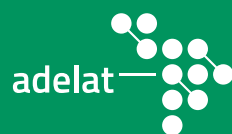


RESUMEN EJECUTIVO DSO BRIEF

SIN INVERSIÓN NO HAY TRANSICIÓN

EL FUTURO DE LA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN AMÉRICA LATINA





AUTORES Y COLABORADORES

Grupo Mercados Energéticos (GME), David Felipe Acosta, Viviana Vitto, Aldo Pessanha, Alessandra Genu Dutra Amaral, María Antonieta Borrero, Roberto Cajamarca Gómez, Alejandro Falkner Falgueras, Sandra Marcela Quijano López, Horacio Nadra, Luiz Felipe Falcone De Souza, Claudio Bulacio, Ernesto San Miguel, Hilario Vistolet, María José Perez Vanmorlegan, Patricio Molina, Gastón Blanquet, Clarissa Machado, Talita Darwiche, Mariana Silva Barreto, Francisco Mualim, Victor Tavera, Pablo Jofré, Mónica Cataldo, Gina Pastrana, Sergio Zambrano, Dimas Carranza, Jorge Ponce, Julio Luján.

Históricamente, el foco de la planificación y la inversión en el sector eléctrico se ha centrado en la generación y la transmisión, con las redes de distribución consideradas como el último eslabón en la cadena de suministro de electricidad. Sin embargo, la transición energética está invirtiendo esta dinámica. La creciente penetración de generación distribuida, la demanda de electrificación de sectores como el transporte y la calefacción, y la necesidad de mayor resiliencia frente a eventos climáticos extremos, han puesto a la distribución eléctrica en el centro del escenario. La transición hacia un sistema energético más limpio y eficiente no puede lograrse sin una inversión significativa en la infraestructura de distribución eléctrica.

Este estudio tiene como objetivo principal ofrecer una visión detallada de las necesidades de inversión en el segmento de distribución eléctrica de siete países clave de la región: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guatemala y Perú. Este análisis se centra en la implementación de once vectores clave asociados a la transición energética, los cuales incluyen desde la electrificación de nuevos usos hasta la universalización del servicio eléctrico:

Vectores de inversiones en Transición Energética

1 Electrificación de Nuevos usos Ampliación de red y capacidad de transformación asociada a nuevas demandas residenciales, industriales y comerciales.	2 Electromovilidad - Ampliación de red y capacidad de transformación asociada a nuevas demandas de vehículos EV (autos, motos, buses, camiones). - Infraestructura de Recarga	3 Conexión a Generación Distribuida - Readequación de la red asociada a la conexión de Generación Distribuida. - Equipos de Generación Distribuida.	4 Digitalización y Automatización Implementación de sistemas: ADMS, GIS avanzado, gestión comercial, de activos, sensores, interruptores, etc.
5 Infraestructura AMI - Instalación de Medidores Inteligentes. - Implementación de sistemas de comunicación y MDN.	6 Calidad de Servicio Ampliación y adecuación de la red para cumplimiento de indicadores de calidad de servicio (abastecimiento de alimentadores de MT).	7 Resiliencia - Estrategia adoptada en inversiones de red y CCTT. - Matriz de tecnologías, contemplando redes protegidas, pre-ensambladas, subterráneas, etc.	8 Actualización de la Red Inversiones relacionadas con renovación de activos que han superado su vida útil o están muy cerca de alcanzarla.
9 Almacenamiento por Baterías Inversiones en sistemas de almacenamiento por baterías para optimización de la operación (asociada a penetración de GD).	10 Normalización de Pérdidas - Implementación de redes especiales (redes blindadas, red de BT en altura, etc.). - Implementación de herramientas de gestión de proximidad.	11 Acceso Universal - Extensión de la red y capacidad de transformación para conectar nuevos usuarios. - Instalación de sistemas standalone en aquellos casos que no pueda extenderse la red.	X Inversiones BAI Ampliación de red y capacidad de transformación asociada al crecimiento tendencial de la demanda (independientes de la transición energética).

“

Las inversiones se distribuyen con un enfoque particular en aquellos que tienen un mayor impacto en la modernización.

