organizaciones y en particular el sistema eléctrico, enfrentan incertidumbre y ambigüedad significativas para determinar su dirección estratégica. Las organizaciones que operan en campos turbulentos experimentan objetivos de competitividad y demandas de mayor rendimiento, que incluyen, por ejemplo, presiones para innovar y personalizar productos y servicios, mejorar los niveles de capacidad de respuesta y velocidad, y aumentar la productividad y la eficiencia. Estas demandas de flexibilidad/agilidad vs.



estandarización/eficiencia en conflicto, son propias de sistemas sociales abiertos complejos y requieren estrategias tanto de exploración como de explotación. Por lo tanto, los entornos turbulentos requieren la capacidad de explorar nuevas oportunidades de manera efectiva y explotar las oportunidades existentes de manera eficiente. El planteo de Porter en 1980, de la dicotomía de bajo costo versus diferenciación actualmente ya no es suficiente. Las organizaciones están aplicando ambas estrategias de manera simultánea para satisfacer las demandas competitivas de los mercados electrónicos volátiles globales (Grembergen & Peterson, 2004).

Distribuciones en las decisiones de TI

Los hallazgos empíricos muestran a que se asocian los modelos de decisión a uno u otro tipo de gobierno, centralizado o descentralizado.

1. El gobierno centralizado de TI está asociado con organizaciones pequeñas que siguen una estrategia de negocios centrada en los costos (competitiva) y se caracteriza por una estructura del negocio centralizada, estabilidad ambiental, baja información y poca experiencia empresarial y competencia en la gestión de TI.

2. El gobierno descentralizado de TI está asociado con organizaciones grandes y complejas que siguen una estrategia de negocios (competitiva) enfocada en la innovación y se caracteriza por una estructura de gobierno de negocios descentralizada, volatilidad ambiental, productos/servicios y procesos de negocios con gran uso de información y una experiencia de negocios de alto nivel y competencia en la gestión de TI (Grembergen & Peterson, 2004). (Cuadro 6.4)

Cuadro 6.4 – Determinantes en la decisión de centralizar/descentralizar TI.

| | Centralizado | Descentralizado |
|----------------------------------|---------------------|------------------------|
| Estrategia de negocio | Foco en costo | Foco en innovación |
| Gobierno del negocio | Centralizado | Descentralizado |
| Tamaño de la organización | Pequeña | Grande |
| Intensidad de información | Bajo | Alto |
| Estabilidad del ambiente | Alto | Bajo |
| Competencia | Bajo | Alto |

Fuente: Wim Van Grembergen - Strategies for Information Technology Governance (Cap.2, Fig.10, pág.48).



En general, la centralización conduce a una mayor especialización, economías de escala, consistencia y controles estandarizados, mientras que la descentralización permite el control empresarial, un sentido de propiedad del negocio y proporciona una mayor capacidad de respuesta y flexibilidad a las necesidades del negocio. Sin embargo, la excesiva flexibilidad en la descentralización puede llevar a estándares variables, lo que en última instancia puede resultar en una menor flexibilidad. Por otro lado, la especialización bajo la centralización incurre en riesgos estratégicos específicos debido a la racionalidad limitada y la sobrecarga de información (Grembergen & Peterson, 2004).

Lecciones aprendidas en la distribución de decisiones TI

Desde una visión política del gobierno de TI sugiere que el debate sobre la centralización versus la descentralización se usa principalmente para promover los objetivos de partes interesadas específicas. La metáfora de los seis ciegos y el elefante donde cada uno describe al animal según la parte que toca; ejemplifica las diferencias importantes entre las partes interesadas dentro de la empresa al describir su entendimiento, lo que lleva a la presencia de conflictos y desacuerdos sobre los objetivos y la asignación de recursos estratégicos, incluida la TI. Estas partes interesadas representan diferentes grupos o individuos que influyen y se ven afectados por las decisiones relacionadas con TI. Las luchas de poder, la turbulencia política y los choques culturales son endémicos del gobierno de TI, y la pregunta es más a menudo "de qué manera será", en lugar de "cuál es la mejor forma". Aunque no siempre está explícitamente reconocido, o entendido, la resolución de conflictos y la formación de alianzas son procesos clave para el funcionamiento eficaz de cualquier tipo de modelo de gobierno de TI (Peterson, 2001).

Además de la política, otro riesgo potencial es que la centralización o la descentralización "fija" a la organización en una postura rígida. El desafío, por lo tanto, es equilibrar los beneficios con los costos y riesgos del gobierno de TI centralizado y descentralizado. Durante la última década la mayoría de las organizaciones se han propuesto alcanzar "lo mejor de ambos mundos" (Cuadro 6.5) mediante la adopción de un modelo de gobierno de "TI Federal" (Peterson, 2004).



Cuadro 6.5 – Lo mejor de los modelos de gobierno de TI

| Ventajas | Centralizado | Descentralizado | Federal |
|-------------------------|--------------|-----------------|---------|
| Sinergia | + | - | + |
| Estandarización | + | - | + |
| Especialización | + | - | + |
| Capacidad de Respuesta | - | + | + |
| Apropiación del negocio | - | + | + |
| Flexibilidad | - | + | + |

Fuente: Peterson, 2004; pág.11.

Un gobierno federal de TI podría asignar decisiones centralizadas, a la infraestructura de TI y el suministro de tecnología, mientras que ciertas aplicaciones de TI, el uso de tecnología, son decisiones que pueden estar descentralizadas (Peterson, 2004).

Los términos centralización y descentralización proporcionan una dicotomía que no tiene sentido cuando se aplica como una generalidad a la TI y al gobierno de la TI. En cambio, la centralización y la descentralización se pueden aplicar a cada uno de los elementos principales de la cartera de TI (es decir, infraestructura de TI, aplicaciones de TI, servicios de TI, componentes de TI), lo que genera distintos patrones en el gobierno de TI. En un modelo de gobierno de TI centralizado, los ejecutivos corporativos y de alto nivel tienen autoridad para tomar decisiones sobre inversiones en TI, que incluyen: aplicaciones, servicios compartidos, plataformas, (Peterson, 2004).

En retrospectiva, al comparar la evidencia empírica sobre la gobernabilidad de TI con los nuevos imperativos de negocios de flexibilidad estratégica (agilidad con alineamiento) y estabilidad dinámica (no rígida, sino adaptable), queda claro cómo y por qué el modelo federal de gobernabilidad de TI ha sido el diseño dominante en las organizaciones contemporáneas. El modelo federal también se propaga como el mejor modelo, "capturando lo mejor de ambos mundos, centralizado y descentralizado" (Grembergen & Peterson, 2004).

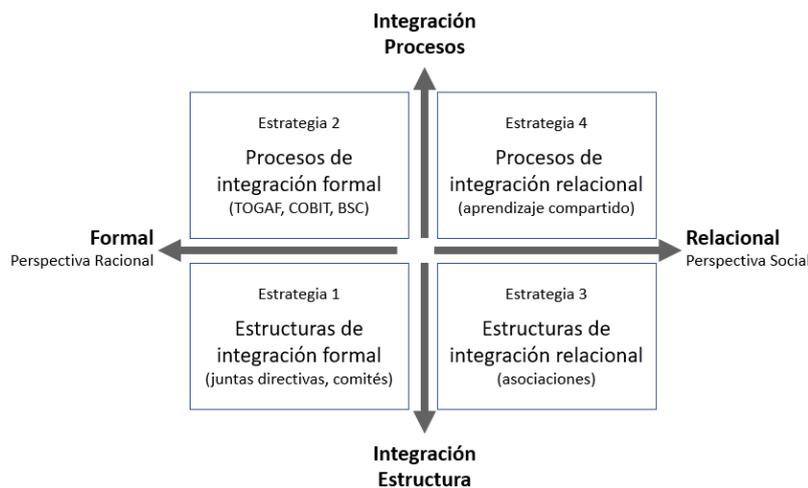
(b) Estrategias de integración para el gobierno de TI

Las estrategias de integración para el gobierno de TI se pueden clasificar de acuerdo con dos dimensiones. Verticalmente, los mecanismos de integración pueden centrarse en

estructuras de integración o procesos de integración, mientras que horizontalmente, se hace una división entre posiciones y procesos formales; y redes y capacidades relacionales (Peterson, 2001). En conjunto, esto proporciona cuatro tipos de estrategias de integración para el Gobierno de TI (Figura 6.6):

1. Estructuras de integración formal;
2. Procesos de integración formal;
3. Estructuras de integración relacional;
4. Procesos de integración relacional.

Figura 6.6 – Estrategias de integración de gobierno TI



Fuente: Wim Van Grembergen - Strategies for Information Technology Governance (Fig.22, pág 64).

Estrategia 1: Las estructuras de integración formal

Las estructuras de integración formal implican la institucionalización de comités y consejos de TI especiales y permanentes. La participación de los gerentes de cuentas y las relaciones ayuda a la gerencia de TI a desarrollar una mejor comprensión de las necesidades del negocio, y ayuda en el comportamiento proactivo versus reactivo de los gerentes de TI (Peterson, 2001). Los comités y los equipos ejecutivos pueden tomar la forma de grupos de trabajo temporales, por ejemplo, comités directivos de proyectos (*steering commite*), o pueden ser institucionalizados como una estructura de superposición en la organización en forma de consejos ejecutivos o de administración de TI (Cuadro 6.7). Los comités varían en



el grado en que tienen una función de asesoría o tienen autoridad formal para tomar decisiones. Contrariamente a los grupos de trabajo especializados, los comités directivos y los consejos asesores reúnen a diferentes partes interesadas de manera relativamente permanente para resolver las preguntas y problemas de toma de decisiones de negocios / TI (Grembergen & Peterson, 2004).

Según la investigación publicada por MIS Quarterly, los comités directivos a nivel ejecutivo o de alta gerencia son responsables de determinar la priorización e inversión en el desarrollo de TI, y la matriz de roles y decisiones. Las decisiones de TI, los principios de TI, la priorización de TI y la inversión deberían ser tomadas por una monarquía empresarial a nivel corporativo para obtener un mayor rendimiento (Weill & Ross, 2005).

Al final de este capítulo se reconsiderará la primera afirmación.

Estrategia 2: Los procesos de integración formal

Es la medida en que la toma de decisiones y monitoreo de TI esta formalizado con reglas y procedimientos estándares. Entre los modelos de alineamiento entre TI y las estrategias del negocio, se consideran los modelos como TOGAF, COBIT los cuales racionalizan el alineamiento. También el grado en que las decisiones como los presupuestos y los cronogramas se combinan entre negocios y TI, si son secuenciales en la que las decisiones del negocio brindan direcciones para la decisión de TI -hacer; o son recíprocas y se influyen mutuamente, o bien se toman simultáneamente en el mismo proceso (Grembergen & Peterson, 2004).

Integración formal vs relacional

Si bien los mecanismos de integración formal tienden a ser obligatorios, tangibles y a menudo, se implementan de manera “de arriba hacia abajo”; los mecanismos de integración relacional son “acciones voluntarias”, que no pueden programarse ni formalizarse y resultan intangibles y tácitos (Grembergen & Peterson, 2004).

La integración es un “compuesto” de interacción y colaboración. La interacción describe las estructuras y los procesos formales utilizados para el intercambio de información y la comunicación, mientras que la colaboración se describe como el elemento de integración afectivo, participativo y compartido, que corresponde a la voluntad de trabajar



juntos. Son capas de niveles de coordinación sucesivamente más profundos, es decir, niveles más altos de capacidad de coordinación lateral. La evidencia reciente indica que, si bien los mecanismos formales de integración son necesarios, son insuficientes para diseñar modelos de gobierno de TI efectivos en entornos competitivos (Grembergen & Peterson, 2004).

Cuadro 6.7- Estrategias y Tácticas de Integración para el Gobierno de TI

| Coordinación lateral | + | ++ | +++ | ++++ |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estrategias de Integración | (a) Estructuras de integración formal | (b) Procesos de integración formal | (c) Estructuras de integración relacional | (d) Procesos de integración relacional |
| Táctica | Ejecutivos de TI y cuentas Juntas directivas, comités y consejos | Toma de decisiones estratégicas de TI Monitoreo estratégico de TI | Participación de los interesados Asociaciones de negocio-TI | Dialogo estratégico Aprendizaje compartido |
| Mecanismos | <ul style="list-style-type: none"> - CIO en la junta directiva -Centros de Excelencia - Comités de dirección del proyecto - Comité de estrategia de TI - Comité de dirección de TI - Consejos ejecutivos de TI - Gerentes de relaciones de TI - Consejo asesor de <i>e-Business</i> - Equipos permanentes de TI - Roles y responsabilidades - Estructura de la organización de TI | <ul style="list-style-type: none"> - Cuadro de mando integral TI (BSC) - Factores críticos de éxito. - Análisis de escenarios - Análisis FODA - Alineación estratégica COBIT; ITIL; TOGAF - Economía de la información - Acuerdos de nivel de servicio (SLA) - Gestión de beneficios de TI -Planificación de sistemas de información -Modelos de madurez de gobernabilidad de TI. | <ul style="list-style-type: none"> -Participación activa de las partes interesadas principales -Colaboración entre partes interesadas principales -Premios e incentivos de asociación - Negocios / TI "conexión virtual" | <ul style="list-style-type: none"> -Comprensión compartida de los objetivos de negocios / TI -Resolución activa de conflictos ('no vigilancia') -Capacitación empresarial / TI multifuncional -Rotación de puestos de trabajo empresarial / TI (<i>cross-functional</i>) |

Fuente: Strategies for Information Technology Governance (Van Grembergen, De Haes & Guldentops - Tabla 9-pág.22 y Tabla 23-pág 65).



Estrategia 3: Las estructuras de integración relacional

Implican la participación activa y las relaciones de colaboración entre los ejecutivos corporativos, la gestión de TI y la gestión de negocios. Un elemento central de la integración relacional es el comportamiento participativo de diferentes partes interesadas para aclarar las diferencias y resolver problemas con el fin de encontrar soluciones integradoras. La capacidad de integración relacional permite a una organización encontrar soluciones más amplias y libera la creatividad involucrada en la exploración conjunta de soluciones que trascienden los límites funcionales y definen posibilidades futuras (Peterson, 2004). Las estructuras de integración relacional se caracterizan por su carácter participativo y compartido. La participación es un proceso en el que la influencia se ejerce y se comparte entre las partes interesadas, independientemente de su posición formal o nivel jerárquico en la organización. La participación de las partes interesadas equilibra la participación de las comunidades empresariales y de TI en el procesamiento de la información, la toma de decisiones y la resolución de problemas (Peterson; Van Grembergen, 2004). La integración de colaboración se refiere a una relación cercana, funcionalmente interdependiente, en la que las unidades organizativas se esfuerzan por crear resultados mutuamente beneficiosos. Es una asociación estratégica que refleja una relación de trabajo de compromiso a largo plazo, un sentido de colaboración y riesgos y beneficios compartidos. Los mecanismos que facilitan la integración relacional incluyen incentivos y recompensas de desempeño conjunto, ubicación conjunta de gerentes de negocios y de TI y la creación de "puntos de encuentro virtuales" para gerentes de negocios y de TI (Peterson, 2000; Ross et al., 1996; Weill & Broadbent, 1998).

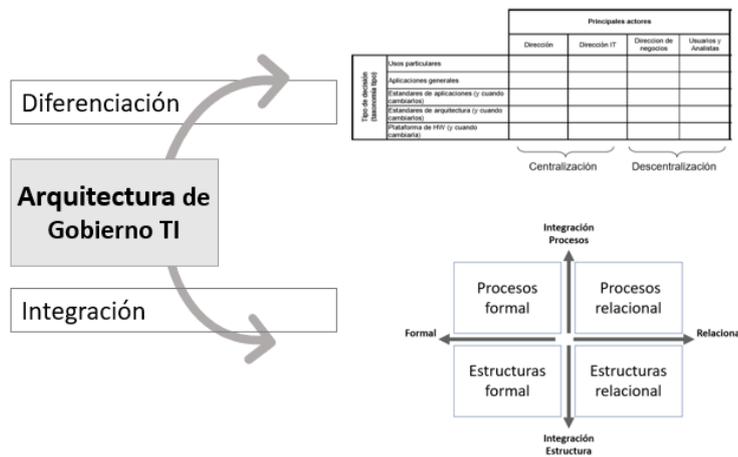
Estrategia 4: Los procesos de integración relacional

Describen el diálogo estratégico y el aprendizaje compartido entre las principales empresas y las partes interesadas de TI. El diálogo estratégico implica explorar y debatir ideas y temas en profundidad antes de la toma de decisiones o fuera de la presión de la toma inmediata de decisiones de TI. Un diálogo de TI estratégico incorpora una amplia gama de perspectivas de negocios inicialmente desestructuradas y puntos de vista de TI, e implica una conversación y comunicación ricas para resolver las perspectivas divergentes y los conflictos de las partes interesadas. Los conflictos se resuelven mediante el uso de estrategias

de resolución activa y pasiva. La resolución activa de conflictos implica estrategias de confrontación y competencia, mientras que la resolución pasiva de conflictos implica estrategias de evitación y suavización, permanecen y no se resuelven explícitamente (Grembergen & Peterson, 2004).

La Figura 6.8 esquematiza las dimensiones de la arquitectura de gobierno de TI definiendo (a) la toma de decisiones y responsabilidades y (b) la forma de integración de las partes interesadas.

Figura 6.8 – Arquitectura de Gobierno TI.



Fuente: Basado en IT Governance Diagnostic Diamond (2001, Peterson, 2001) (2004, Wim Van Grembergen, Strategies for Information Technology Governance, Fig.25, pág 69).

Alineación estratégica

En el entorno empresarial, la capacidad de las organizaciones para detectar oportunidades de innovación es vital para su desempeño. Para mejorar esta capacidad, las organizaciones confían cada vez más en las TIC “ya sea como actividad principal o como facilitador para hacer que los procesos de negocio sean más ágiles” (Heroux; Fortin, 2016; Bharadway; Sawy, Pavlou; Venkatraman, 2013).