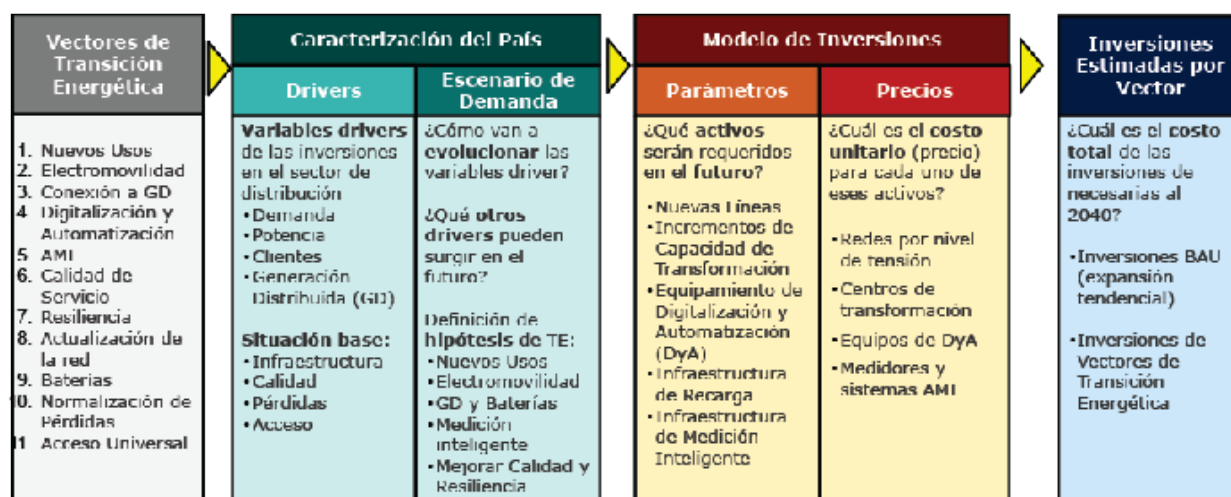
01

METODOLOGÍA

La estimación de las necesidades de inversión en el segmento de distribución eléctrica se ha realizado a través de un modelo que contempla dos escenarios teóricos de transición energética para el año 2040. Estos escenarios fueron alimentados por datos suministrados por las empresas distribuidoras asociadas a ADELAT, una caracterización detallada de la situación actual en cada país, y proyecciones de demanda energética que incorporan variables macroeconómicas, demográficas y tecnológicas.

Se establecieron parámetros técnicos para cada uno de los vectores de transición energética identificados que incluyeron, entre otros, los requerimientos de expansión de nuevas líneas y capacidad de transformación para soportar la mayor demanda y la integración de generación distribuida, las necesidades de inversión en tecnología para la digitalización de la red, incluyendo sistemas ADMS, sensores, y dispositivos de control remoto, los costos asociados con la instalación de estaciones de recarga, y la implementación de medidores inteligentes y sistemas de gestión de datos de medición. Asimismo, se estimaron los costos unitarios de los activos necesarios para implementar las inversiones, basados en precios de mercado y datos históricos. Se incluyeron costos por kilómetro de red, por megavatio de capacidad de transformación, y por unidad de equipamiento de DyA y AMI, entre otros.

Estructura del Modelo de Inversiones



El modelo considera un escenario base de crecimiento tendencial de las inversiones de los DSO (BAU, Business As Usual), que sirve como referencia para comparar el impacto de las inversiones en los escenarios de transición energética, estimando la evolución del consumo de energía eléctrica hasta el año 2040 utilizando un enfoque de proyección econométrica. La proyección se realiza de manera desagregada por sectores, considerando las inversiones según dos categorías principales: Inversiones Obligatorias o “Mandatorias”, necesarias para atender el crecimiento de la demanda y la expansión de la red, e Inversiones Discrecionales, planificadas y realizadas bajo la consideración de criterios internos de las empresas.

Se diseñaron dos escenarios para capturar las diferentes rutas que los países podrían seguir en su camino hacia una red de distribución eléctrica más moderna, eficiente y resiliente: Transición Efectiva, en el que los siete países logran niveles de electrificación similares a los propuestos por el estudio “Connecting the Dots” para la Unión Europea en 2030, y Transición Parcial, en el que el avance hacia la modernización de la red es más gradual, con una menor adopción de tecnologías avanzadas y un enfoque en mantener la operatividad básica de la red. A continuación se presenta un resumen de los supuestos considerados para cada uno de los escenarios de transición energética evaluados.

Escenarios de Transición Energética Efectiva y Parcial

Vector	Escenario TE Efectiva 2040	Escenario TE Parcial 2040
Electrificación de Nuevos Usos	Residencial: electrificación parcial GLP y biomasa Industrial: electrificación parcial Carbón mineral, biomasa, GLP, diésel y fuel oil Comercial y Sector Público: consumo 100% electrificado	Escenario de electrificación limitada (50% del escenario de TE Efectiva)
Electromovilidad	20% del parque vehicular	10% del parque vehicular
Conexión a GD	GD equivalente al 20% del consumo energético	GD equivalente al 10% del consumo energético
Digitalización y Automatización	Sistema 100% digital y automatizado . Implementación de sistema ADMS, GIS avanzado, sistemas de gestión comercial, de activos, sensores, interruptores, etc.	Sistema 50% digital y automatizado
AMI	Despliegue del 100%	Despliegue del 50%
Calidad de Servicio	In función de las características de la red de cada país. Aproximadamente se acortan alimentadores en 10-16%	In función de las características de la red de cada país. Aproximadamente se acortan alimentadores en 5-8%
Resiliencia	Estrategia de resiliencia en función del riesgo climático de cada país (alta participación de red subterránea)	Estrategia de resiliencia 90% Aérea 10% Subterránea
Actualización de la Red	In función de las características de la red de cada país	In función de las características de la red de cada país
Baterías	Se incorporan sistemas de baterías a medida que la GD supera el umbral del 15% del consumo energético	No contempla sistemas de baterías
Normalización de Pérdidas	Normalización del 100% de clientes irregulares	
Acceso Universal	Acceso 100% garantizado , ya sea por extensión de la red o stand-alone	

El monto de inversiones estimado para cada escenario corresponde a aquellas que serían realizadas de forma exclusiva por los DSO, excluyendo otras inversiones que pueden ser desarrolladas por actores diferentes, como son las correspondientes a activos de conexión a Generación Distribuida o infraestructura de recarga de vehículos eléctricos. Además, las inversiones resultantes no se consideran restringidas por los contextos regulatorios, financieros u operativos de cada país. Se trata de inversiones necesarias, independientemente de las barreras actuales, lo que subraya la importancia de un marco de políticas y regulaciones que facilite su implementación.

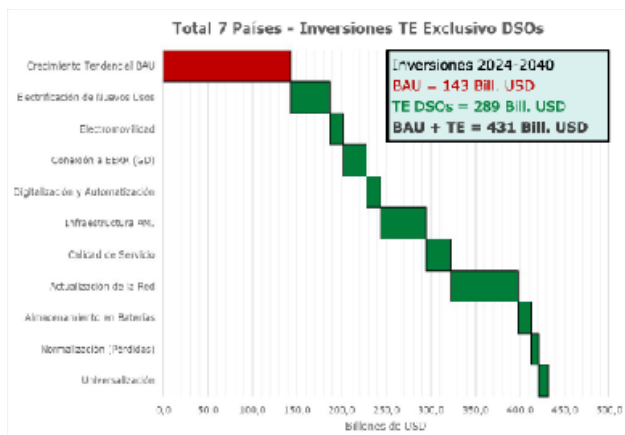
02

RESULTADOS DEL MODELO DE INVERSIONES

ESCENARIO DE TRANSICIÓN EFECTIVA

Para los siete países considerados, el modelo estima un total de USD 431 mil millones en inversiones acumuladas necesarias hasta el año 2040 por parte de los operadores de sistemas de distribución eléctrica (DSO), excluyendo aquellas en activos de conexión a generación distribuida (GD) que serían realizadas por otros agentes. Este valor es 201% superior a las inversiones que se realizarían en el escenario de crecimiento tendencial (USD 143 mil millones).