El camino en el logro de una inversión asertiva de valor estratégico es engañoso, los ejecutivos enfrentan cancelaciones de proyectos, interrupciones de negocios, aumento de la rotación de clientes, disminución del valor de los accionistas y muchas otras decepciones,



incluida la pérdida de sus empleos (Grembergen & Peterson, 2004). La demostración del valor en las inversiones de TI refleja los efectos de TI en la organización (Ping & Ting-Peng, 2015). De aquí que la alineación entre el negocio y TI resulta de alta prioridad para los ejecutivos de negocios y de TI, ya que condiciona la efectividad del gobierno de TI en el desempeño organizacional, (Ping & Ting-Peng, 2015). El cuadro 6.9 muestra al alineamiento estratégico de TI, en las agendas ejecutivas del 2013.

Cuadro 6.9 – Agenda ejecutiva de TI

| Prioridades Estratégicas | 2013 | 2010 | 2009 | 2003 | 2002 |
|----------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Desarrollar proyectos que habiliten el crecimiento | 1 | 1 | 3 | 3 | 6 |
| Expandir el uso de la Información/Inteligencia (BI) | 2 | 7 | 11 | - | - |
| Alinear las estrategias TI / Negocio | 3 | 2 | 1 | 6 | 1 |
| Reducir los costo de TI | 11 | 3 | 2 | 4 | 5 |
| Proveer guía en la Junta Directiva / Mejorar procesos TI | 12 | 4 | 5 | 1 | 2 |
| Mejora del Gobierno de TI | 16 | 6 | 4 | 3 | - |
| Demostrar el valor de TI / Aplicar métricas | 10 | 14 | 15 | 2 | 3 |

Fuente 2009-2013: Gartner – Informe de Oracle: A CIO’s Perspective Leading In Times of Transition. https://c.yimcdn.com/sites/www.simnet.org/resource/group/62BDE4A1-974A-4105-BE98-BA41ED782AA3/documents/cioperspective_leadingtransi.pdf.

Fuente 2002-2003: Gartner EXP – Top Ten CIO Priorities. <https://slideplayer.com/slide/7565887> . Año 2002 Coincide con Fig.2, pág.39 de (Grembergen & Peterson, 2004)

Si bien la alineación es común en las agendas, es importante entender el vínculo gobierno-desempeño. Cómo el gobierno de TI mejora el desempeño y con qué mecanismos precisos el gobierno de TI ejerce sus efectos sobre el desempeño de la empresa (Ping & Ting-Peng, 2015).

El grado de alineación afecta en forma directa la calidad de los proyectos y los problemas de implementación y en consecuencia el desempeño. (Kearns & Sabherwal, 2006).

La alineación entre TI y el negocio es un condicionamiento, un elemento mediador para el desempeño organizacional. A mayor desarrollo del gobierno de TI y mayor alineamiento entre TI y el negocio, mayor será la capacidad de innovación en productos y en procesos (Heroux & Fortin, 2016). La innovación supone riesgos y emprendimientos fallidos que deberán ser aceptados y planificados.

Hay dos dimensiones en la alineación del negocio con TI: (1) lo intelectual y (2) lo social. La dimensión intelectual se concentra en el contenido de los planes, las metodologías

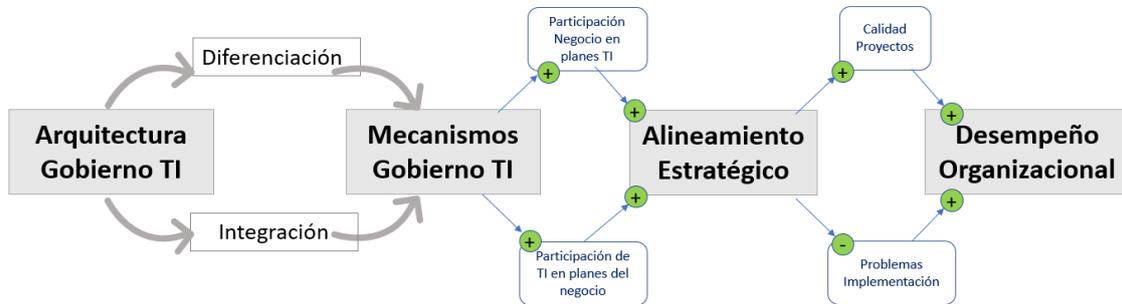


de planificación, las operaciones o los procesos mientras que los relacionados con la dimensión social se centran en las personas involucradas en la creación de alineación (Ping & Ting-Peng, 2015).

La alineación estratégica es uno de los factores mediadores que se consideran necesarias en la cadena de creación de valor de TI. Permite a las empresas maximizar las inversiones en TI al lograr la congruencia entre las estrategias y planes de TI y de negocios, lo que lleva a una mayor rentabilidad. Esta alineación se puede lograr mediante la implementación de mecanismos de gobierno de TI bien diseñados. En otras palabras, el valor empresarial se puede crear mediante la implementación de un marco efectivo de gobierno de TI (Ping & Ting-Peng, 2015).

Ya se analizó que, para implementar el gobierno de TI de manera efectiva, se requiere un conjunto de mecanismos de gobierno de TI para alentar la congruencia con la misión, estrategia, valores, normas y cultura organizacionales (Grembergen & Peterson, 2004). A su vez promueve comportamientos deseables de TI y resultados de gobierno (Weill & Ross, 2005). El gobierno de TI es la capacidad ejercida por la junta directiva, los ejecutivos y la administración de TI para controlar la implementación de la estrategia de TI (Grembergen & Peterson, 2004) y para gobernar el uso de los activos clave de la organización utilizando mecanismos que permiten a los ejecutivos de negocios y TI formular y alinear las políticas y los procedimientos (Weill y Broadbent 1998; Weill y Ross 2004). Por este motivo se considera que los mecanismos de gobierno de TI complementan la TI para brindar valor a las organizaciones. Al consolidar la alineación estratégica y los modelos de gobierno de TI, se demuestra cómo se crea el valor organizacional a través de los mecanismos de gobierno de TI. La alineación estratégica puede mediar la efectividad del gobierno de TI en el desempeño organizacional.

Figura 6.10 – Modelo causal de los efectos de los mecanismos de gobierno de TI sobre el desempeño del negocio, fuertemente mediado por el alineamiento estratégico



Fuente: Basado en los gráficos de (a) Strategic Alignment Between Business and Information Technology (2006, GROVER S. KEARNS AND RAJIV SABHERWAL, Fig.1, pág.134); (b) The Influence of IT Governance ,IT Competence and IT-Business Alignment on Innovation (2016, Héroux&Fortin, Fig.1, pág 4); (c) How information technology governance mechanisms and strategic alignment influence organizational performance (2015, Ping-Ju Wu &W. Straub; Fig.2, pág.510)

En conclusión, hay un vínculo positivo, significativo entre los mecanismos de gobierno de TI y la alineación estratégica y, además, entre la alineación estratégica y el desempeño organizacional. El efecto de los mecanismos de gobierno de TI en el desempeño organizacional está mediado por la alineación estratégica. Por lo tanto, el objetivo final de aumentar el valor empresarial puede lograrse estableciendo un marco de gobierno de TI con una implementación bien diseñada de estos tres tipos de mecanismos (Van Grembergen 2009; Weill y Ross 2004). El gobierno de TI pasa a ser el factor predictivo más importante del valor que una organización genera a partir de TI (Ping & Ting-Peng, 2015). Si el desempeño digital y la innovación es parte del mismo objetivo, la potencia de la alineación estaría en la agilidad. La innovación podría ser más rápida, planeada con un presupuesto en el cual se incluya un porcentaje de emprendimientos fallidos y la capacidad de aprender de ellos. De esta forma los líderes no deciden los proyectos, su rol es exponer la problemática y dejar que el ecosistema encuentre la solución. Esta nueva perspectiva avanza un paso más en la fusión y en el poder del alineamiento frente a un planteo monárquico de las decisiones centralizadas de proyectos.



Resumen Capítulo 6

La trilogía (electrificación, diversificación y digitalización) es el motor de la transformación de un nuevo sistema eléctrico. El marco de acciones públicas y privadas, con sus reglamentaciones, asociaciones público-privadas en infraestructura, estímulo hacia la participación de los usuarios y la definición de nuevos roles y modelos de negocio, constituyen dimensiones propuestas para conducir la transformación y evitar los riesgos de incrementar el uso de recursos no renovables.

El impulso transformador empuja a las organizaciones a esforzarse en mejorar su posición competitiva, en un entorno cada vez más digitalizado, donde la capacidad para detectar oportunidades de innovación es vital para su desempeño. Las organizaciones deben responder a múltiples valores conductores, lo cual requiere ser flexibles y eficientes. Para alcanzar estos objetivos se ven obligadas a reformular sus estrategias y el gobierno de TI. Al ser la innovación esencial para el desempeño de la organización, esperan cada vez más de TI para avanzar estratégicamente en su posición competitiva.

El rol de la estrategia de TI es redefinido, desde una estrategia funcional subordinada, hacia una fusión con la estrategia de negocios, es decir, a una única estrategia “digital de negocio”. Esta forma de elevar las TIC hacia un rol protagónico de “aliado” y “socio” abre una nueva generación de ideas, una usina de valor en un escenario híbrido (físico y digital) que vuelve a definir; el alcance, la escala, la velocidad y, las fuentes de creación y captura de valor empresarial, en la estrategia digital de negocio.

El elevar las TIC el gobierno de TI excede la responsabilidad del CIO; pasa a ser una responsabilidad de las máximas autoridades de una organización, mediante el cual se dirige y controla la cartera de TI para alcanzar los objetivos estratégicos. Las lecciones aprendidas sobre el modelo federal de gobierno de TI, aborda la división de responsabilidades, considerando la coordinación para llevar a cabo las actividades. Para ello se trata de establecer mecanismos de integración para evitar los conflictos inherentes de desacuerdos sobre los objetivos y disputas de poder que desalinean la coherencia de acciones del negocio y de TI. Estos mecanismos de gobierno establecen las estructuras de autoridad, procesos y de relación. Según el marco teórico, en primer lugar, los comités directivos son responsables de determinar la priorización e inversión en el desarrollo de TI, y la matriz de roles y



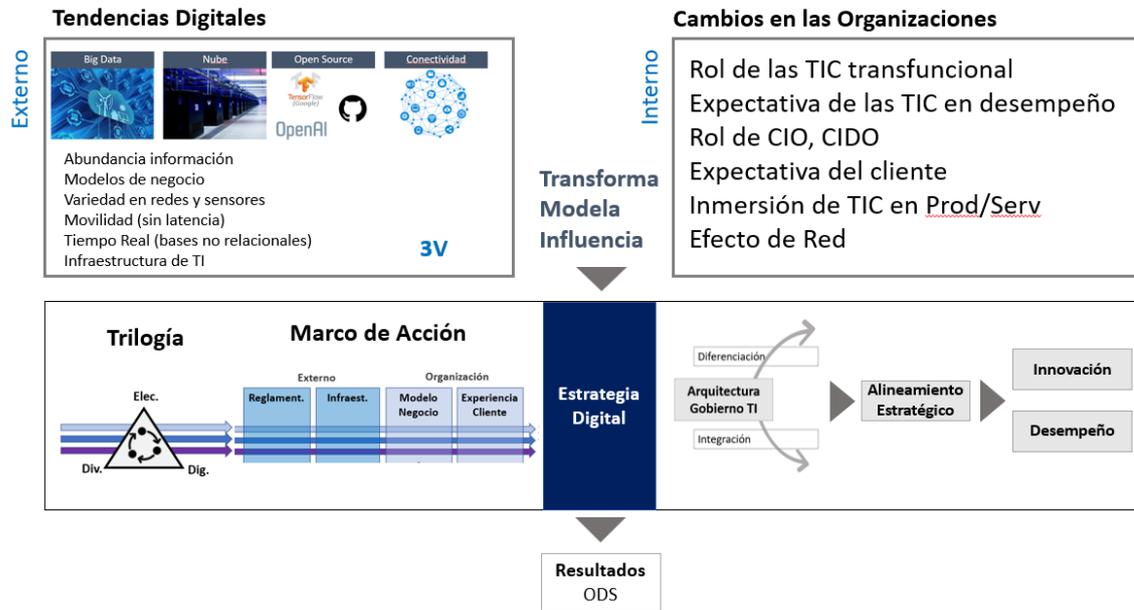
decisiones. Las decisiones de TI, los principios de TI, la priorización de TI y la inversión deberían ser tomadas por una monarquía empresarial a nivel corporativo para obtener un mayor rendimiento. Esto último debe ser contextualizado de acuerdo a los hallazgos en la era 4RI, respecto al poder del ecosistema Segundo, los mecanismos de procesos se refieren a procesos formales de toma de decisiones estratégicas, planificación y monitoreo para asegurar que las políticas de TI sean consistentes con las necesidades del negocio. Finalmente, los mecanismos relacionales, que incluyen la interacción negocio / TI , el aprendizaje y la comunicación compartidos, son determinantes para el marco de gobierno de TI. La alineación y la integración son un “compuesto” de interacción y colaboración.

Las estructuras, los procesos y las comunicaciones de gobierno de TI son mecanismos efectivos para promover la alineación estratégica de TI, ya que proporcionan un contexto institucionalizado que también permite la comprensión compartida. La alineación estratégica requiere la implementación de mecanismos de gobierno de TI bien diseñados. En otras palabras, el valor empresarial se puede crear mediante la implementación de un marco efectivo de gobierno de TI.

Esto último indica que el gobierno de TI resulta ser el factor predictivo más importante del valor que una organización genera a partir de TI, ya que provee un vínculo determinante con la alineación estratégica que media entre el gobierno de TI y el desempeño organizacional. La innovación será resultado de un ecosistema con líderes expositores de la problemática y no de las soluciones. La agilidad de la organización, la flexibilidad y eficiencia será una resultante de esta configuración y no exclusividad de líderes de soluciones o de un sistema estrictamente monárquico.

La Figura 6.11 presenta cómo las tecnologías y la trilogía del sistema eléctrico moldean e influyen la organización, con un replanteo del rol de TI en la formulación de la estrategia, en la arquitectura de gobierno de TI “socia” y “aliada”, en la alineación estratégica como mediadora del desempeño organizacional y la innovación del ecosistema. En esta cadena de transformaciones se puede tomar a las TIC como un hilo conductor y a los objetivos ODS como un criterio de evaluación de los resultados en este nuevo sistema.

Figura 6.11 – Estrategia digital y arquitectura de gobierno TI condicionarán los resultados organizacionales y del sistema eléctrico



Fuente: combinación de las Figuras 6.3 y 6.9. Basado en los modelos Digital Business Strategy: toward a next generation of insights (2013, Mis Quarterly, Vol.37, Fig.1, pág.473) y (2004, Wim Van Grembergen, Strategies for Information Technology Governance, Fig.25, pág 69).



CAPITULO 7 – POSIBILIDAD DE TRANSFORMACION

La generación distribuida y el paradigma bidireccional

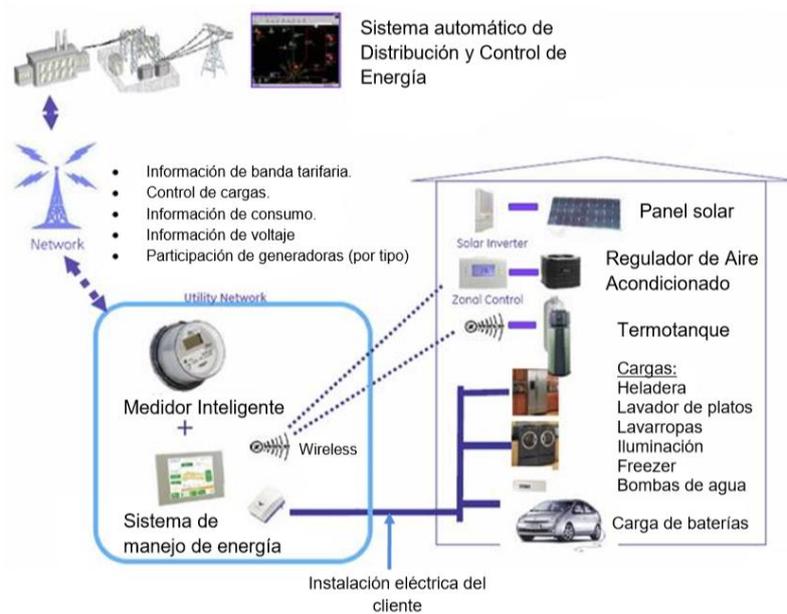
La convergencia de la “trilogía”, electrificación, distribución y digitalización, con las nuevas tecnologías como, IoT, medidores inteligentes, recursos distribuidos (recursos renovables, almacenamiento, eficiencia, respuesta a la demanda) están impulsando el desarrollo e implementación de un nuevo sistema de suministro de energía, y una importante variedad viene desde la periferia de la red (T&D World Magazine, 2019) . Esta red utilizará la misma infraestructura básica de hoy, pero también se basará en la nueva tecnología para el monitoreo, control y comunicaciones. Al igual que el borde del universo, el borde de la red se está expandiendo (Diaz.C & Hernández.J, 2011).

Interactividad de los usuarios

Históricamente las interacciones del usuario en la gestión de su propio consumo de energía se limitaron al control voluntario de la demanda o al reemplazo de equipos más eficientes, como el cambio a lámparas LED, etc. Con sensores instalados en los dispositivos del lado del cliente, que tomen decisiones para controlar la demanda, será posible que se adapten mejor a sus necesidades financieras y sociales. Se estima que tal como ocurrió con Internet, la red eléctrica será interactiva tanto para las entidades de generación de energía como para los actores del lado del consumo. En breve las empresas de servicios energéticos permitirán a toda persona tener acceso a la prestación de otros servicios, como es la gestión de la demanda. Los medidores inteligentes, las tecnologías de control electrónico, los medios modernos de comunicación y la mayor conciencia de los usuarios, la gestión local del consumo de electricidad jugará un papel clave en la prestación de nuevos servicios que crearán valor para las partes involucradas. En este contexto la medición y gestión de los servicios tendrá una consecuencia fundamental en la evolución de la demanda de la energía eléctrica. Por esta razón, elementos tales como los medidores electrónicos o inteligentes, los sistemas de gestión automática y lo que en principio se denomina las redes HAN (*Home*

Area Network), (Figura 7.1) junto con otros sistemas de comunicación y control que se utilizan en las redes de transmisión y distribución, servirán de apoyo para crear una herramienta valiosa para la integración de los procesos de negocio en la gestión en tiempo real (Diaz.C & Hernández.J, 2011).