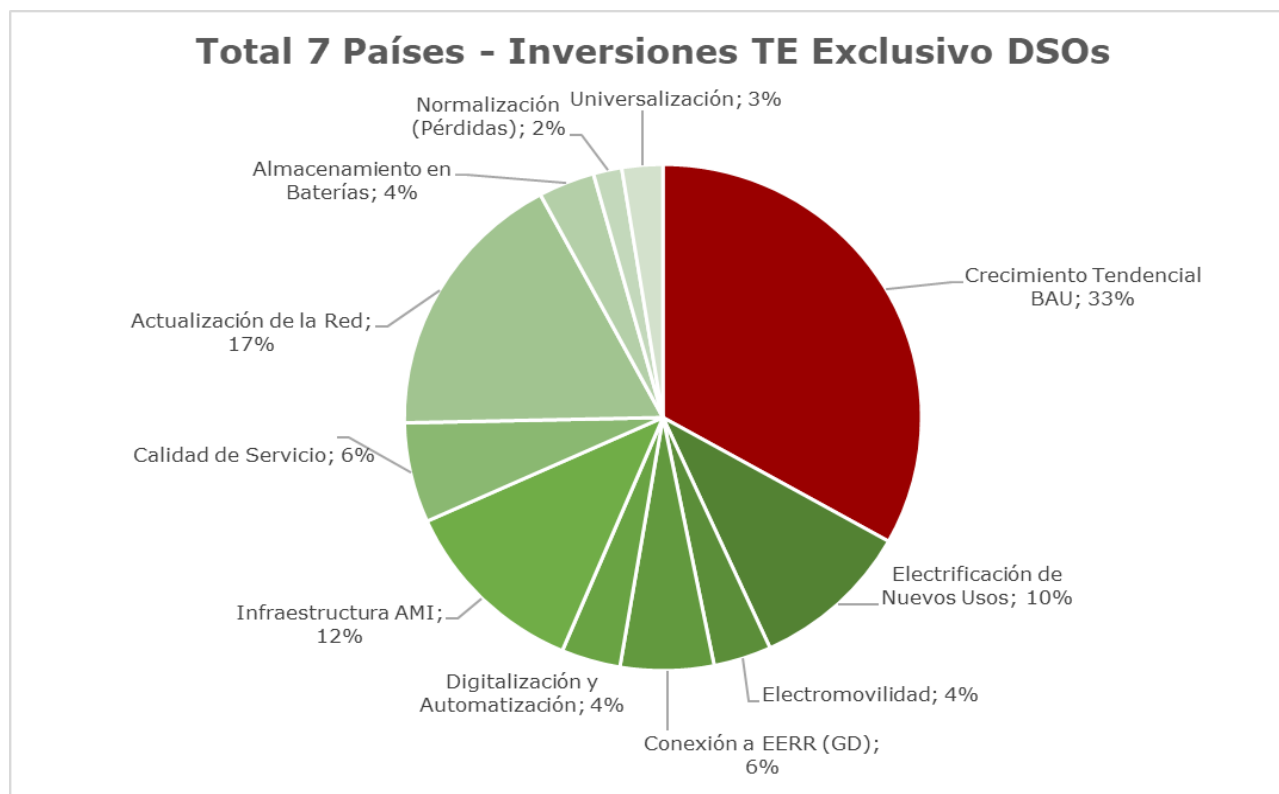
Resultados Escenario Transición Efectiva



Las inversiones se distribuyen entre diferentes vectores de la transición energética, con un enfoque particular en aquellos que tienen un mayor impacto en la modernización y eficiencia de la red. Los vectores con mayor peso porcentual en este escenario son el de Crecimiento Tendencial, que representa un 33% del total de la inversión. En lo que se refiere a la transición energética, los vectores de mayor peso son el de Actualización de la Red (17%), Infraestructura AMI (12%) y Electrificación de Nuevos Usos (10%).



Distribución de los vectores de inversión en el escenario de TE efectiva



Las inversiones anualizadas representan entre 0,19% y 0,50% del PIB de los países evaluados, y entre 75,4 y 97,4 USD por cliente (con base en el número total de clientes conectados). Finalmente, las inversiones proyectadas por energía distribuida son entre 6,0 y 16,1 USD/MWh. A continuación se presenta un resumen de las inversiones promedio por año estimadas para cada país en el escenario de TE Efectiva.

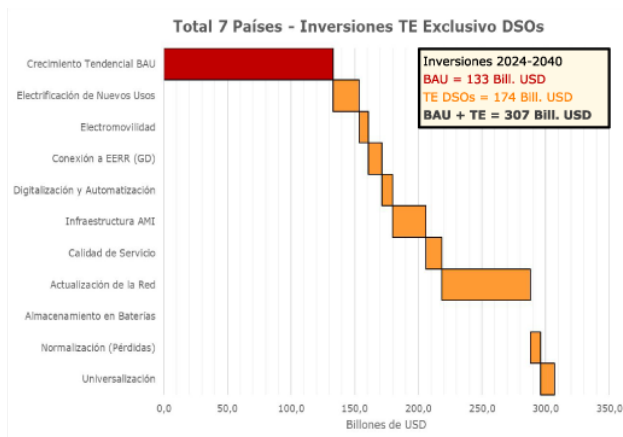
Inversiones promedio por año en el escenario de TE Efectiva

Inversiones de TE Efectiva al 2040: 11 Vectores + BAU (Billones de USD/Año)								
Ítem		Argentina	Brasil	Chile	Colombia	Ecuador	Guatemala	Perú
Exclusivas DSOs	BAU	0,8	5,6	0,2	0,9	0,4	0,2	0,3
	11 Vectores de TE	1,6	10,7	0,7	2,1	0,7	0,5	0,8

ESCENARIO DE TRANSICIÓN PARCIAL

En el escenario de Transición Parcial, las inversiones necesarias son menores en comparación con el escenario de Transición Efectiva, reflejando una adopción más lenta de tecnologías avanzadas y una menor integración de energías renovables y electrificación de nuevos usos. El modelo estima un total de USD 307 mil millones de dólares en inversiones acumuladas necesarias hasta el año 2040, para los siete países considerados, inversiones que corresponden a los DSO y excluyen aquellas en activos de conexión a generación distribuida (GD) realizadas por otros agentes. Este valor es 131% superior a las inversiones que se realizarían en el escenario de crecimiento tendencial (USD 143 mil millones).

Resultados Escenario Transición Parcial



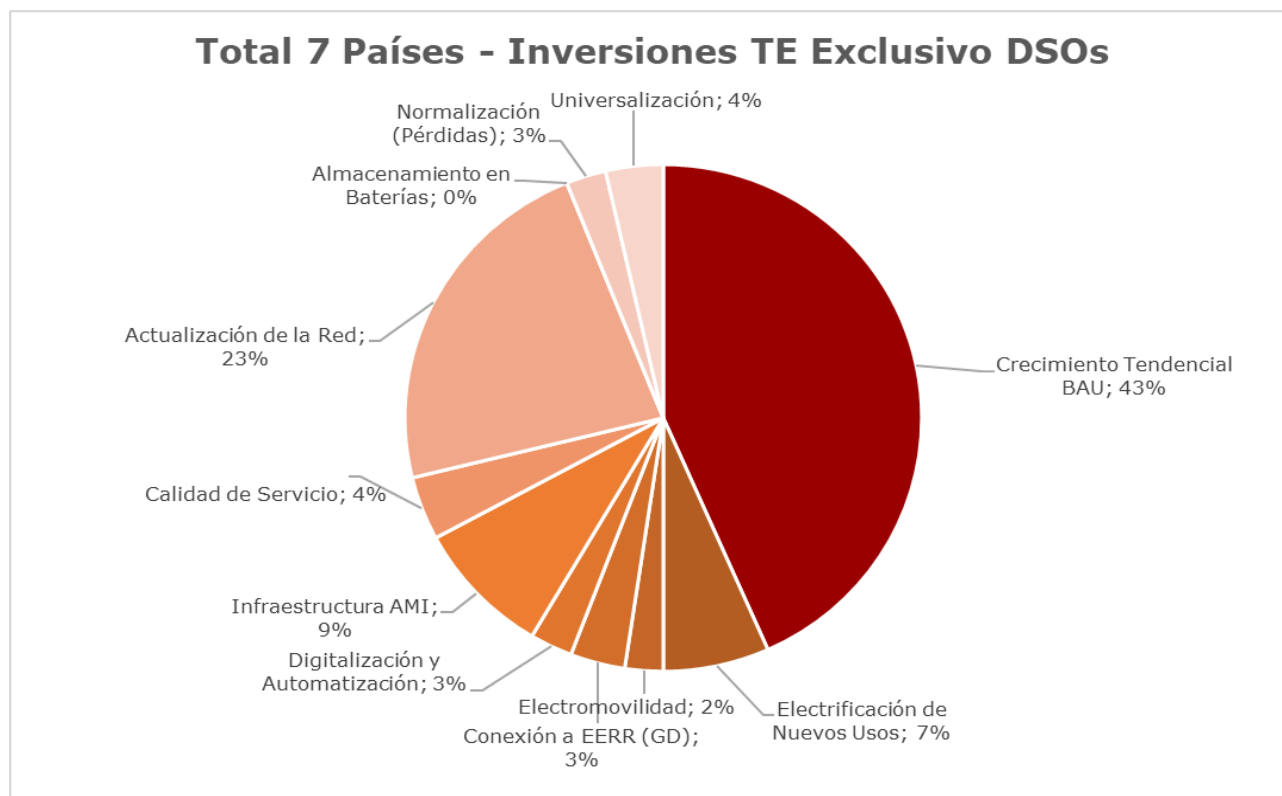
Las inversiones en el escenario TE Parcial se distribuyen de manera diferente en comparación con el escenario de TE Efectiva, con una mayor concentración en la expansión de la red bajo el crecimiento tendencial (BAU), que representa el 43% de las inversiones. Los otros vectores de inversión con mayor peso porcentual en este escenario son: Actualización de la Red (23%), Infraestructura AMI (9%) y Electrificación de Nuevos Usos (7%).