Figura 7.1 – Sistema de gestión automática residencial (HAN).



Fuente: Edenor, la casa inteligente

Ciberseguridad de la red y de los usuarios

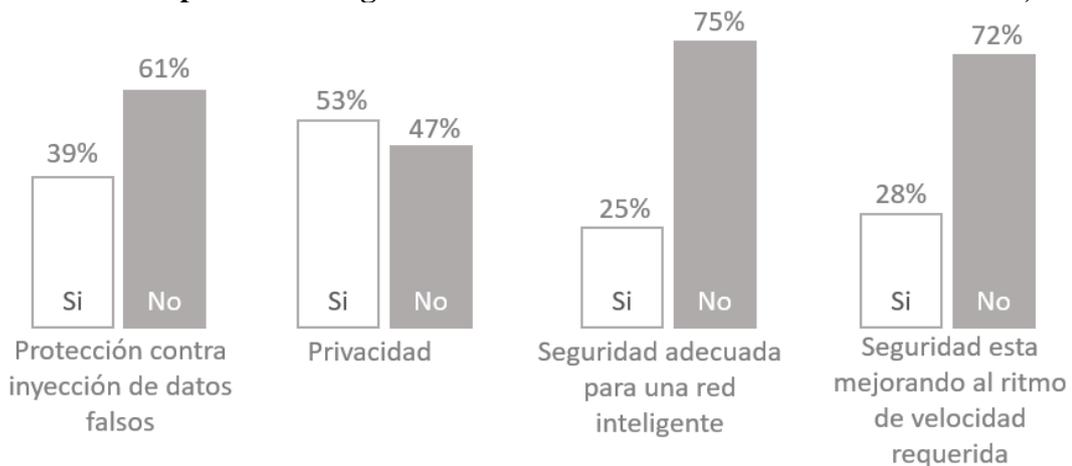
La conectividad puede traer nuevos riesgos de ciberseguridad a los sistemas de gestión, generación y distribución de red inteligente. Según el Instituto de Investigación de Energía Eléctrica, EPRI (2009), uno de los mayores desafíos que enfrenta el desarrollo de redes inteligentes se relaciona con la seguridad cibernética de los sistemas. Según el Informe "La seguridad cibernética es un problema crítico debido a la posibilidad cada vez mayor de ataques cibernéticos y de incidentes críticos en contra de este sector, ya que se vuelve cada vez más interconectado". Los riesgos más importantes serían, la interrupción de la red eléctrica, la pérdida de disponibilidad del sistema y la posibilidad de perder el control de ciertos aspectos de la red (Diaz.C & Hernández.J, 2011).



Otro aspecto de ciberseguridad a tener en cuenta es la privacidad de los usuarios. El uso indebido puede llevar a determinar el equipamiento que existe en un hogar y sus patrones de uso; el número de personas que viven y sus costumbres (hora de levantarse y acostarse, lugares de la vivienda en los que pasan más tiempo); y la presencia de aparatos médicos que permitirían inferir problemas de salud en los habitantes del hogar (información clasificada con el máximo grado de confidencialidad, de acuerdo con las leyes de protección de datos). Así, estos posibles usos no deseados de la información pueden añadir más elementos al debate de la cuestión de la privacidad, tema bastante abordado por el uso de Internet, por la existencia de un gran número de empresas que tratan de trazar la actividad de los usuarios mediante técnicas tales como las *cookies* o el *fingerprinting* de dispositivos (huella única que se puede conseguir mediante el análisis de la información que se envía al acceder a una página Web). El tema de la privacidad en las redes eléctricas probablemente se situará a un nivel parecido al de la privacidad en Internet y será objeto de especial atención de los entes reguladores (Díaz.C & Hernández.J, 2011).

La Figura 7.2 muestra la percepción de seguridad de especialistas, en una encuesta realizada de 104 profesionales de seguridad en energía durante marzo de 2012 en EEUU.

Figura 7.2 – Percepción de la seguridad del sistema eléctrico interactivo – EEUU, 2012.



Fuente: Rage Against the smarter meter (2012, Business Impact-Technology review, pág.17) ,
(<https://www.technologyreview.com/s/427497/rage-against-the-smart-meter/?set=500091>)

Obstáculos en la implementación de iniciativas digitales

Los peligros de no avanzar hacia el nuevo sistema eléctrico, tiene la amenaza potencial de destrucción de valor, y el riesgo de que no se consoliden las eficiencias esperadas antes de que los nuevos picos de demanda se trasladen a la generación tradicional.

La Figura 7.3, ejemplifica las barreras y obstáculos de algunas iniciativas digitales. Se observa que la “Programación del usuario”, con la integración de las tecnologías de energía distribuida (DER) y las IoT, que resulta esencial para que funcione una red de distribución más inteligente, presenta barreras altas por seguridad e implementación. Este camino hacia la integración solo es posible con estándares de interoperabilidad, lo que requerirá un nuevo nivel de cooperación entre los actores de la industria, el público y especialmente los organismos reguladores (IEA, 2017).

Figura 7.3 – Tecnologías, magnitud del cambio y barreras en la adopción



Fuente: Basado en la publicación de IEA (Digitalization and Energy 2017). <https://www.iea.org/digital/>

Los obstáculos analizados, si bien aplican en general a toda la industria, pone de relieve que el nuevo sistema eléctrico dependerá de las nuevas políticas gubernamentales que regulen y fomenten la dirección hacia una transformación de la infraestructura, que integre a la participación de los clientes y abra el juego a nuevos modelos de negocio, como

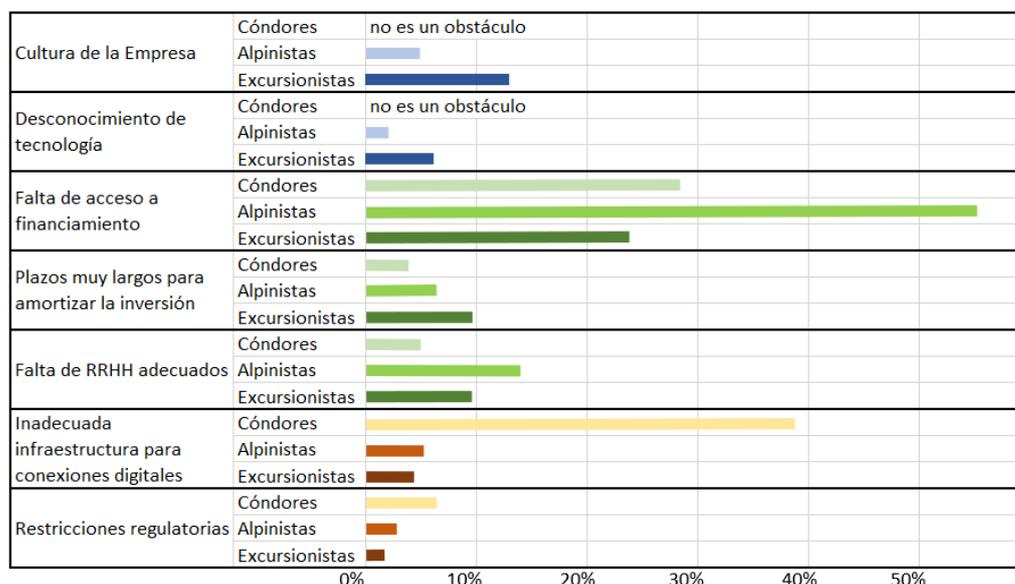


se analizó en el Capítulo 6. El desafío, entonces, es transitar esta transformación basada en cambios sistémicos antes que individuales.

Obstáculos en empresas argentinas

En forma generalizada tomando a las empresas de manufactura argentinas, la Figura 7.4 presenta los principales obstáculos para la adopción de tecnologías desde el punto de vista de los tres grupos empresarios según el grado de penetración digital. El primer mensaje que se puede extraer es que la falta de acceso al financiamiento es un problema central para las firmas de todos los grupos. De hecho, aparece como el principal obstáculo para los Alpinistas, donde más de la mitad lo ven como el principal problema para adoptar las nuevas tecnologías.

Figura 7.4 - Principales obstáculos para la adopción de tecnologías según grupo (%)



Fuente: BID, 2019 (Travesía 4.0 hacia la transformación industrial argentina, Fig.20, pág.43)

Un aspecto importante, sobre todo desde el punto de vista de la política pública, es que la naturaleza de los obstáculos para la adopción tecnológica muestra diferencias relevantes según los grupos. Ni la cultura de la empresa, ni la falta de información obstaculizan las mejoras tecnológicas en las firmas del grupo de Cóndores. Son, en cambio, factores que podemos llamar estrictamente externos a la firma (las dos últimas filas), como los marcos regulatorios o la inadecuada infraestructura digital, los cuales no pueden ser



subsancionados por acciones privadas, los que figuran como principales obstáculos para el desarrollo de las empresas tecnológicamente más avanzadas. Si bien la falta de financiamiento es uno de los principales elementos que las obstruye es menos importante para estas firmas que para los Alpinistas. Es probable que, siendo los cóndores, en promedio, más grandes y exportadoras, no resulta llamativo que puedan conseguir con mayor facilidad financiamiento externo a la firma. Una interpretación similar puede hacerse respecto de la falta de recursos humanos: dada una determinada oferta de trabajo, se encuentran menos racionadas las firmas con mayores capacidades de captarlos; vale decir, aquellas más grandes y más internacionalizadas. En un polo opuesto, aparecen las firmas del grupo de los Excursionistas, para las cuales tienen mayor relevancia las barreras que son internas a la firma (en color azul), como la cultura de la empresa y el desconocimiento de la tecnología. Son las firmas de este grupo las que proporcionalmente menos señalan a los factores estrictamente externos, como los marcos regulatorios o la inadecuada infraestructura digital.

Posicionamiento de Argentina en la transición hacia la digitalización

Rasgos de un cambio estructural

Tres rasgos de este cambio estructural permiten entender la magnitud de los desafíos hacia delante para las empresas argentinas. Primero, el ritmo del cambio parece más rápido que en las revoluciones tecnológicas previas. Segundo, la revolución está recién comenzando: muchas de estas tecnologías eran poco conocidas apenas una década atrás, y lo siguen siendo hoy para muchas empresas. Tercero, este conjunto de tecnologías es de propósito general, es decir, son ampliamente utilizadas, tienen muchos usos en sectores diversos y tienen fuertes efectos de desbordamiento de su hábitat natural (spillovers) hacia el resto de la economía. Este último rasgo las hace clave para el desarrollo económico: se trata de tecnologías que promueven la innovación tanto en procesos como en productos. No se refiere únicamente a la automatización, sino a cambios en la forma de organización de la producción, en la división del trabajo a lo largo de la cadena de valor y en los dispositivos y sistemas técnicos utilizados como soporte de la producción, la administración y la



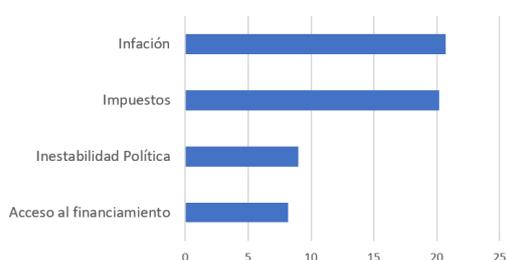
comercialización. El emergente de estas transformaciones se expresa en un recambio de productos, materiales, procesos productivos y también servicios (BID, 2019).

La transición de los países hacia las tecnologías 4.0 en el sistema eléctrico depende de organismos reguladores bien establecidos, corporaciones organizadas que pueden actuar en estos cambios y definiciones claras de roles y responsabilidades. También de entidades reguladoras, independientes, con la capacidad de definir y realizar un seguimiento claro de los resultados y las métricas de rendimiento, incluidos los KPI técnicos, comerciales y operativos para la confiabilidad, la calidad de la energía, la fuerza laboral, las pérdidas del sistema y otros aspectos del sistema eléctrico como la visualización, específicamente los precios residenciales y comerciales (\$/MWh).

Posición relativa de argentina en competitividad global

Según el informe del Foro Económico Mundial 2018, la infraestructura global de Argentina se ubicó en el lugar 81 de entre 137 países en el Informe de competitividad global, una mejora considerando que ocupaba el lugar 85 el año anterior. Hubo poca inversión pública y privada lo que dio lugar a déficits de infraestructura, principalmente relacionadas con el transporte, la logística y la energía. Según un estudio publicado por el Centro de Implementación de Políticas Públicas para la Equidad y el Crecimiento (CIPPEC), entre los años 2003 y 2013, la inversión privada en infraestructura de Argentina ascendió a solo un 0,7 % del PIB, en comparación con el 5 % del PIB en la década de 1990. El descenso se debió al elevado riesgo de inversión y a la falta de seguridad jurídica. La inflación y la carga impositiva con percepción de inestabilidad política parecen ser los factores que desestimulan invertir en Argentina (Figura 7.5).

Figura 7.5 – Factores más problemáticos para hacer negocios en Argentina (2017).



Fuente: Foro Económico Mundial 2017

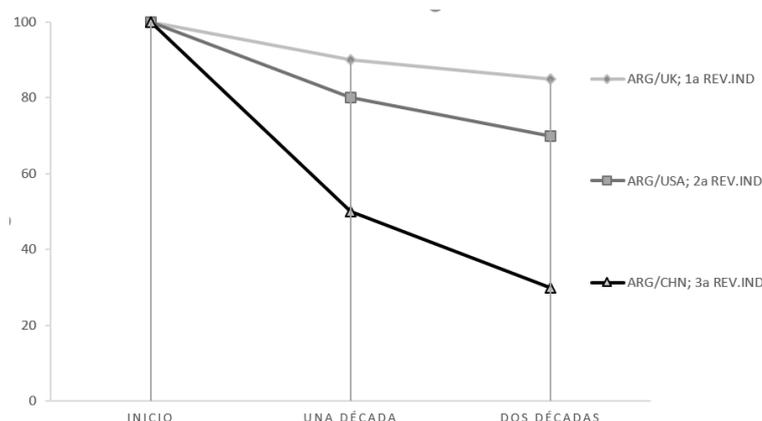


Según el Foro Mundial, Argentina debería triplicar sus niveles de inversión para poder de cerrar la brecha en infraestructura para el 2020.

Capacidad de adopción de tecnología en las últimas décadas

El cambio tecnológico no es inevitable. La historia muestra que los periodos de aparición de las nuevas tecnologías ampliamente usadas de propósito general también fueron fases de grandes bifurcaciones en los ingresos, la productividad y el bienestar entre los países, esto es, la aparición de ganadores y perdedores a nivel mundial. En este último grupo de países uno de los factores clave que explican su rezago es la incapacidad de las empresas y los trabajadores para absorber completamente las nuevas tecnologías y traducirlas en ganancias de productividad. Desafortunadamente, una mirada al pasado nos dice que Argentina se ubicó en el segundo grupo de países. Las sucesivas revoluciones tecnológicas fueron períodos de rezago relativo (Figura 7.6) (BID, 2019).

Figura 7.6 – Evolución del PBI per cápita de Argentina en relación al del país más dinámico en cada revolución industrial (Índice 100 = ratio inicial)



Fuente: BID, 2019 (Travesía 4.0 hacia la transformación industrial argentina, Ilustración 3, pág.18).

Actualmente, se observa una tendencia global de los gobiernos a implementar estrategias que promuevan la evolución hacia la Industria 4.0 y el desarrollo de capacidades en IA. Aunque la mayoría de éstas se reduce a promover la difusión y el acceso de las empresas a las TIC, existen experiencias de países pioneros que están redefiniendo sus políticas industriales en base al nuevo escenario de la 4RI (BID, 2019). ¿Cómo se sitúa la



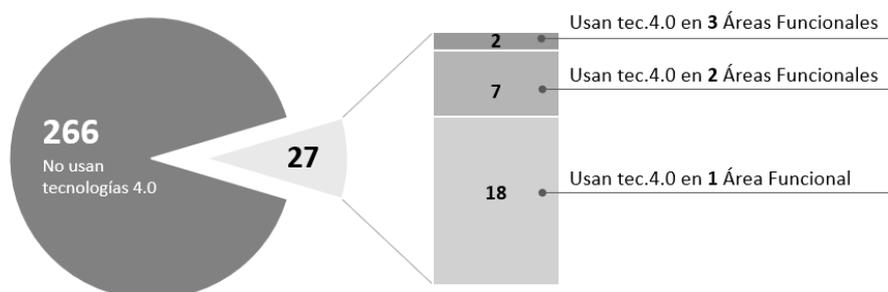
industria argentina con las tecnologías de cuarta generación, como ser la IA y otras tecnologías asociadas a la 4RI? ¿Están las empresas incorporando algoritmos y grandes bases de datos para manejar sus actividades cotidianas? ¿En qué medida se están readaptando las habilidades de los trabajadores para complementar a las nuevas tecnologías? Los resultados a continuación son el resultado de una encuesta para la industria manufacturera argentina realizada en junio del 2018.

Estado tecnológico de la industria argentina

El estado tecnológico de la industria argentina puede sintetizarse a partir de cuatro grandes rasgos:

Primer rasgo: el grado de difusión de tecnologías 4.0 en la industria manufacturera argentina es todavía muy bajo. La industria 4.0 es un fenómeno incipiente, que por el momento abarca apenas a un selecto grupo de empresas, y de forma parcial. La Figura 7.7 muestra que, de las 293 empresas consideradas, solo 27 firmas —menos del 10%— cuentan con tecnología de cuarta generación en alguna de las cinco áreas funcionales analizadas. Sólo nueve de estas firmas cuentan con tecnología de cuarta generación en dos o tres de las áreas funcionales y ninguna declara disponer este tipo de generación tecnológica en más de tres áreas funcionales. De hecho, no existen empresas completamente 4.0 en la industria argentina (Figura 7.7).