El éxito de la transición energética en América Latina depende no solo de la identificación de las necesidades de inversión.



Distribución de los vectores de inversión en el escenario de transición parcial



A continuación se presenta un resumen de las inversiones promedio por año estimadas para cada país en el escenario de TE Efectiva.

Inversiones promedio por año en el escenario de TE Parcial

Inversiones de TE Parcial al 2040: 11 Vectores + BAU (Billones de USD/Año)								
Ítem		Argentina	Brasil	Chile	Colombia	Ecuador	Guatemala	Perú
Exclusivas DSOs	BAU	0,6	5,5	0,2	0,8	0,3	0,1	0,3
	11 Vectores de TE	0,8	6,6	0,4	1,2	0,4	0,3	0,5

03

CONDICIONES HABILITADORAS PARA LAS INVERSIONES

El éxito de la transición energética en América Latina dependerá no solo de la identificación de las necesidades de inversión, sino también de la creación de un entorno favorable que permita atraer y sostener esas inversiones. En este sentido, los esquemas de remuneración desempeñan un papel crucial. En un esquema de regulación de precios máximos (Price Cap Regulation), los reguladores establecen un límite máximo para las tarifas que las DSO pueden cobrar, incentivando a las empresas a mejorar su eficiencia para aumentar sus ganancias. Este modelo puede fomentar la contención de costos, pero si los toques de precios se fijan demasiado bajos, puede desincentivar las inversiones necesarias.

En un esquema de regulación de ingresos máximos (Revenue Cap Regulation) los DSO tienen garantizado un nivel de ingresos predefinido de forma que, si la demanda disminuye, las tarifas pueden ajustarse. Esto mitiga el riesgo de demanda pero las empresas podrían tener menos incentivos para realizar inversiones que incrementen su eficiencia operativa, como aquellas en nuevas tecnologías asociadas a la transición energética, ya que sus ingresos están asegurados.

En una regulación de costos más beneficio (Cost Plus Regulation), los DSO son compensados por sus costos operativos más una tasa de retorno garantizada. Este esquema también proporciona un incentivo limitado para las inversiones en tecnologías más eficientes, ya que los DSO no tienen motivación para reducir sus costos.

Por el contrario, un esquema de regulación por incentivos (Incentive-Based Regulation), ofrece incentivos adicionales para que las DSO mejoren la calidad del servicio, la eficiencia operativa y la innovación tecnológica. Los esquemas de remuneración basados en incentivos pueden incluir mecanismos específicos para promover la inversión en digitalización, resiliencia y reducción de pérdidas.

En el contexto de la transición energética, algunos países han comenzado a desarrollar esquemas regulatorios específicos que ofrecen incentivos adicionales para inversiones en áreas clave, como la electrificación de nuevos usos, la movilidad eléctrica, la digitalización y la resiliencia de la red. Estos esquemas pueden incluir bonificaciones por alcanzar objetivos de descarbonización, conectar a generación distribuida o mejorar la eficiencia energética.

De la misma forma, los mecanismos de remuneración basados en empresa modelo, que fijan una remuneración ex ante sobre la base de los costos de una empresa ideal, promueve el ahorro en el costo de las empresas pero también limita los incentivos para invertir en modernización de la infraestructura. El estado del arte y las regulaciones modernas demuestran que un buen esquema de remuneración considera tanto el reconocimiento de costos reales como esquemas de incentivos por eficiencia.

Para que los esquemas de remuneración puedan habilitar las inversiones en la transición energética, es necesario que se adapten a los objetivos de la transición energética, incorporando incentivos claros para que las DSO inviertan en áreas prioritarias, como la resiliencia de la red, la integración de generación distribuida y la electrificación de nuevos usos. Adicionalmente, es fundamental que las tasas de retorno reflejen los riesgos inherentes a las inversiones y sean lo suficientemente atractivas para atraer capital, especialmente en

países con altos niveles de riesgo. Finalmente, los marcos regulatorios deben ser estables y predecibles, lo que permitirá a las DSO y a los inversionistas planificar con mayor certidumbre y reducir el costo del financiamiento, e incorporar esquemas que recompensen la adopción de nuevas tecnologías y prácticas innovadoras que mejoren la eficiencia operativa y la calidad del servicio.