Figura 7.7 – Composición de una muestra según uso de la tecnología 4.0



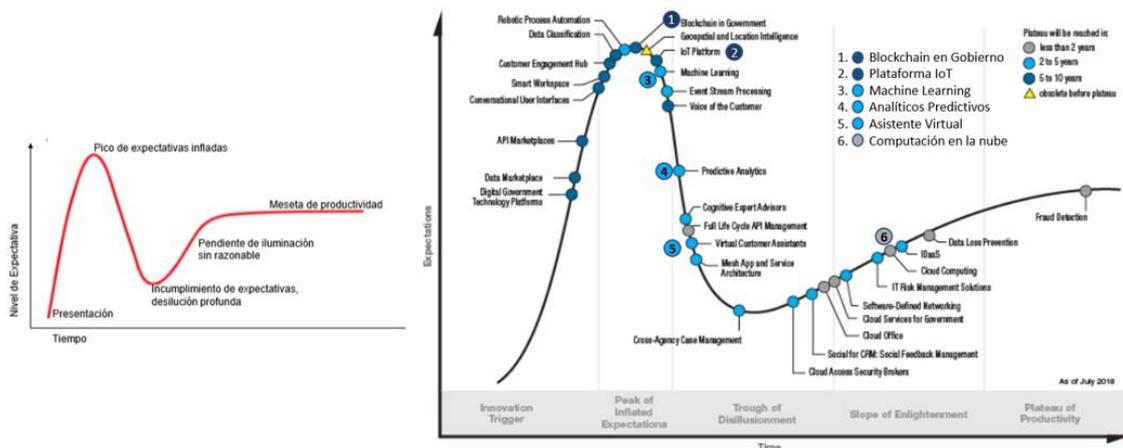
Fuente: BID, 2019 (Travesía 4.0 hacia la transformación industrial argentina, Fig.4, pág.28)

Segundo rasgo: la gran mayoría de las empresas predominan tecnologías de primera y segunda generación. La Figura 7.8 muestra el porcentaje de empresas que utilizan cada

una de las cuatro generaciones tecnológicas en promedio de áreas funcionales analizadas: Gestión de negocios; Relación con clientes; Gestión de procesos; Desarrollo de producto; Relación con proveedores. En el año 2018 el promedio simple de las áreas funcionales da una noción del estado tecnológico promedio de la industria argentina. Se observa que algo más del 80% de las empresas de la muestra cuenta con tecnologías de primera y segunda generación: alrededor de 40% utiliza tecnologías de primera generación y otro 40% de segunda generación. Esto debilita la hipótesis de que la escasa adopción de nuevas tecnologías se debe fundamentalmente a que las tecnologías se encuentran en una etapa de prueba y error, como sí se observa en las economías avanzadas, en dónde buena parte de las empresas se ubica cerca de la frontera, a la espera de una mayor estandarización y codificación de las nuevas tecnologías (BID, 2019).

Resulta representativo el ciclo de expectativas de las tecnologías presentado por Gartner desde 1995 (Figura 7.8). El ciclo muestra el grado de concesión en función del tiempo, pasando por las fases de alta publicidad y expectativas, desilusión y para aquellas que superaron este período, de productividad. Muchas de las tecnologías mencionadas ya pasaron la etapa de desilusión, mientras que otras mantienen una alta expectativa y se hallan en una fase de pruebas. Esta última es la zona de exploración en la aplicabilidad, mientras que un importante grupo ya está en la fase de productividad y no se mencionan en este gráfico, por ejemplo, la realidad virtual o la impresión 3D.

Figura 7.8 – Ciclo de tecnologías emergentes, 2018.

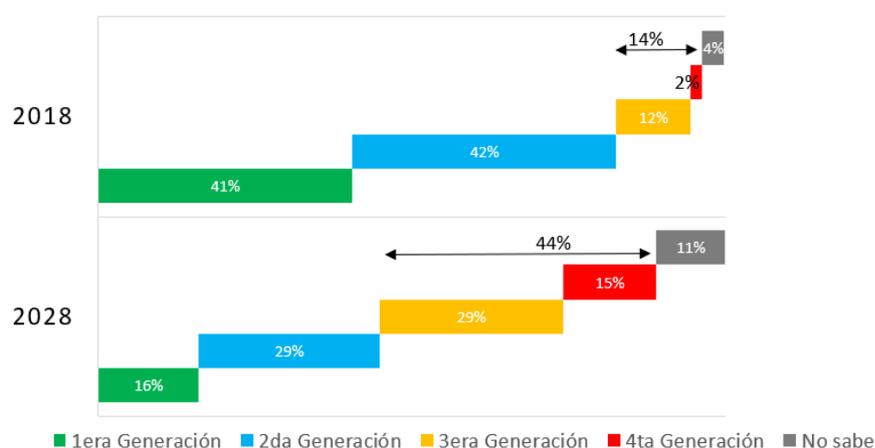


Fuente: Gartner 2018.



La alta inacción para adoptar nuevas tecnologías en un conjunto amplio de firmas argentinas se refleja en la Figura 7.9 para el año 2018.

Figura 7.9 – Promedio áreas funcionales de las firmas según tecnología (%)



Fuente: Basado en el informe del BID, 2019 (Travesía 4.0 hacia la transformación industrial argentina, Fig.5 y 6 pág.29). Se muestra el promedio de 5 áreas funcionales: Gestión de negocios; Relación con clientes; Gestión de procesos; Desarrollo de producto; Relación con proveedores.

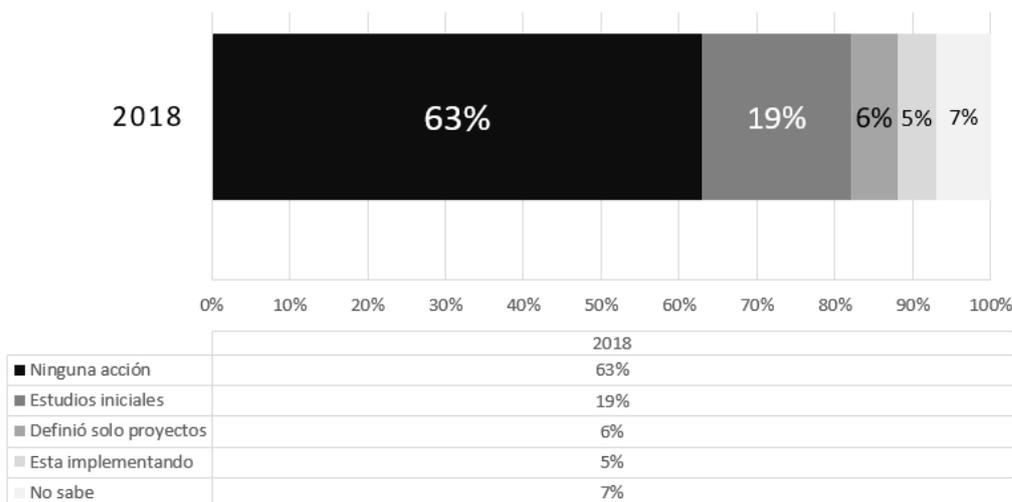
Tercer rasgo: la dinámica a futuro sugiere que el alto porcentaje de empresas con tecnologías de primera y segunda generación debería tender a reducirse significativamente durante la próxima década. Al pronosticar el uso esperado de tecnologías dentro de 10 años, las firmas encuestadas indican que aumentarán notablemente el uso de tecnologías de tercera y cuarta generación, aunque estas últimas seguirán sin convertirse en predominantes. La Figura 7.9 muestra el porcentaje de empresas que esperan utilizar dentro de 10 años las distintas generaciones tecnológicas. Comparando el casi 14% de firmas que hoy emplean, en promedio, tecnologías de tercera y cuarta generación, dentro de 10 años ese porcentaje se elevaría a alrededor de 44%.

Cuarto rasgo: la inacción de las empresas en adoptar estas nuevas tecnologías es más del 60%. Aparece aquí un desafío, para que ocurra el cambio tecnológico hace falta una estrategia empresarial relacionada con una mayor absorción tecnológica y la consecuente mutación de los procesos y de los productos, y ello no surge del statu quo. La Figura 7.10 muestra qué tipo de acción están tomando las empresas para alcanzar la generación tecnológica que espera emplear dentro de 10 años. Se observa allí que sólo 5% de las firmas



está actualmente tomando medidas concretas para facilitar mejoras tecnológicas, mientras que otro 25% está estudiando o definiendo qué acciones tomará para mejorar su tecnología.

Figura 7.10– Acciones llevadas a cabo según el promedio de área funcional (%)



Fuente: Basado en el informe del BID, 2019 (Travesía 4.0 hacia la transformación industrial argentina, Fig.7 pág.30). Se muestra el promedio de 5 áreas funcionales: Gestión de negocios; Relación con clientes; Gestión de procesos; Desarrollo de producto; Relación con proveedores.

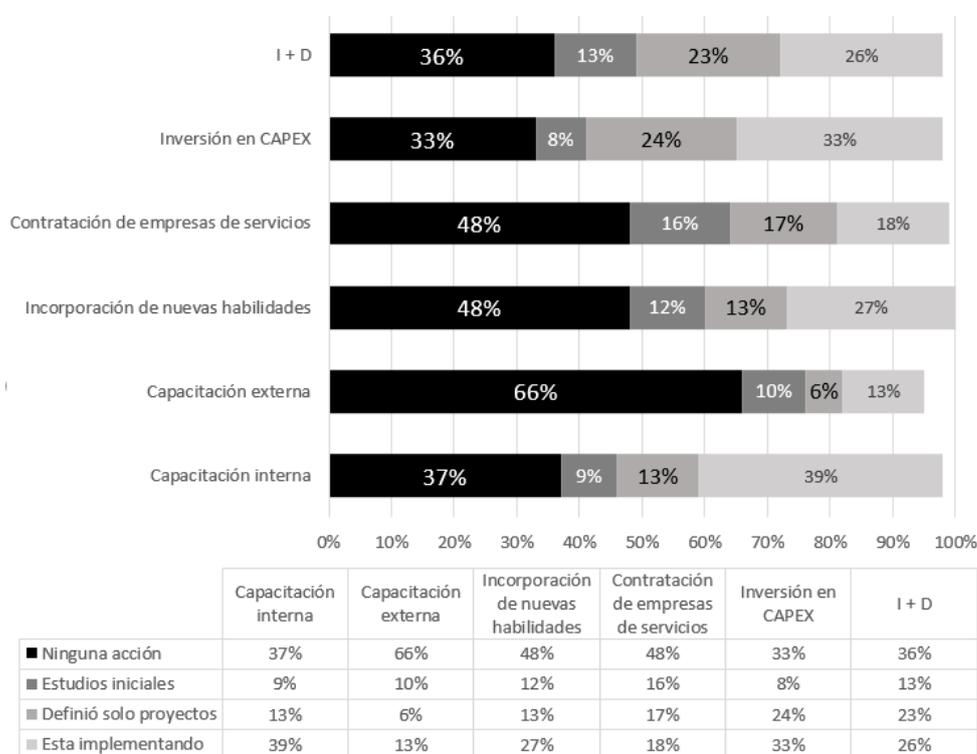
Estado de inversiones en nuevas tecnologías en la industria argentina

El porcentaje de firmas que están llevando a cabo distintos tipos de inversiones, refuerza esta realidad (Figura 7.11). Hay un alto porcentaje entre 33% y 66%, según el tipo de inversión, que no está llevando a cabo ningún tipo de inversión para cerrar la brecha entre el estado tecnológico actual y el esperado para dentro de 10 años. La inversión en capital fijo CAPEX de 47% y la capacitación interna 52% son las formas de inversión en las que mayormente se están llevando a cabo acciones concretas, implementando inversiones o tienen planes de hacerlo. Son pocas, en cambio, las empresas que invierten en capacitación externa 19% y en contratación de empresas de servicios especializadas en tecnologías digitales 35%. Vale la pena tener en cuenta que la baja tasa de acciones de mejoras tecnológicas que surge de la encuesta puede estar impregnada de algunos factores coyunturales. En particular, durante el período en que se realizó la encuesta —de junio a agosto de 2018— Argentina atravesó una crisis cambiaria que dio lugar a una aceleración inflacionaria y a una contracción de la actividad y el empleo que pudo haber llevado a la



postergación de planes de inversión y acciones de desarrollo tecnológico. Es imposible cuantificar el impacto, pero sí es necesario reconocer, al menos cualitativamente, que este elemento coyuntural puede haber influido en las respuestas.

Figura 7.11 – Estado de los distintos tipos de inversión (%)

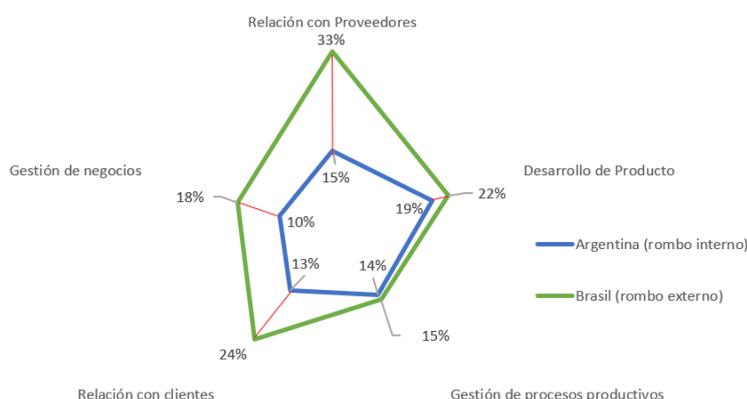


Fuente: BID, 2019 (Travesía 4.0 hacia la transformación industrial argentina, Fig.8, pág.31)

A partir de estos rasgos de la encuesta realizada en Argentina en junio de 2018, hay un alto porcentaje de firmas con tecnologías de primera o segunda generación; un selecto grupo de empresas avanzadas, aunque sin llegar a ser enteramente 4.0 y; expectativa de mejora en una década, (pero) débil impulso a implementar acciones para facilitar la adopción de nuevas tecnologías.

La proporción de firmas que hoy utilizan tecnologías más avanzadas —tercera y cuarta generación consideradas conjuntamente resulta ser mayor en Brasil en todas las áreas funcionales. La Figura 7.12 muestra que el porcentaje de firmas que se encuentran cercanas a la frontera tecnológica es sensiblemente mayor en el caso brasilero sobre todo en las áreas funcionales “hacia afuera”; vale decir, las relaciones con clientes y proveedores.

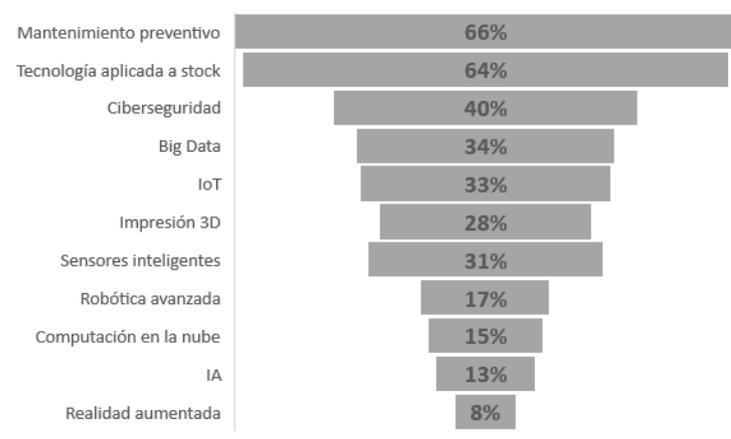
Figura 7.12 – Adopción de tecnologías 3.0 y 4.0 en Argentina y Brasil en 5 áreas funcionales (%)



Fuente: BID, 2019 (Travesía 4.0 hacia la transformación industrial argentina, Fig.10, pág.33)

Otro aspecto explorado es la importancia que otorgan las firmas a la contratación de empleados con dominio de tecnologías de cuarta generación. El bajo grado de adopción de tecnologías de tercera y cuarta generación de la industria tiene su correlato en una baja demanda de habilidades tecnológicas en los últimos dos años. En términos generales, una mayoría de las empresas considera que las tecnologías comúnmente asociadas con la industria 4.0 han sido poco o nada importantes en la contratación de personal hasta el momento (Figura 7.13).

Figura 7.13 – Distribución de la importancia del dominio de diferentes tecnologías para las firmas en los últimos 2 años (%)



Fuente: Basado en encuesta del BID, 2019 (Travesía 4.0 hacia la transformación industrial argentina, Fig.25, pág.51). Se agruparon los datos: Muy Importante con Algo Importante.



Este patrón de demanda de habilidades se condice con una industria que aún produce en base a tecnologías y modelos de producción de primera y segunda generación, y que aún no ha logrado una transformación hacia sistemas ciber-físicos y modelos de negocios basados en analítica de datos.

Resumen Capítulo 7

Los motores de transformación del sistema eléctrico “trilogía”, que incluyen las nuevas tecnologías digitales (IoT, medidores inteligentes, recursos distribuidos, IA) presentan una importante variedad de soluciones que provienen desde la periferia de la red. Se estima que la red eléctrica será interactiva tanto para las entidades de generación de energía como para los actores del lado del consumo.

La inclusión de estas tecnologías y la transformación del sistema dependerá de un marco de acción público y privado; de organismos reguladores bien establecidos, corporaciones organizadas que pueden actuar en estos cambios y definiciones claras de roles y responsabilidades, sobre la infraestructura, los modelos de negocio y los clientes. Es esperable que en un modelo más interconectado y dependiente de la tecnología presente una serie de obstáculos financieros y culturales. El desafío, entonces, es transitar esta transformación basada en cambios sistémicos antes que individuales.

Es sabido que los peligros de no avanzar hacia el nuevo sistema eléctrico, presenta la amenaza potencial de destrucción de valor, y el riesgo de que no se consoliden las eficiencias esperadas antes de que los nuevos picos de demanda se trasladen a la generación tradicional.