04

BENEFICIOS DE LAS INVERSIONES EN TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Las inversiones en la transición energética en América Latina no solo son necesarias para cumplir con los objetivos de descarbonización y modernización del sector eléctrico, sino que también generan una serie de beneficios operativos, económicos, sociales y ambientales. ADELAT desarrollará una segunda etapa del estudio en la que se realizará una aproximación cuantitativa del impacto de estos beneficios.

En el nivel operativo, las inversiones en la transición energética tienen un impacto en la mejora de la eficiencia de la infraestructura, que mejora la sostenibilidad financiera de los operadores de sistemas de distribución. Estos beneficios incluyen menores gastos por tareas de inspección, por menor necesidad de intervenciones por interrupciones, por optimización y flexibilización de la operación, por reducción de riesgos laborales, por menor necesidad de tareas de gestión comercial, y por incremento del relacionamiento digital.

Las inversiones en la transición energética también generan beneficios económicos significativos, tanto para los operadores de sistemas de distribución (DSOs) como para

los consumidores y la industria en general. Estos beneficios incluyen el desarrollo de Nuevos Negocios, la mejora de la competitividad en la industria, la reducción en la factura del consumidor, menores necesidades de inversión en medidas de contingencia, y reducción en la importación de energéticos.

Por su parte, los beneficios sociales se manifiestan en diversos aspectos que van desde la mejora de las condiciones de vida y promoción de economía regional y circular, la reducción de la brecha de género y el desarrollo de actividades productivas, la generación de empleo calificado, la mejora en la seguridad en la vía pública, y la mejor identificación y focalización de usuarios vulnerables.

Finalmente, La transición energética genera importantes beneficios ambientales, que se manifiestan a través de la reducción del consumo energético y de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), ya sea por sustitución de fuentes convencionales, por incorporación de recursos renovables distribuidos, por optimización de la operatividad de la red, y por disminución de las pérdidas de energía.

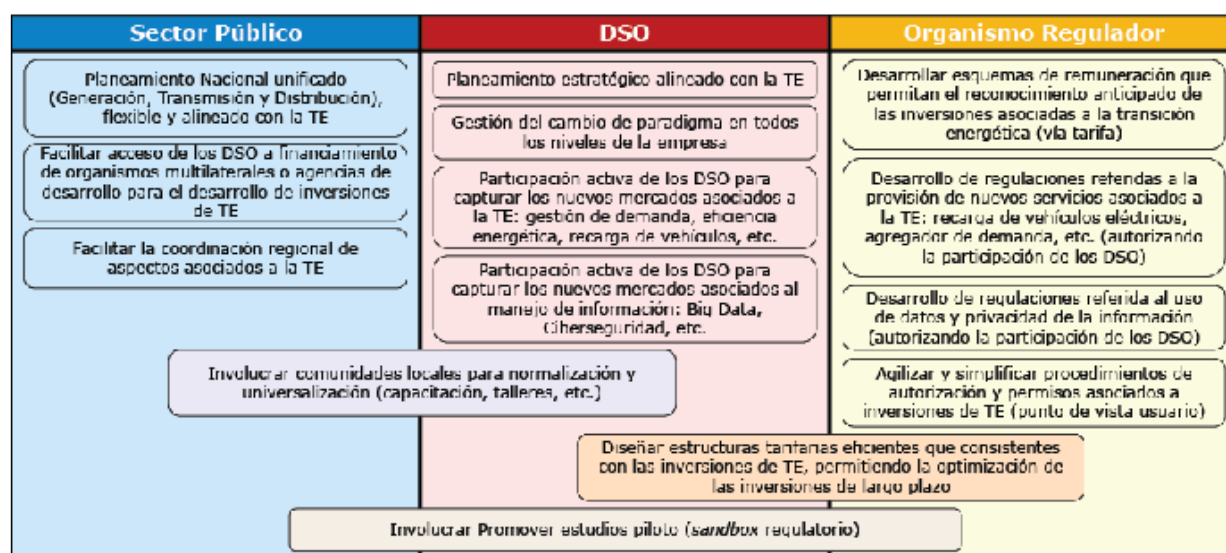


05

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados del modelo de inversión muestran que la magnitud de las inversiones necesarias para una transición energética efectiva es significativa, y los países de la región deberán movilizar recursos considerables para modernizar sus infraestructuras eléctricas, lo que obliga a superar desafíos derivados de las limitaciones financieras, la incertidumbre regulatoria, la resistencia al cambio por parte de algunos actores, y la necesidad de desarrollar capacidades técnicas y operativas en las DSO. Superar estos desafíos requerirá un enfoque coordinado y estratégico, así como el apoyo continuo de políticas públicas favorables a la transición, que podrían considerar las recomendaciones que se resumen a continuación.