La Argentina presenta características propias, de falta de acceso al financiamiento, falta de crecimiento, inflación, carga impositiva; todos factores que desestiman invertir con un posicionamiento comparativo que la ubica en el lugar 81 de entre 137 países.

Un aspecto importante, es que la naturaleza de los obstáculos para la adopción tecnológica no es homogénea para todas las empresas. Para las empresas clasificadas dentro del grupo de los cóndores; ni la cultura de la empresa, ni la falta de información obstaculizan las mejoras tecnológicas. Siendo éstas en promedio, más grandes y exportadoras, puedan



conseguir con mayor facilidad financiamiento externo. Una interpretación similar puede hacerse respecto de la falta de recursos humanos

Los componentes digitales en la mayoría de los trabajos se están incrementando, pero pocas compañías conducen el esfuerzo para promover la fuerza de trabajo en esa dirección. El estado tecnológico de la industria argentina puede resumirse a partir de cuatro grandes rasgos; difusión baja, predominio de tecnologías anteriores, tendencia a reducirlas durante la próxima década; y que la inacción en adoptar estas nuevas tecnologías es más del 60%.

El cambio cultural de adopción de las nuevas tecnologías es la primera barrera. En Argentina presenta cuatro rasgos comunes; (1) el ritmo más acelerado respecto a las anteriores (2) fase inicial, las tecnologías siguen siendo novedosas para muchas empresas. (3) son de propósito general, desbordan el hábitat inicial.

La democratización de muchas tecnologías de vanguardia, no se corresponde aún con la explotación de esos recursos.

Hay acuerdo sobre las virtudes de la digitalización, sin embargo, la parte más difícil es crear las competencias o destrezas digitales. En el capítulo 6 se analizó a la estrategia digital y el alineamiento de gobierno. La destreza digital forman parte del alineamiento y la innovación un producto del ecosistema.



CAPITULO 8 – LABOR DE CAMPO

Se desarrolló una labor de campo de tipo cualitativa, descriptiva y exploratoria, llevada adelante a partir de una encuesta realizada con nueve *stakeholders* del sector para conocer sus principales opiniones sobre el tema en estudio. Se han utilizado preguntas abiertas y proyectivas. Se indagó sobre las tendencias del sector, las acciones en curso, las dificultades que presenta el sistema eléctrico público y privado argentino.

A continuación, se presenta el perfil de entrevistados y las organizaciones a las cuales representan (Figura 8.1). En el ANEXO 2 se encuentra la transcripción.

Figura 8.1 – Tipo de organizaciones y perfil de participantes encuestados en el período de 25 Julio al 3 agosto de 2019.

| Total de encuestados: 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------|---------------|--------|--|---|-----------------|---|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---|-----------|---|------------|---|-----------|---|-----------|---|---------|---|
| Tamaño de las organizaciones | | Tipo de las organizaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Nacional</th> <th>Multinacional</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grande</td> <td></td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Mediana/Pequeña</td> <td>4</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | Nacional | Multinacional | Grande | | 5 | Mediana/Pequeña | 4 | | <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Parlamento</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Sindicato</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Consultora</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Fundacion</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Municipio</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Empresa</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table> | Parlamento | 1 | Sindicato | 1 | Consultora | 1 | Fundacion | 1 | Municipio | 1 | Empresa | 4 |
| | Nacional | Multinacional | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Grande | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mediana/Pequeña | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Parlamento | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sindicato | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Consultora | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fundacion | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Municipio | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Empresa | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sexo de los encuestados | | Cargos de los encuestados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Femenino: 1 Masculino: 8 | | Directivos: 4 Gerenciales: 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1. Relevamiento del panorama general de la energía

El 100% de los encuestados coincide en que el sistema eléctrico actual basado en energía fósil va a cambiar. Hay diferentes opiniones sobre cómo va a ser la modificación de la matriz de generación eléctrica. Un 30% piensa que las nuevas renovables van a



incrementar su participación, mientras que otro 30% supone que en Argentina el aumento de participación se dará en un mayor grado por las fuentes hidro, nucleares y otras.

Un 90% de los encuestados coincide en que habrá un mejor aprovechamiento de recursos renovables en un futuro mediano.

Se encuentran coincidencias superiores al 60% en el subgrupo de los encuestados de las organizaciones multinacionales. Las coincidencias están en:

- El alejamiento de las fuentes de carbón en la matriz de electricidad
- La incidencia de la política y la prensa en la transformación
- El interés de las nuevas renovables por su mayor rentabilidad

En el subgrupo de los encuestados de organismos nacionales, hay más divergencia y solo existe coincidencia superior al 60% en que las políticas y el control del gobierno serán necesarias para el rumbo del futuro eléctrico en Argentina.

Se observa mayores coincidencias en el subgrupo de gerentes en que la digitalización y la incidencia de las políticas y la prensa, son los motivos de transformación de la matriz eléctrica.

El interés de los subgrupos encuestados de organizaciones multinacionales y nacionales muestra que el de multinacionales está más alineada a los hallazgos mostrados en los capítulos 1 a 3 de organismos internacionales y de las tendencias mundiales. Las opiniones nacionales están orientadas a las prioridades políticas. Este grupo está más interesado en la energía como un factor de soberanía energética, en poner en relieve los negocios privados versus los intereses comunes y en las fuentes de trabajo.

2. Relevamiento de la transformación del sistema eléctrico

Hay una coincidencia de un 56% en que la descentralización será un rasgo de la modificación del sistema eléctrico actual.

Las coincidencias son superiores al 60% en el subgrupo de los encuestados de multinacionales en que la transformación será por:

- Digitalización del nuevo sistema eléctrico
- Descentralización



- Integración de energías renovables al sistema
- Clientes activos y cogeneradores
- Mayor eficiencia

No hay mayores coincidencias en el subgrupo de los organismos nacionales

El subgrupo gerencial muestra coincidencia en que la transformación será por la descentralización y una mayor eficiencia del sistema.

Nuevamente el subgrupo de multinacionales está más alineado a los hallazgos del capítulo 4 y 5 de los informes internacionales, donde se expone la transformación del sistema.

3. Relevamiento en el realineamiento de las organizaciones

Solo los encuestados del subgrupo de multinacionales fueron los que aportaron respuestas a las preguntas relacionadas a las TIC, aun así, hay inferencias indirectas sobre las organizaciones.

Las coincidencias superiores al 60% están en que las TIC participarán en el nuevo sistema eléctrico en:

- Balance agilidad y flexibilidad
- Innovación
- Nuevos modelos de negocio
- Control del sistema eléctrico
- Formar una red inteligente

Estas opiniones son compartidas a nivel gerencial también.

La única coincidencia del grupo de los organismos nacionales fue que no opinaron sobre el tema y lo ven más como una amenaza.

Resumen Capítulo 8

El grupo de nueve encuestados poseen relevantes funciones dentro de organizaciones nacionales y multinacionales del sector. La coincidencia más importante del



grupo está en los pilares energéticos, en que el sistema eléctrico debe transformarse a un sistema más sustentable, más seguro y más accesible.

Cada subgrupo da un valor diferente o prioriza de manera distinta las acciones para alcanzar estos objetivos. Las nuevas tecnologías son percibidas de diferente manera. El subgrupo multinacionales está alineado a las tendencias mundiales. Para este subgrupo las nuevas tecnologías serán el habilitador fundamental de la transformación de la matriz energética y de la inteligencia del sistema futuro, desde la incorporación de renovables a la generación distribuida. Para el subgrupo de organismos nacionales, la tecnología de vanguardia, al ser importada, no tiene la misma consideración para la sustentabilidad, ya que además del ambiente se considera el efecto en la sustentabilidad social y económica. Este subgrupo prioriza las políticas nacionales, los puestos laborales y las tarifas finales.



CAPITULO 9 –DISCUSION

Este capítulo organiza y analiza los hallazgos obtenidos en la exploración del marco teórico y los relaciona con los obtenidos en el trabajo de campo, de tipo cualitativa, descriptiva y exploratoria; para recapitular y sintetizar los objetivos e hipótesis planteados.

Discusión sobre la Parte I – Panorama general de la energía

(Capítulos 1, 2 y 3)

¿Como es la situación energética actual en Argentina y en el mundo, como es el sistema de electricidad tradicional, cuáles son los riesgos y como se integran las nuevas fuentes de energía renovables?

Objetivo propuesto

Analizar el panorama general de la energía, del sistema eléctrico y de las energías renovables en Argentina y en el mundo, para entender las tendencias, los riesgos y la modificación del mix de recursos energéticos.

Hipótesis 1

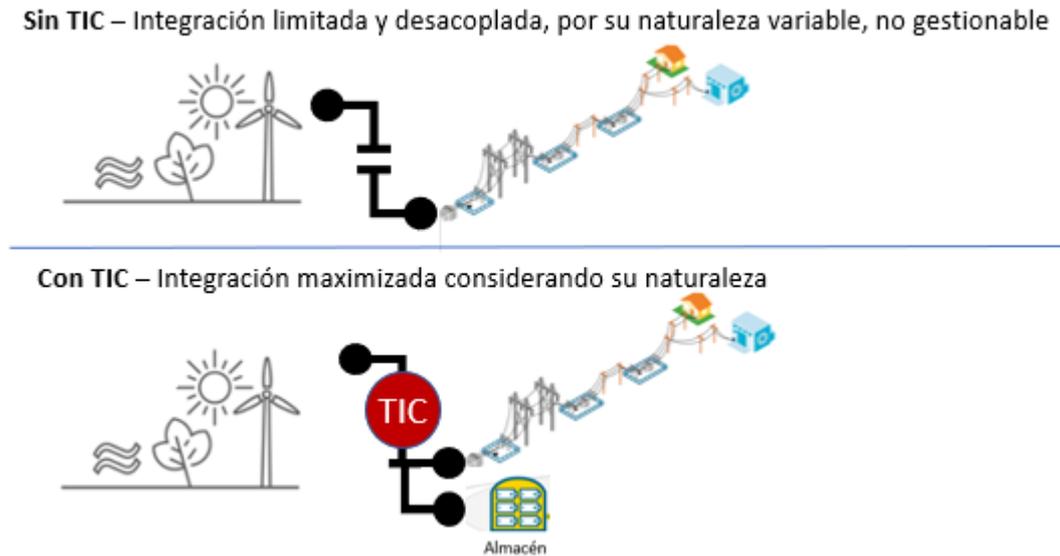
Existen elementos suficientes para suponer que, en los próximos 20 años, la matriz de energía de Argentina se modificará por un incremento del uso de energía renovable respecto a las energías fósiles.

Hallazgos teóricos Parte I

Las energías renovables por su naturaleza variable y no gestionable tienen limitada capacidad de integración. En los últimos años las mejoras en tecnología llevaron los precios USD/MWh a ser competitivos. Las políticas de gobierno afines al medio ambiente y con objetivos programados de participación promueven el desarrollo y la inversión que conducirá en forma sostenida a un cambio en la matriz actual de generación eléctrica, en un futuro mediano de 20 años, con más presencia de energía renovable y disminución de consumo fósil. En este cambio convergen en forma relevante las TIC al permitir que las fuentes

renovables puedan optimizar su capacidad útil durante las horas de sol y viento permitiendo así superar las barreras de integración. Esta idea se refleja en la figura 9.1.

Figura 9.1 – Convergencia de las TIC en la integración de fuentes renovables



Fuente: Elaboración propia.

Relevamiento Parte I

Un nuevo sistema eléctrico, plantea beneficios y también riesgos potenciales. La digitalización del sistema implica abrazar nuevas tecnologías desde organismos públicos a privados; lo cual no es un emprendimiento aislado. Dependerá del marco de acción pública y privada, al mismo tiempo que se logra prevenir los nuevos riesgos. Al ser más interactivo, digitalizado, de complejidad creciente, gestionado por las TIC; la ciberseguridad pasa a ser un riesgo de uno de los pilares del sistema eléctrico. A la amenaza de ataques cibernéticos, se suma la de destrucción de valor, si no se consolidan las eficiencias esperadas.

La labor de campo muestra dos subgrupos de opiniones con intereses diferentes. Los provenientes de empresas multinacionales coinciden en ver un futuro con mas energía renovable, digitalizado e interactivo. El subgrupo de organismos nacionales se orienta a las críticas de las políticas actuales, prestando atención a la subutilización de los recursos nacionales, como la energía nuclear y la hidráulica, para superar la debilidad interna de falta



de financiamiento. La participación de nuevas renovables constituyen fuertes inversiones externas, con tecnología importada y poco uso de mano de obra, salvo en la instalación inicial. Las TIC para este grupo representa más una amenaza que una oportunidad

El grupo de encuestados coincide en un cambio de matriz energética a nivel mundial y nacional. La energía es central para el desarrollo y debe ser garantizada, con una matriz más confiable y sustentable de acuerdo a los recursos locales. Los hidrocarburos deben dejar de ser las principales fuentes de consumo. Se debe generar y desarrollar energías alternativas. El ambiente es una preocupación internacional que genera tensiones de cambio. No es posible pensar el futuro basado en la quema de fósiles. La revolución del *shale oil* puede desplazar el tiempo donde se crucen las curvas de oferta y mayor demanda. El consumo sigue creciendo y las nuevas fuentes podrán estar basadas en las hidro, lo nuclear y las nuevas renovables. En un horizonte mayor, la diversificación a la cual tiende la generación futura podría volver a centralizarse con la fusión nuclear.

Es necesario descarbonizar al sistema eléctrico. Se cuenta con energía renovable que es inagotable, aunque, dependen de la localización. Si bien las fuentes eólicas y solares son intermitentes, el costo ha bajado y ya es competitivo con retornos de inversión de 1 a 3 años. La adopción de renovables dependerá de las políticas y del gobierno. La prensa ejerce una presión adicional. Hay países que ya tienen políticas cero-carbón como Chile. Si no hay políticas nacionales, la Argentina va a seguir dependiendo de la importación de tecnología. Es probable que los avances en la tecnología espacial aporten más innovaciones a la generación solar por sobre el resto.

Discusión Parte I

En un panorama de generación eléctrica internacional traccionado por China y EEUU, la modificación de la matriz de generación eléctrica ya es una realidad, con tendencia a un aumento de energías renovables. Esto se da en un escenario donde las políticas acompañan el desplazamiento de consumo basado en fósiles, donde importantes bancos internacionales a su vez incorporan en sus políticas de financiamiento a emprendimientos sustentables, y con más inversiones que hacen más competitivo el precio unitario de las



nuevas renovables y principalmente con la habilitación de las TIC en su integración al sistema; al permitir superar las barreras de su propia naturaleza intermitente, no gestionable.

En la Argentina la matriz muestra un alto porcentaje de energía fósil de 65%. La dolarización desde el año 2015 de precios de generación, estimuló las inversiones y a su vez estos incrementos se desplazaron hacia las tarifas de electricidad. Por otro lado, las leyes nacionales y las rondas de cotización estimularon un aumento de nuevas renovables de 2% a casi el 8% en 2019. En el contexto nacional la convergencia de las TIC en el sistema eléctrico resulta ser más orientado a la eficiencia. Los organismos nacionales no ven a las TIC como un factor prioritario en la transformación de la matriz actual.

La hipótesis 1 y hallazgos teóricos están alineados con las referencias de informes extraídos de organismos internacionales y de los referentes encuestados de las organizaciones internacionales. En Argentina, el cambio de matriz en un futuro mediano está orientado a un aumento de fuentes renovables tradicionales con uso de TIC para su eficiencia y en menor medida a la incorporación de nuevas renovables, más allá de los emprendimientos RenoVar y la incorporación de medidores inteligentes por parte de las distribuidoras en forma gradual. Las nuevas renovables se aplicarían en regiones rurales separadas de la red.

Discusión sobre la Parte II – Transformación del sistema eléctrico

(Capítulos 4 y 5)

¿Por qué razón y hacia dónde se transformará el sistema eléctrico en un futuro mediano?

Objetivo

Analizar los factores impulsores de la transformación del sistema actual de producción y distribución, centralizado y unidireccional de electricidad hacia un sistema descentralizado, interactivo y bidireccional.



Hipótesis 2

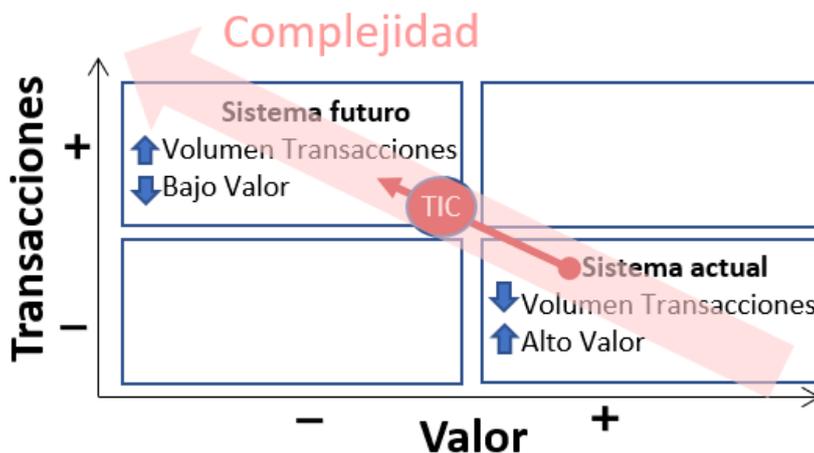
Existen elementos suficientes para suponer que, en los próximos 20 años, las TIC contribuirán a la modificación del sistema de generación y distribución eléctrica actual de Argentina, centralizada y unidireccional, desde los productores a los consumidores; a otro de prosumidores, descentralizado y bidireccional desde la periferia de la red.

Hallazgos teóricos Parte II

La conectividad y la integración de energías renovables a la red, sumado a los recursos distribuidos desde la periferia, se ven impulsados por la trilogía (electrificación, diversificación y digitalización), que transformará al sistema eléctrico en otro bidireccional, interactivo más descentralizado. Este paradigma de alta complejidad y altos volúmenes de información por el alto volumen de transacciones respecto al modelo centralizado requerirá de forma irremediable la capacidad de administración de toda esa información y de automatización provista por las tecnologías digitales (IoT, medidores inteligentes) y las TIC.

Las tecnologías de la 4RI replantean el modelo de negocios de diversas maneras, pero todas con un sentido común de explotación de los datos asociados a las actividades del proceso productivo. La potencialidad que ofrecen las TIC con el uso de la IA, de *big data*, de analíticos avanzados, permitirá gestionar la complejidad con menor latencia y mayor flexibilidad para adaptar la oferta a la demanda y permitir que la demanda se adapte a las necesidades del sistema. Aplicarán en la toma de decisiones automatizadas, en el mantenimiento predictivo, en el uso de plataformas que permita comprometer menos CAPEX y eficientizar el OPEX. Las TIC permitirán reemplazar infraestructura por información a la vez de gestionar un sistema cuya complejidad no podrá ser realizado sin una mayor capacidad de automatización y de inteligencia. La complejidad creciente se manifestará en la administración de un alto volumen de transacciones de bajo valor respecto al modelo centralizado, de bajas transacciones de alto valor, como lo muestra la figura 5.19.

Figura 5.19 - TIC habilitadoras de la transformación del sistema eléctrico actual



Fuente: elaboración propia.

Relevamiento Parte II

Hay una coincidencia de un 56% en que la descentralización será un rasgo de la modificación del sistema eléctrico actual.

Las coincidencias son superiores al 60% en el subgrupo de los encuestados de multinacionales en que la transformación será por:

- Descentralización
- Integración de energías renovables al sistema
- Clientes activos y cogeneradores
- Mayor eficiencia

Como parte del cambio de paradigma, se observan los siguientes cambios internacionales 1) Descentralización del modelo energético 2) Electrificación del Transporte, 3) Crecimiento de Energía Renovable 4) Consumidor con nuevas preferencias y valores (clientes con un rol más activo incrementando su auto abastecimiento y optimizando el consumo), 5) Eficiencia Energética/Innovación y 6) Aparición de nuevos modelos de negocios. La visualización se extenderá hasta los consumidores, logrando un uso de la red



inteligente, más flexible y eficiente, permitiendo un mayor control del sistema de energía, apoyados en gran medida por el uso de nuevas tecnologías y digitalización del sector. Se evitarán de esta forma los compartimientos estancos del sistema eléctrico. Se podrá integrar las fuentes renovables a pesar de su naturaleza intermitente. La cogeneración podrá ser incluida en las regulaciones edilicias. Habrá ganadores y perdedores en esta transformación.

Se supone que la energía va a aumentar aún más que la eficiencia lograda de los artefactos y dispositivos eléctricos. El sistema eléctrico va hacia los prosumidores. Los más grandes, como la industria, van a generar su propia energía, por lo cual va a estar más descentralizado.

En Argentina la discontinuidad de políticas no ofrece una orientación progresiva. La visión es a corto plazo y cambia según el partido político. Hay más política basada en costo. El sistema mostro ser vulnerable con un apagón nacional del 16 Julio.

Discusión Parte II

Las razones que impulsan una transformación del sistema eléctrico es alcanzar un mayor grado de sustentabilidad, accesibilidad y confiabilidad. El sistema actual centralizado, unidireccional, resulta poco eficiente y costoso respecto al planteo de un sistema integrado, interactivo y bidireccional, con más energía renovable y participación de los clientes en la regulación de su demanda y autogeneración. La transformación se da en la convergencia virtuosa de una mayor electrificación, diversificación y digitalización. Las plataformas de datos, los sensores, la IA aplicada a automatizar la gestión, ponen a las TIC en un habilitador de la integración de las energías renovables y en la capacidad de gestionar un sistema de mayor complejidad alta transaccionalidad bidireccional, respecto al actual.

La hipótesis 2 se verifica también en el relevamiento de los encuestados, que por el lado de las organizaciones internacionales coinciden en estas afirmaciones y en las organizaciones nacionales, en la vulnerabilidad del sistema actual.

Discusión sobre la Parte III – Transformación en las organizaciones (Capítulo 6)

¿Cómo se están realineando las organizaciones del sector, como reformulan sus estrategias y el gobierno de TI?



Objetivo

Demostrar como el posicionamiento de las TIC están transformando a las organizaciones de distribución y generación, en aspectos que van desde la formulación de sus estrategias y el gobierno de TI.

Hipótesis 3

Existen elementos suficientes para suponer que, las TIC contribuirán a realinear las organizaciones de distribución y generación de Argentina desde la formulación de sus estrategias.

Hallazgos teóricos Parte III

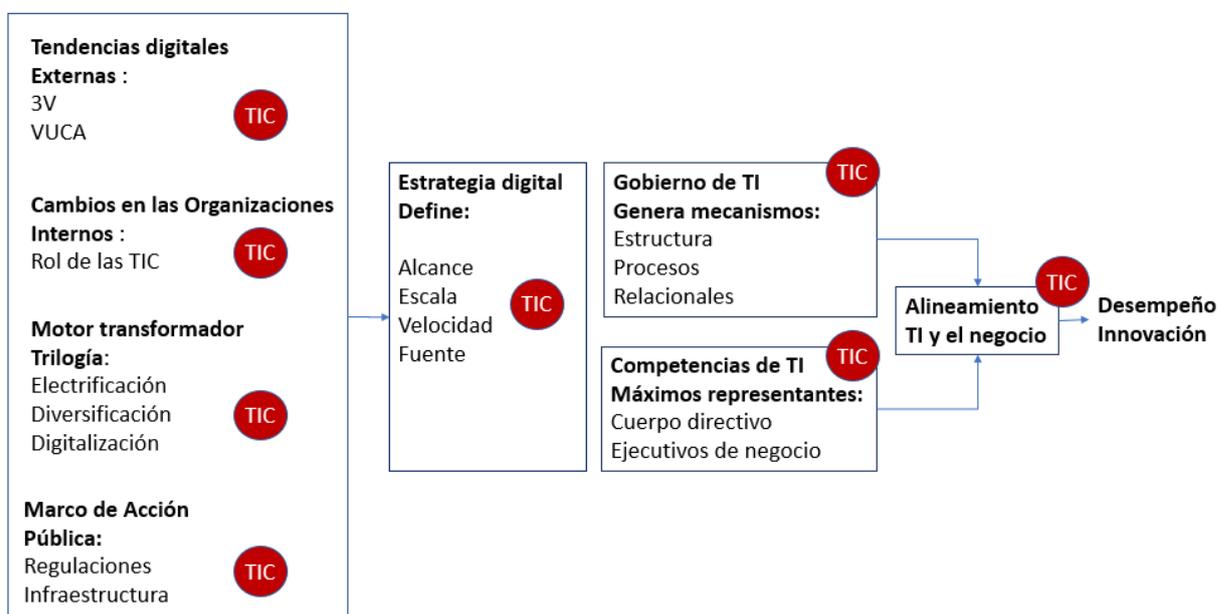
Hay una conjunción de impulsos transformadores sobre las organizaciones del sector eléctrico, en especial generadoras y distribuidoras. Las nuevas tendencias digitales plantean escenarios VUCA (volátil, incierto, complejo y ambiguo) donde la información a procesar aumenta en forma continua en 3V (volumen, velocidad, variedad) , sumado al replanteo del rol de las TIC en las organizaciones para capitalizar estas oportunidades considerando los cambios del sector eléctrico motorizados por la trilogía (electrificación, diversidad, digitalización) y con nuevos marcos de acción públicos (regulaciones, infraestructura). Las organizaciones se esfuerzan en mejorar su posición competitiva, en un entorno cada vez más digitalizado, en donde la capacidad para detectar oportunidades de innovación es vital para su desempeño. La escuela de configuración es una forma de pensamiento para la formulación de las estrategias en las organizaciones (Mintzberg, Ahlstrand, & Lampel, 2013). Desde el punto de vista de esta escuela, para sincronizarse con el medio, las organizaciones se ven obligadas a reformular sus estrategias. El gobierno de TI en una estrategia digital toma el rol de “socia” y “aliada”. De este modo las TIC resultan ser un hilo conductor que explica cómo se suceden la cadena de transformaciones. Figura 6.17.

El gobierno de TI resulta ser el factor predictivo más importante del valor que una organización genera a partir de TI. La responsabilidad del gobierno de TI se traslada a las máximas autoridades de la organización, mediante el cual se dirige y controla la cartera de TI de una organización para alcanzar los objetivos estratégicos. Los mecanismos de integración tienen una importante dimensión que no puede programarse ni formalizarse, y

que a menudo son intangibles y tácitas, como un elemento clave de alineación estratégica. La alineación y la integración son un “compuesto” de interacción y colaboración. En conclusión, el desempeño de las organizaciones y su capacidad de innovación será mediado por la alineación que se logre con el gobierno de TI. De no ser así, las oportunidades de innovación no estarán optimizadas y los proyectos en ejecución estarán desalineados.

Hay acuerdo general sobre las virtudes de la digitalización, sin embargo, la parte más dura es crear las competencias. En el capítulo 6 se analizó a la estrategia digital y el alineamiento de gobierno. Las competencias digitales forman parte del alineamiento y esto se vio que no sucede en forma natural en el modelo federal. El esfuerzo en un plan digital es crear los mecanismos de integración intangibles, el dialogo entre el negocio y TI.

Figura 6.17 – Hilo conductor de las TIC en la transformación de las organizaciones



Fuente: elaboración propia

Relevamiento Parte III

Solo los encuestados del subgrupo de multinacionales fueron los que aportaron respuestas más respuestas a las preguntas relacionadas a las TIC. Las coincidencias superiores al 60% están en:



Las TIC participarán en el nuevo sistema eléctrico en:

- Balance agilidad y flexibilidad
- Innovación
- Nuevos modelos de negocio
- Control del sistema eléctrico
- Formar una red inteligente

Estas opiniones son compartidas a nivel gerencial también.

La única coincidencia del grupo de los organismos nacionales fue que no opinaron sobre el tema y lo ven más como una amenaza.

La red inteligente es uno de los puntos hacia dónde va la transición energética, no solo lo renovable. Hoy en día los tendidos de cables están acompañados por fibra óptica. Las generadoras al estar conectadas entre sí, permitirá al centro de control dar prioridad a la fuente más eficiente y bajar el costo total. Las TIC serán esenciales para la gestión, la predicción, la automatización, el balance de la red.

El uso de Inteligencia artificial permitirá anticiparse a la generación requerida. Será más complejo en cuanto a la complejidad de la IA pero más fácil para los usuarios del sistema. El cliente va a hacer menos, por los dispositivos que le dicen lo que hicieron. La blockchain, como moneda de cambio, será utilizada para usos derivados como el origen de la fuente de generación que se consume.

Las TIC, darán una visión de cómo en realidad se está utilizando la energía. Desde la fuente de datos de las organizaciones se armarán plataformas con todos los sistemas de la organización. Se usarán las bases de datos históricas con datos que antes no eran relevantes. Esto podrá generar una nueva industria como los Agregadores. La plataforma en la que se conecten es tan importante, que permitirá entender las relaciones que se generan en la distribución de energía. Por esta razón tiene que haber más control. En Argentina las empresas todavía se vuelcan más a los costos y no al servicio, por eso aún está en un nivel de desarrollo inicial.



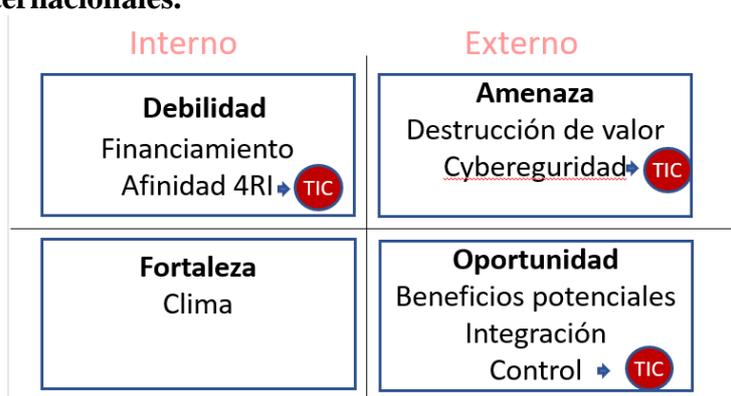
Parte IV – Capacidad de transformación local

(Capítulos 7, 8 y 9)

Un nuevo sistema eléctrico, interactivo y bidireccional, plantea oportunidades y nuevos riesgos. Las oportunidades en los beneficios potenciales significan abrazar nuevas tecnologías, lo cual no es aislado. Dependerá del marco de acción pública y privada, al mismo tiempo que se logra prevenir los nuevos riesgos. Al ser más interactivo, digitalizado, de complejidad creciente, gestionado por las TIC; la ciberseguridad pasa a ser un riesgo de uno de los pilares del sistema eléctrico. A la amenaza de ataques cibernéticos, se suma la de destrucción de valor, si no se consolidan las eficiencias esperadas; se pone en riesgo la consolidación de los pilares energéticos de confiabilidad, accesibilidad y sustentabilidad.

La Argentina en particular tiene un clima afín a las energías renovables, sin embargo, el acceso al financiamiento y la disposición a la nueva tecnología es una restricción. En general las industrias locales no han incorporado tecnología digitalizadas de última generación basada en escenarios 4RI. La figura 8.2 muestra un esquema FODA. Se observa que las TIC forman parte de los desafíos sistémicos.

Figura 8.2 – Análisis FODA del nuevo sistema eléctrico en Argentina, según organismos internacionales.



Fuente: elaboración propia

La labor de campo muestra dos subgrupos de opiniones con focos diferentes. Los provenientes de empresas multinacionales coinciden en ver un futuro con más energía renovable, digitalizado e interactivo; alineado a información que surge de organismos



internacionales (Figura 8.2). El subgrupo de organismos nacionales se orienta a las críticas de las políticas actuales, prestando atención a la subutilización de los recursos nacionales, como la energía nuclear y la hidráulica, para superar la debilidad interna de falta de financiamiento. Este subgrupo ve con distancia los emprendimientos RenoVar de participación de nuevas renovables, ya que constituyen fuertes inversiones externas, con tecnología importada y poco uso de mano de obra, salvo en la instalación inicial. Las TIC para este grupo representa más una amenaza que una oportunidad (Figura 8.3).

Figura 8.3 –Análisis FODA del nuevo sistema eléctrico en Argentina, según labor de campo, subgrupo empresas nacionales.



Fuente: elaboración propia a partir de la labor de campo



Conclusiones/reflexiones finales

Este trabajo pretendió explorar, identificar, reunir, organizar, relacionar y analizar los elementos o factores que permiten suponer cambios importantes en el sistema eléctrico actual. Se demuestra que existen evidencias suficientes para afirmarlo. Se puede entender la transformación tomando a las TIC como hilo conductor, iniciando el recorrido desde el cambio en la matriz de fuentes de generación, pasando por los factores impulsores, las acciones públicas/privadas y al realineamiento puertas adentro en las organizaciones. Un sistema que será interactivo, bidireccional, conectado, cuyas características serán la flexibilidad e integración de recursos distribuidos y renovables. El uso indefinido de hidrocarburos en el pasado es impensado en el futuro, lo que estimula el desarrollo de un sistema más sustentable, con menor daño ambiental, más confiable, sobre una matriz con mayor participación de fuentes de generación renovables. Las TIC y la conectividad serán las habilitadoras de una nueva matriz de generación. Estarán además en la columna vertebral de la nueva arquitectura de gestión de las tecnologías de vanguardia, que ofrecen el potencial de una transformación con más opciones para los clientes, una mayor eficiencia, un mayor nivel de descarbonización y una mejor economía para las partes interesadas en toda la cadena de valor. El desafío estará en la forma exitosa que el sector público y privado puedan alcanzar en conjunto, en un marco de acción, con organismos reguladores bien establecidos, corporaciones organizadas capaces de actuar en estos cambios y, definiciones claras de roles y responsabilidades. Los marcos regulatorios, las políticas nacionales y municipales, serán determinantes para evitar el desplazamiento hacia energías fósiles y que los intereses sectoriales se concentren.

Este impulso transformador empuja a las organizaciones a esforzarse en mejorar su posición competitiva, en un entorno cada vez más digitalizado, donde la capacidad para detectar oportunidades de innovación es vital para su desempeño. En la era digital, ya no es suficiente ser eficiente o enfocarse en una única competencia clave. Las organizaciones digitales pretenden responder con agilidad a las necesidades cambiantes, a la competencia asimétrica. La innovación pasa a constituirse como una parte orgánica de la cultura y de la estrategia. El rol de la estrategia de las TIC es redefinido, desde una estrategia funcional subordinada, hacia una fusión con la estrategia de negocios, es decir, a una única estrategia



“digital de negocio”. Se elevan el rol protagónico de “aliado” y “socio” en el cual la responsabilidad de gobierno pasa a la alta dirección. La arquitectura de gobierno de TI capitaliza las lecciones aprendidas del modelo federal y aborda la división de responsabilidades junto a la coordinación para llevar a cabo las actividades y la toma de decisiones con el establecimiento de mecanismos de integración. Hay un vínculo positivo entre los mecanismos de gobierno de TI y la alineación estratégica y, además, entre la alineación estratégica y el desempeño organizacional. El efecto de los mecanismos de gobierno de TI en el desempeño organizacional está mediado por la alineación estratégica. Por lo tanto, el objetivo final de aumentar el valor empresarial puede lograrse estableciendo un marco de gobierno de TI con una implementación bien diseñada de estos mecanismos. La innovación será resultado de un ecosistema ágil y alineado, con buena calidad de proyectos y menores problemas en las implementaciones, cuyas soluciones dejan de ser decisiones de los líderes y el valor de TI, en el desempeño organizacional, ya no depende del área de TI. Es decir, que la explotación de las TIC es estratégica para conseguir un mejor desempeño y nuevos modelos de negocio, solo para aquellas organizaciones que logren diseñar un ecosistema donde se deposite la confianza en la generación de soluciones innovativas, derivado de la fortaleza de un buen diseño de mecanismos de gobierno de TI y en una intensa alineación de TI y el negocio. En este marco, el gobierno de TI resulta ser el factor predictivo más importante del valor que una organización puede generar a partir de TI y en el cual una corporación debería atender en el camino de la digitalización, ya que no es la tecnología, sino el cambio de punto de vista lo que habilitará la digitalización.