Figura 6. Recomendaciones para el sector público, los DSO y los organismos reguladores



Planeamiento Nacional Unificado que integre las políticas y estrategias de generación, transmisión y distribución, asegurando que todas las áreas estén alineadas con los objetivos de la transición energética, que promuevan la sinergia entre diferentes sectores, y que sea flexible para adaptarse a las rápidas innovaciones tecnológicas y cambios en la demanda energética.

Acceso a Financiamiento: Es fundamental que los gobiernos faciliten el acceso de los DSO a fuentes de financiamiento como bancos multilaterales y agencias de desarrollo con condiciones financieras favorables, incluyendo tasas de interés bajas y períodos de gracia extendidos, que permitan a los DSO realizar las inversiones necesarias sin poner en riesgo su estabilidad financiera.

Coordinación Regional: incluye la armonización de normativas y estándares técnicos, la creación de mercados eléctricos regionales integrados, y la cooperación en proyectos de infraestructura.

Planeamiento Estratégico Alineado: Los DSO deben desarrollar y actualizar continuamente sus planes estratégicos para alinearlos con los objetivos de la transición energética. Esto implica anticipar las futuras necesidades de inversión, identificar nuevas oportunidades de mercado y adaptarse a los cambios en la demanda de energía.

Gestión del Cambio: Implementar programas de gestión del cambio que incluyan la capacitación continua de la fuerza laboral

en nuevas tecnologías y procesos, la adopción de una cultura de innovación y adaptabilidad, y la reestructuración organizacional cuando sea necesario para mejorar la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta a las demandas del mercado.

Participación en Nuevos Mercados: Los DSO pueden capturar nuevos mercados y servicios asociados a la transición energética, como la gestión de la demanda, la infraestructura de recarga de vehículos eléctricos, y la participación en mercados de agregación y respuesta de la demanda. Además, pueden explorar oportunidades en áreas como la ciberseguridad y la gestión de datos.

Esquemas de Remuneración: Esquemas que permitan a los DSO recuperar de manera anticipada las inversiones en la transición energética. Los esquemas de remuneración deben ser transparentes, justos y capaces de adaptarse a los cambios en el mercado y la tecnología.

Regulación para Nuevos Servicios: Regulaciones que faciliten la provisión de nuevos servicios asociados a la transición energética, como la recarga de vehículos y la agregación de demanda.

Protección de Datos: Regulaciones claras sobre el uso de datos y la protección de la privacidad, de manera que beneficie tan-

to a los consumidores como al sistema en general, garantizando al mismo tiempo la protección contra el uso indebido de la información.

Simplificación de Procedimientos: Reducir la burocracia y los tiempos para la aprobación de proyectos para atraer inversiones y acelerar el desarrollo de la infraestructura necesaria.

Involucrar a las Comunidades Locales: Desarrollar programas de capacitación dirigidos a las comunidades para explicar los beneficios de la transición y cómo pueden participar en el proceso. Esto es especialmente importante en áreas rurales donde la normalización y universalización del acceso a la energía pueden transformar significativamente las condiciones de vida.

Estructuras Tarifarias Eficientes: Diseñar estructuras tarifarias que no solo cubran los costos de inversión, sino que también incentiven a los consumidores a adoptar prácticas energéticas más eficientes y a participar activamente en la transición energética.

Promover Estudios Piloto, que permitan probar y ajustar nuevas tecnologías, modelos de negocio y estrategias regulatorias. Estos pueden incluir la implementación de sandbox regulatorios, que permiten una experimentación segura y regulada antes de la implementación a gran escala.

La transición energética en América Latina es un reto ambicioso, pero también una oportunidad única para construir un futuro más sostenible, equitativo y próspero. Las inversiones en la modernización del sistema eléctrico son el pilar fundamental de esta transformación, y sus beneficios se extienden mucho más allá del sector energético, impactando positivamente en la economía, la sociedad y el medio ambiente. El éxito de la transición energética en la región dependerá de la capacidad de los países para superar las barreras y comprometerse plenamente con la transformación de sus sistemas eléctricos. Las decisiones que se tomen en los próximos años serán fundamentales para definir el camino hacia un futuro energético más sostenible, resiliente y justo para todos.