Desde el punto de vista del sistema eléctrico en su conjunto hay coincidencia en señalar a las acciones de los gobiernos nacionales como determinante y a las TIC como integrador. El tránsito de esta transformación será por cambios sistémicos. De esto se desprende que las inversiones públicas y privadas estarán orientadas no solo a la infraestructura del “electrón” únicamente en la electricidad, sino también a la infraestructura de información y comunicación que permitirá la gestión del sistema en forma interactiva, con nuevos modelos de negocio basados en las TIC, donde participen nuevos actores con innovadoras ofertas de servicios. Los resultados podrán ser evaluados con los Objetivos de Desarrollo Sustentable ODS.



Si se logran alcanzar los objetivos ODS, la disponibilidad de la energía eléctrica será suficiente para hacer frente a la tendencia de electrificación sin comprometer los recursos naturales ni al ambiente y podrá ser extendida a más personas en el mundo, Con las TIC inmersas en el sistema eléctrico bidireccional, permitirá controlar el consumo, financiar por medios digitales la infraestructura detrás del medidor, monetizar los servicios en la red y extender el uso fuera de la red centralizada en zonas menos urbanizadas.

La capacidad de administración, automatización, optimización, control; que habilitan las nuevas TIC para orquestar a un ecosistema complejo, de intensidad digital creciente, será su rol en la contribución del desarrollo de un sistema eléctrico de producción y distribución, descentralizado y bidireccional, más accesible.

En el alcance de este estudio no se consideró la energía nuclear ni las nuevas renovables más allá de la eólica y solar. Hay avances, no considerados aquí, de los desarrollos prometedores de energía por fusión nuclear. El trabajo de campo fue modesto y a modo de sondeo, marca una clara diferenciación en las prioridades vistas desde organismos multinacionales respecto a los nacionales. Ambos grupos coinciden en la transformación, más tarde o temprana, hacia un sistema eléctrico más descarbonizado, eficiente y accesible, dónde las TIC serán un factor de integración y de eficiencia en la argentina.

El camino que empiezan a recorrer las organizaciones en el desenvolvimiento de sus estrategias digitales está escribiendo en estos momentos las lecciones aprendidas. Sería una línea de investigación propuesta, investigar en el ámbito local, los estímulos y mecanismos de integración más apropiados que median para el desarrollo de nuevos modelos de negocio.



Referencias bibliográficas

- A.Bharadway, O.Sawy, P.Pavlou, & N.Venkatraman. (2013). *Digital Business Strategy: toward a next generation of insight*. USA: Mis Quartely; Vol 37; No.2, pp.471-482.
- Altimeter Group. (s.f.). *Altimeter Group*. Obtenido de <https://www.prophet.com/thinking/2014/07/the-2014-state-of-digital-transformation/>
- Banco Mundial. (Octubre de 2018). *Energia*. Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview>
- Bertha Centre. (2016). *Switching On Finance*. Obtenido de <https://www.gsb.uct.ac.za/files/BerthaOffGridEnergy.pdf>
- Bharadway, Sawy, Pavlou, & Venkatraman. (2013). *Digital Business Strategy: toward a next generation of insight*. USA: Mis Quartely; Vol 37; No.2, pp.471-482.
- BID. (2019). *Travesía 4.0: hacia la transformación industrial Argentina*.
- Bloomberg. (2018). *Utility Digitalization: Tech, Strategies and Progress*. Bloomberg New Energy Finance.
- BloombergNEF. (2018). *New Energy Outlook 2018*. Obtenido de <https://bnf.turtl.co/story/neo2018?teaser=true>
- Bolino, G., & Azagury, J. (2014). *Taking Digital to Scale*. Obtenido de <https://www.fortnightly.com/fortnightly/2014/06/taking-digital-scale>
- Cammesa. (2017). *Informe Anual 2017*.
- Cammesa. (2018). *Resultados esperados anual 2018*. Obtenido de <http://portalweb.cammesa.com/Documentos%20compartidos/Noticias/Principales%20Variables%20MEM%20Valores%20Esperado%20Cierre%20anual%202018.pdf>
- Cammesa. (2019). *Características de generación renovable variable*. Obtenido de Despacho de generación renovable: <https://despachorenovables.cammesa.com/>
- Chinkes, E. (2015). *Big Data: el dato en un rol estratégico*.
- Colmenares, A. (2008). *La investigación acción*.



- Diaz.C, & Hernández.J. (2011). Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica. *S&T*, 9(18). Cali: Universidad Icesi, 53-81. Obtenido de https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/article/view/1075
- EIA. (2017). *US. Energy Information Administration*. Obtenido de https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=about_sources_of_energy
- Fortnightly Magazine. (2018). *Blockchain: Future of Renewable Trading?* Obtenido de <https://www.fortnightly.com/fortnightly/2018/09/blockchain-future-renewable-trading>
- Gartner. (2019). *Employee Digital Dexterity is an essential element of the nex generation workforce*.
- Grembergen, & Peterson. (2004). *Strategic Information Technology Governance*. Belgica: IDEA GROUP PUBLISHING.
- Heroux, S., & Fortin, A. (2016). *The Influence of IT Governance, IT Competence and IT-Business Alignment on Innovation*. Montral, Quebec, Canada: Cahier de recherche.
- IEA. (5 de Noviembre de 2017). *Diditalization & Energy 2017 - Capítulo 4*. IEA. Obtenido de <https://www.iea.org/digital/>
- IEA. (2017). *Diditalization & Energy 2017 - Capítulos varios*. Obtenido de <https://www.iea.org/digital/>
- IEA. (2018). *Key World Energy Statistics*. Obtenido de https://webstore.iea.org/download/direct/2291?fileName=Key_World_2018.pdf
- IEA Balance. (2018). *World Balance*. Obtenido de <https://www.iea.org/sankey/>
- IEA Data. (2018). <https://www.iea.org/weo/weo2018/secure/>.
- IEA ETP. (2017). *Energy Technology Perspective 2017*. Obtenido de <https://www.iea.org/etp/>
- IEA WEO. (2018). *International Energy Agency - Word Energy Outlook 2018*. Obtenido de WEO 2018: <https://www.iea.org/weo2018/>
- INAP. (2018). *Introduccion a los Objetivos de Desarrollo Sustentable*.
- Kearns, G., & Sabherwal, R. (2006). *Strategic Alignment between Business and IT*. Journal of Management Information Systems .
- Ministerio de Energía y Minería. (s.f.). Obtenido de https://www.minem.gob.ar/servicios/archivos/6886/AS_14817236511.pdf



- Ministerio de Energía y Minería. (2018). *Proyectos adjudicados del Programa RenovAr. Rondas 1, 1.5 y 2*. Obtenido de <https://www.minem.gob.ar/www/833/25897/proyectos-adjudicados-del-programa-RenovAr>
- Ministerio de Hacienda. (2019). *Generación Distribuida de Energías Renovables*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/energia/generacion-distribuida>
- Mintzberg, H., Ahlstrand, B., & Lampel, J. (2013). *Safari a la estrategia*. Management Estrategia.
- MIT. (2014). *The economics of the Internet of Things*. Technology Review.com.
- Peterson, R. (2004). *Crafting Information Technology Governance*. Information System Management.
- Ping, D., & Ting-Peng. (2015). *How IT Governance Mechanisms and Strategy Alignment Influence Organizational Performance*. MIS Quarterly.
- REN21. (2018). *Las Energías Renovables 2018 GLOBAL STATUS REPORT*. Obtenido de http://www.ren21.net/gsr-2018/chapters/chapter_05/chapter_05/
- Rogers, & E.M. (1962). *Diffusion of Innovation*.
- T&D World Magazine. (2019). *At the Grid's Edge*. Obtenido de <https://www.tdworld.com/grid-opt-smart-grid/grid-s-edge>
- Terlato, A. (2018). *Catedra Innovación*.
- UTN. (2011). *Redes Eléctricas Inteligentes en Argentina*.
- WEF. (Marzo de 2017). *The Future of Electricity - News Technologies transforming the Grid Edge*. Obtenido de http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Electricity_2017.pdf
- Weill, P., & Ross, J. (2005). *A matrixed approach to designing IT governance*. MIT Sloan.



ANEXO 1

Estas acciones se basan en lecciones extraídas en mercados maduros. Resultan un conjunto de acciones públicas y privadas (Capítulo 6, Dimensiones de un nuevo sistema eléctrico, Fig.6.2) (WEF, 2017).

Soluciones desde un marco accionable

| | | |
|----------------------|------------|------------------------|
| Iniciativas Públicas | RG | Regulaciones |
| | INF | Infraestructura |
| Iniciativas Privadas | BM | Modelo de negocios |
| | UX | Experiencia de usuario |

| RG | INF | BM | UX | Electrificación |
|----|-----|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| x | | | | Actualizar las regulaciones sobre seguros y responsabilidad civil para habilitar vehículos autónomos. |
| x | x | | | Fomentar la carga flexible de vehículos eléctricos a través de precios diferenciales de la electricidad |
| | x | x | | Invertir en el despliegue de estaciones de carga públicas en lugar de subsidiar vehículos eléctricos, ya que los vehículos serán económicos en el futuro cercano. |
| | | x | x | Desarrollar modelos de negocios innovadores para incentivar la electrificación de flotas del sector privado (como Uber, Lyft y Google) |

| RG | INF | BM | UX | Generación Distribuida |
|----|-----|----|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| x | | | | Incentivar la innovación a través de esquemas basados en resultados, en lugar de subsidiar tecnologías específicas. |
| x | | | | Considerar la generación distribuida planificada a medida que se desarrollan los planes del sistema eléctrico, y no solo para construir o reemplazar la red, sino también para la planificación de la capacidad |
| x | x | x | | Invertir en la generación distribuida donde tenga sentido económico, por ejemplo, donde haya restricciones en el uso de la tierra debido a la congestión, la infraestructura u otros factores. |
| RG | INF | BM | UX | Storage |
| x | | | | Modernizar la planificación del sistema para incluir el almacenamiento distribuido planificado y otras opciones para una red inteligente |
| x | | x | | Conectar el almacenamiento a los mercados mayoristas a través de señales de precios enfocadas y transparentes que reflejen el verdadero costo / beneficio del recurso |
| RG | INF | BM | UX | Energía Eficiente |
| x | | | | Fomentar esquemas de exclusión voluntaria para hacer que los productos eficientes en energía sean la opción predeterminada |
| x | x | | | Establecer estándares de eficiencia e invertir en otras iniciativas upstream (por ejemplo, |
| | | | x | Segmentar a los clientes y adaptar las ofertas a clientes orientados a la energía |
| RG | INF | BM | UX | Respuesta a la Demanda (DR) |
| x | | | | Permitir agregación independiente - Establecer señales de precio (por ejemplo, tiempo de uso) |
| | x | | | Asegurar la interoperabilidad entre dispositivos para la respuesta de demanda integrada (por ejemplo, estándares de tecnología única) |
| | | | x | Crear una experiencia del cliente sin interrupciones que sea automatizada y de autoaprendizaje (por ejemplo, productos de Respuesta a la demanda más "flexibles", más flexibles, automatizados y convenientes) |



| RG | INF | BM | UX | Digitalización |
|----|-----|----|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| x | | | | Fomentar el tiempo de uso o la fijación de precios dinámicos |
| x | | | | Desarrollar leyes de datos para asegurar el intercambio de datos entre los actores del mercado. |
| | x | | | Establecer estándares de interoperabilidad |
| | x | | | Establecer códigos y estándares para dispositivos inteligentes |
| | | x | | Desarrollar modelos de negocios innovadores para el uso de datos |

Fuente: Basado en el reporte WEF (2017, The Future of Electricity, pág.24).



ANEXO 2

Las primeras seis preguntas se orientaron a determinar las características principales de la organización en la que se desempeña el encuestado y desde la #7 se transcribe su opinión.

Jorge Enrique Taiana

| | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1.El país en el que desarrolla su actividad | Argentina |
| 2.Tipo de organización | Publica |
| 3.Actividad de la compañía | Parlamentaria |
| 4.El alcance geográfico de la organización | Regional |
| 5.Tamaño organización | Mediana |
| 6.Cargo o función del especialista | Diputado del Parlasur. Ex ministro de relaciones exteriores. |

7. Sobre el futuro del sistema eléctrico a nivel mundial y argentino.

Estamos empezando a entrar en una era distinta. En esa era la energía va a ir cambiando, va a ir agotándose. Dejando de lado la fósil. Se va a mantener lo nuclear las hidro y EO y FO. Se van a desarrollar más experiencia que están en sus comienzos, mareomotriz, las corrientes en donde los daneses avanzaron un poco, y ver qué pasa con la fusión nuclear.

8. Apreciación del uso de energía renovable

Estamos montados en un planeta que es pura energía y en la órbita de un sistema cuyo sol es pura energía. Hablar de crisis energética, es un problema que tiene presiones concretas, pero en termino de futuro el aprovechamiento de energía será más amplio.

9. Tendencia de cambio paradigma y hacia dónde se dirige el sistema eléctrico.

Se que la energía es central para desarrollo y la vida humana. La producción, la distribución y el transporte de energía tiene que tener marco regulatorio que garantice la no concentración en manos monopólicas y el acceso del conjunto de la población.

Alejandra A.

| | |
|---------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1.El país en el que desarrolla su actividad | Argentina |
| 2.Tipo de organización | Privada |
| 3.Actividad de la compañía | Consultoría |
| 4.El alcance geográfico de la organización | Multinacional |
| 5.Tamaño organización | Grande |
| 6.Cargo o función del especialista | Senior Manager Compañía: Accenture |



7. Sobre el futuro del sistema eléctrico a nivel mundial y argentino.

El sistema eléctrico del futuro apunta a un consumo de la electricidad más flexible y eficiente, a través de una mayor visibilidad del uso de la red y un mayor control del sistema de energía, apoyados en gran medida por el uso de nuevas tecnologías y digitalización del sector.

8. Apreciación del uso de energía renovable

La necesidad de descarbonizar el sistema energético y alcanzar los targets esperados, hace que hoy la rotación a energías solar y eólica represente una tendencia global. Esto se ve acompañado de que el costo de las energías renovables ha bajado significativamente y comienza a ser competitivo en muchos casos. Para lograr este objetivo es clave la modernización de la matriz energética y la integración de las energías renovables en la misma.

9. Tendencia de cambio paradigma y hacia dónde se dirige el sistema eléctrico.

Como parte del cambio de paradigma, se observan los siguientes cambios transformacionales 1) Descentralización del modelo energético 2) Electrificación del Transporte, 3) Crecimiento de Energía Renovable 4) Consumidor con nuevas preferencias y valores (clientes con un rol más activo incrementando su auto abastecimiento y optimizando el consumo), 5) Eficiencia Energética/Innovación y 6) Aparición de nuevos modelos de negocios

10. Rol de las TIC en sistema eléctrico futuro

La disponibilidad de alternativas de menor costo, basadas en modelos de software-as-a-service (SaaS) están permitiendo que las utilities tradicionales se expandan a mercados adyacentes. Estos modelos permiten nuevas fuentes de crecimiento, pero sobre todo nuevos modelos de negocio y ecosistemas que ofrecen nuevos productos y servicios. La expectativa es que en 2020, el crecimiento primario devenga de estos nuevos productos y para eso la tecnología será clave para proveer agilidad e innovación.

Carlos Minucci

| | |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1.El país en el que desarrolla su actividad | Argentina |
| 2.Tipo de organización | Publica |
| 3.Actividad de la compañía | Sindicato |
| 4.El alcance geográfico de la organización | Nacional |
| 5.Tamaño organización | Mediana |
| 6.Cargo o función del especialista | Secretario General de la Asociación Personal Superior de Energía (APSEE). |

7. Sobre el futuro del sistema eléctrico a nivel mundial y argentino.

Un gobierno que sienta a los gobernadores para ver que planificación se puede hacer a nivel país, no hay más compartimientos estancos del sistema eléctrico. Hoy tenemos un gran riesgo que cuatro CEOs pueden dejar al país sin luz. Hay que achicar los



hidrocarburos. El gobierno de Kirchner avanzó muchísimo en energía nuclear y la paró este gobierno. La hidráulica que pararon a los chinos en Cipernic y otras empresas. Macri paró todo de bajar consumo de fósil para beneficiar a *shale oil* y sus negocios como renovables.

8. Apreciación del uso de energía renovable

Las renovables son sistemas no continuos. Tienen un salto, no son continuas como las hidro. Fracasaron en el mundo. Es un negocio del gobierno. Si realmente hay un proyecto de país tendría que ser en la zona donde están las energías renovables y salir del sistema interconectado. Mucho para discutir con gobernadores. No es un negocio.

9. Tendencia de cambio paradigma y hacia dónde se dirige el sistema eléctrico.

Si no se interrumpieran 12 años del gobierno anterior hoy estaríamos frente a un Atucha 4 o 5.

10. Consideración del rol de las TIC en sistema eléctrico futuro en lo que hace a producción y distribución.

La tecnología en el sector eléctrico se ha atrasado muchísimo. Las empresas se vuelcan más a los costos y no al servicio, por eso está en malas condiciones. El corte del día del padre del 16 junio es un corte por falta de tecnología y falta de controles.

Jorge F.

| | |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.El país en el que desarrolla su actividad | Argentina |
| 2.Tipo de organización | Privada |
| 3.Actividad de la compañía | Generadora eléctrica |
| 4.El alcance geográfico de la organización | Multinacional |
| 5.Tamaño organización | Grande |
| 6.Cargo o función del especialista | Manager for HR Technology and Planning Compañía: ASA Servicios América Centro de servicios compartidos para la empresa multinacional AES Generación y Distribución |

7. Sobre el futuro del sistema eléctrico a nivel mundial y argentino.

Para muchas empresas. El futuro de RRHH viene sustentado en la mejora de los procesos, en ser más eficiente y en la incorporación de la digitalización y la incorporación del AgentLess Home (sin agente) Se está buscando que cada vez haya más robots del otro lado respondiendo los requerimientos de los empleados. Armar una plataforma donde haya un único portal de entrada que te comunique con todos los sistemas de la organización. Desde allí partas con robots, tengas un Tom que te contesta preguntas que tenga que ver con la empresa en si. Todos los procesos. Arrancas por un portal con una base de conocimiento de personas que preguntaron lo mismo. Ejemplo en Payrol, si tenes



una duda de lo que te depositaron, o por cargas de familia. Todo sustentado por AI. Cuando el sistema no puede responderte recién ahí te pasa a un humano. Pero toda una tendencia de portal y robot.

8. Apreciación del uso de energía renovable

Ya se ve en la corporación como se deja de lado las plantas de carbón, todo lo que es contaminación del ambiente es un hecho que se está saliendo de ahí y la incorporación de todo lo renovable. Se dejan de lado por cuestiones de gobierno y una mirada comunitaria que uno quiere dar. A diario se ve en los correos que recibimos en AES copera con la comunidad, AES...la empresa es así. Hay una gran prensa y la mala prensa.

9. Tendencia de cambio paradigma y hacia dónde se dirige el sistema eléctrico.

Va a haber un cambio. El cambio será grande y las distribuidoras se van a correr del medio. Las generadoras van a tener contacto con el cliente. Va a cambiar hasta la forma de generar. El cliente va a poder generar y montarla a la red. El cambio de paradigma es un antes y un después. Si vos generas, empezas a distribuir vos. Tenes acceso a la distribución y sos una distribuidora. El cliente pasa a tener más contacto con cliente. Darte los medios, que te puedas comprar los paneles, los *storage*.

10. Consideración del rol de las TIC en sistema eléctrico futuro en lo que hace a producción y distribución.

Es enorme, en el futuro no solo va a venir por los cables. Se va a transmitir por artefactos que por acercarte va a cargar de energía. Hoy se ve en los teléfonos celulares y cada vez va a haber más.

Al estar todo tan digitalizado tiene que haber más control, Lo que hoy te controla una suba de tensión, un transformador o un disyuntor tiene que tener más control.

Será más complejo en cuanto a la complejidad de AI pero más fácil para el cliente. El cliente va hacer menos, por los dispositivos que le dicen lo que hicieron.

Marlon Alvarez

| | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.El país en el que desarrolla su actividad | Salvador |
| 2.Tipo de organización | Privada |
| 3.Actividad de la compañía | Distribuidora eléctrica |
| 4.El alcance geográfico de la organización | Multinacional |
| 5.Tamaño organización | Grande |
| 6.Cargo o función del especialista | Gerente de inventarios y logística para la región de Mexico , Dominicana, Panamá, Puerto Rico y Salvador Compañía: CAESS |

7.Tendencia de cambio paradigma y hacia dónde se dirige el sistema eléctrico.

El *Smart grid* está bastante de moda. Nos visitan los colegas de TI para proyectos de ML y minería de datos. Nos hacen consultas sobre lo que hacemos y el potencial de base de



datos de clientes. La Compañía da señales de querer explotar esas bases Por ejemplo industriales, residenciales, que ya se tiene para sacar provecho.

Recursos distribuidos: Ya hay industrias que colocan paneles solares en sus techos e inyectando energía. Por el momento por la regulación, se están en análisis de información para proyectos de batería. Todavía no en El Salvador, si en DR. Hay solar y batería y allá el fuerte de AES es la generación. Alla hay plantas de carbón y de gas natural licuado y se incorporó a la matriz lo solar y baterías. En El Salvador solo hay solar.

8. Consideración del rol de las TIC en sistema eléctrico futuro en lo que hace a producción y distribución.

El salvador recientemente tiene un proyecto en sitio. Un agente con lector pasa por tu casa y de una vez emite la factura según lo consumido. Se le hace cómodo al usuario o industria tener su factura en sitio. Con un ATPL que tiene un impresor, lee el medidor y de una sola vez emite la factura. Es cómodo para el usuario obtener su factura. A nivel tecnología esto de las comunicaciones permite a una compañía de servicio, como la nuestra, un acercamiento en su lugar de residencia o trabajo. Antes no se tenía. Es lo que anda buscando la Compañía. Muy de moda el servicio al cliente y la digitalización. Esto abarca los 2 objetivos. En el servicio al cliente, acercarse al cliente y utilizar la plataforma para ese acercamiento.

Los Medidores inteligentes: a nivel distribuidora, desde hace muchos años se viene trabajando en proyectos de telemedición. Medidor residencial con modem que se comunica via wifi o red celular hacia el central de control. Se monitorea el consumo al cliente y no se espera que vaya un lector una vez al mes a verificar el consumo. En tiempo real se puede ir verificando el consumo al cliente. En El Salvador, hay problemas de seguridad y delincuencia y hay zonas donde tienen dificultades de entrar, para suspender un servicio por mora, por no pago. Esto permite desde un centro de control podés mandar a desconectar por el periodo establecido por el ente regulador para suspender en forma remota.

La tecnología ayuda como empresa cuando hay tormenta que son los recerradores, que censan variaciones de voltaje en la red y se comunican con el sistema que monitorea. Si cae una rama y rompe la línea, abre el circuito y hace una cantidad de intentos de reestablecer según lo programado y envía señal de falla. Si la falla persiste, en ese momento se manda personal de campo

Otro proyecto es proyecto OMS se tienen identificadas las parejas (cuadrillas) trabajando en tiempo real. Cualquier reclamo de falla o suspensión de servicio en un sector se puede redirigir en ese mismo lugar, sin necesidad de enviar otra pareja al campo. Eso mejora trabajo y tarea.

Ruben Brites

| | |
|---------------------------------------------|-------------------------|
| 1.El país en el que desarrolla su actividad | Argentina |
| 2.Tipo de organización | Fundación |
| 3.Actividad de la compañía | Capacitación energética |
| 4.El alcance geográfico de la organización | Nacional, |



| | |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. Tamaño organización | Pequeña |
| 6. Cargo o función del especialista | Fundación excelencia Comisión de energías renovables Docente de generación térmica y eléctrica. |

7. Sobre el futuro del sistema eléctrico a nivel mundial y argentino.

En Argentina como en todos los países lo principal es tener los recursos. Europa no tiene petróleo, Argentina tiene una reserva de no convencionales de 400 años. Si bien estamos hablando a futuro y 400 años es mucho, en ese lapso se puede desarrollar energía alternativa más allá de hidrocarburos que son las renovables. En Argentina tenemos oportunidades de pequeños hidráulicos de montañas. Al tener *shale gas* y *shale oil* hay tiempo para desarrollo renovables. Tenemos territorio de un sol favorable. Se acaba de abrir la 4ta central fotovoltaica conectada a miles de paneles.

Esta la posibilidad de implantación de nuevos parques eólicos. Según la emergencia o tiempo que tengamos podemos ir importando piezas y fabricando acá. Por una política energética y no siempre de costos.

8. Apreciación del uso de energía renovable

Hace 5 años la tasa de retorno de generación distribuida era 5 a 7 y ahora de 1 a 3 años por el abaratamiento. Es conveniente que las casas comiencen a instalarlos autoabastecerse y abastecer a la red. Los paneles solares son más rápido, más fácil. Se habla de poder armar diferentes islas en donde diferentes sectores tienen paneles solares que alimentan determinada cantidad de viviendas que arman diferentes islas que hacen que se autoabastezcan.

9. Tendencia de cambio paradigma y hacia dónde se dirige el sistema eléctrico.

Va a cambiar en lo que es generación distribuida, no solo en los paneles. Hace tiempo que la tendencia es a no grandes represas plaga ...pequeño hidros, bajadas de ríos, armados artificiales de embalses y aprovecharlos para pequeñas ciudades fuera del interconectado nacional.

10. Consideración del rol de las TIC en sistema eléctrico futuro en lo que hace a producción y distribución.

El *Smart grid*. Un tendido de alta tensión es inconcebible si no se tiende fibra óptica. Todo tipo de datos a las subestaciones. Dato real y video. Sin personas participantes Miden temperatura, directo al centro o una usina distribuida de TIC para control remoto y todo esto gracias a la comunicación y fibra óptica.

Todas las generadoras al estar conectadas a su vez con las subestaciones y hasta con las cámaras de distribución de media que lo siguiente ya es el usuario. Interconectado con Cammesa que recibe todos los datos y Saac que es el despachante general del país y mantener el balance donde generar más o menos. Darle prioridad a lo más eficiente y bajar costo. La *Smart grid* es uno de los puntos hacia dónde va la transición energética, no solo lo renovable.



Adrien Sergent

| | |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1.El país en el que desarrolla su actividad | Francia |
| 2.Tipo de organización | Privada |
| 3.Actividad de la compañía | Tecnología de generación |
| 4.El alcance geográfico de la organización | Multinacional |
| 5.Tamaño organización | Grande |
| 6.Cargo o función del especialista | Ingeniero Eléctrico Power Grids Compañía: ABB |

7. Sobre el futuro del sistema eléctrico a nivel mundial y argentino.

Tiene que ver con la transición energética. Hay un tema que es el calentamiento global. Es una preocupación cada vez más grande que genera tensiones internacionales, que se traducen en sectores corporativos que se mete en ese ámbito, hay toda una industria a nivel mundo, china, EEUU y sería bueno que Argentina se sume a ese mundo, por tener ventaja sobre otros países. La situación económica macroeconómica es difícil de poner en marcha.

La transición es porque no es posible seguir a nivel mundial quemando fósil, por el tema de calentamiento. Aparte es un recurso finito, pero el *shale oil* parece que no es tan real. El pick oíl vemos un pico de producción de petróleo que entra en la próxima década. Ya empezó en 2005, bajo el disponible, después la revolución de *shale oil* desplazo el pico. La demanda sigue creciendo, son 2 curvas que se cruzan, llega un momento insostenible seguir de esa manera. Sea por tema económico o ecológico, esa transición va a llegar por la buena o por la mala.

8. Apreciación del uso de energía renovable

Cada vez hay más países que adoptaron o están en proyecto de adoptar una ley de cero-carbono. En Argentina dicen que es de primer mundo. Chile lo adopto y en 2050 planteando balance neutro de carbono. No va a quedar otra, por la buena o mala. Algunos países plantean. EEUU está en contra por Trump, pero los estados van a favor. Francia planteo ley de bajar a 50% lo nuclear y están en el fin de ciclo de vida. Los nuevos reactores nucleares de Francia plantean un 120 EU/MWh y el solar de 60 a 70 EU/MWh hasta económico cierra lo renovable. Incluso en Francia ya tenemos lo nuclear que no emite CO2.

9.Tendencia de cambio paradigma y hacia dónde se dirige el sistema eléctrico.

En todos los planteos que vi en cómo hacer una matriz energética con CO2 cero se viene el tema *Smart grid*, es aplanar las curvas. Genera un gran ahorro y también que renovable necesita mayor porcentaje, que haya una gestión inteligente mas flexible, lo cual es intermitente. Se puede mitigar con red inteligente. A nivel generación desde la previsión.

10. Consideración del rol de las TIC en sistema eléctrico futuro en lo que hace a producción y distribución.



Las TIC son esenciales. Hay proyectos de AI para prever despacho de tipo Camesa en 1 o 2hs cual cual va a hacer la generación. Hasta proyecto micro que según el cielo permiten saber cuánto solar va a producir. O gestión virtual para asocie la generación distribuida coordinar oferta y demanda. Hay demanda que se puede desplazar como calentamiento de edificio la inercia térmica de edificios. Y algo que cada vez se ve mas son los EVs. Si se carga cuando viene del trabajo al mismo tiempo cuando viene del trabajo es imposible. El 90% de tiempo los vehículos eléctricos están apagados. Una infraestructura puede permitir que cuando hay sobreoferta de renovable, se cargan en la red y viceversa.

En Blockchain, se habla en sector energético de lo que produce y se puede vender a otro. Otra manera de aplicar la blockchain puede certificar de donde viene la energía para que los vehículos eléctricos usen la renovable sino no tiene sentido. Crear una red a nivel local que pase por la distribuidora que genere la blockchain y que permita poner en relación de lo que consume un vehículo eléctrico en la zona lo que se produce con la distribución en esa zona. Señales de precio, dentro del vehículo recibís la información de cuanto sale y en la próxima hora sale menos, ahí se genera el intercambio de información. Lo renovable participe en sostén de la red la regulación de frecuencia y tensión. Que haya una comunicación entre distribuidora o Camesa hacia las distribuidoras y la distribuidora a la gente que puso dentro de la red, participen en la regulación de tensión y regulación de frecuencia dentro de 5%

Todo esto es intercambio de información, se pasa de una red vertical tradicional a una mas horizontal donde se intercambia información. Puede ser por centrales virtuales gente que agrega los consumos y productores, que ahí se puede poner en valor esa información.

Roberto M.

| | |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.El país en el que desarrolla su actividad | Argentina |
| 2.Tipo de organización | Pública |
| 3.Actividad de la compañía | Municipal |
| 4.El alcance geográfico de la organización | Nacional |
| 5.Tamaño organización | Mediana |
| 6.Cargo o función del especialista | Director de Alumbrado Público, Área de Infraestructura en Municipalidad de Almirante Brown |

7. Sobre el futuro del sistema eléctrico a nivel mundial y argentino.

Depende de la coyuntura de cada momento. Tenemos una visión bianual. Lo que creo es que esta vez se están haciendo trabajos si cambia el gobierno. Una política que dure más tiempo. Se va a planear una matriz en correspondencia con el tiempo.

8. Apreciación del uso de energía renovable

Si no se toma como política nacional no va a funcionar porque la vamos a tener que importar. Mientras tengamos que importar se va a tener que repagar, no va a dar el repago.

9.Tendencia de cambio paradigma y hacia dónde se dirige el sistema eléctrico.



En Australia lo vi y en España. En Australia todo lo que se construye nuevo tiene que estar en su concepto de cogeneración. En Sydney fui a un shopping muy grande y producen 20% en hora pico de lo que consumen. Eran múltiples, colectores solares, térmicos, aerogeneradores. Aerogeneradores de eje horizontales entre edificios con paletas chiquitas a gran velocidad. Todo para generar energía en algún formato. Eso cubría un 10 a 20% de requerimiento de todo el año. Había una solución de conflictos importante.

Luis M.

| | |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1.El país en el que desarrolla su actividad | Argentina |
| 2.Tipo de organización | Privada |
| 3.Actividad de la compañía | Generación y Distribución |
| 4.El alcance geográfico de la organización | Multinacional |
| 5.Tamaño organización | Grande |
| 6.Cargo o función del especialista | Dev & Integration GFE & BPE Compañía: AES |

7. Sobre el futuro del sistema eléctrico a nivel mundial y argentino.

El sistema eléctrico va hacia los prosumers, y prosumidores más grandes como industria va a generar su propia energía va a estar muy descentralizado. Veo mucho solar y viento. No me extrañaría más proyectos de hidráulica, pero es más grande. Lo nuclear lo veo para más adelante por el lado de fusión, de unir átomos, pero de acá a más de 50 años, 100 años. Está pasando un poco lo que paso con la PC. Arrancó por servidores grandes porque no todo el mundo podía tener PC, ahora todo el mundo tiene una PC, y ahora estamos volviendo a la nube que es una gran PC. La fusión nuclear va a hacer un poquito eso con la energía porque va a ser mas barata incluso que la solar. Ahora con los prosumer va a ver un tema por ser una inversión a pagar en mucho tiempo. Habrá que ver si esa tecnología se va ir haciendo mas barata con el tiempo.

8. Apreciación del uso de energía renovable

Vos además tenes metano y el problema que son inversiones muy fuertes. Las otras son más chicas y distribuidas. Apuesto más a la solar. La exploración espacial te obliga mucho a mejorar la eficiencia de la energía solar. Si te das cuenta el mundo esta hablando mucho a través de la exploración espacial, bases en la luna, que marte. Cada 2 o 3 meses aparece otro planeta candidato a 6 o 30 años luz, que es habitable. Eso puede mover innovación en esa área. Así que de las renovables apuesto a la solar. En el espacio no hay viento. La eólica es muy para acá, en marte seguro hay viento, pero seguro no te va a levantar una eólica en marte. Muy futurista, pero estoy tratando de unir caminos hacia dónde va la humanidad. No es casualidad que J.Bezos (Amazon) y otros con mucha plata estén hablando del espacio, de ir para afuera.

9.Tendencia de cambio paradigma y hacia dónde se dirige el sistema eléctrico.



Que mas vas a poder hacer con el Smart grid. Una vez que tengas a todos los prosumers va a ser una cuestión de como balancear esa carga y quienes de verdad van a crecer en esa transformación. ¿Quién van a perder? Probablemente las grandes generadoras, las grandes plantas Las distribuidoras creo que están en la mejor posición porque se van a encargar de conectar los distintos sistemas. El gran cambio va a ser relación cliente-proveedor que va a ser directa. En la mayor parte de lo posible se generarán plataformas, ah donde las distribuidoras podrían tener una oportunidad si se mueven rápido para volverse a esa plataforma de intercambio, ya sea con bitcoin. Esa relación es la que va a cambiar mucho.

10. Consideración del rol de las TIC en sistema eléctrico futuro en lo que hace a producción y distribución.

Las TIC, especialmente en el plano de la energía, van a dar una visión de cómo en realidad estas utilizando la energía. Puede generar una nueva industria. El dueño de la información de cómo se está utilizando la energía va a dominar el mercado. Por eso la plataforma en la que se conecten es tan importante, no para conectar a la gente per se, sino para entender la relación y relaciones que se generan en la distribución de energía. Se supone que la energía va a aumentar aún que los dispositivos sean más eficientes, cada vez demandamos más energía. Vas a poder identificar en donde hay un crecimiento acelerado en donde esta mas estable y vas a tener mejor control de precios sin lugar a dudas. Para mi el dueño de la plataforma son los que mas se van a beneficiar y los que van a generar más oportunidades.