



Sumamos energía,  
sumamos pasión

# Sexto Foro XM

Nos une **la energía**

**de los Colombianos**

---

María Nohemi Arboleda Arango  
9 de mayo de 2024



En XM trabajamos con **306 agentes del mercado de energía mayorista**, el Estado, la institucionalidad sectorial, los gremios y la academia para que más de **17 millones** de familias colombianas tengan la mejor energía.

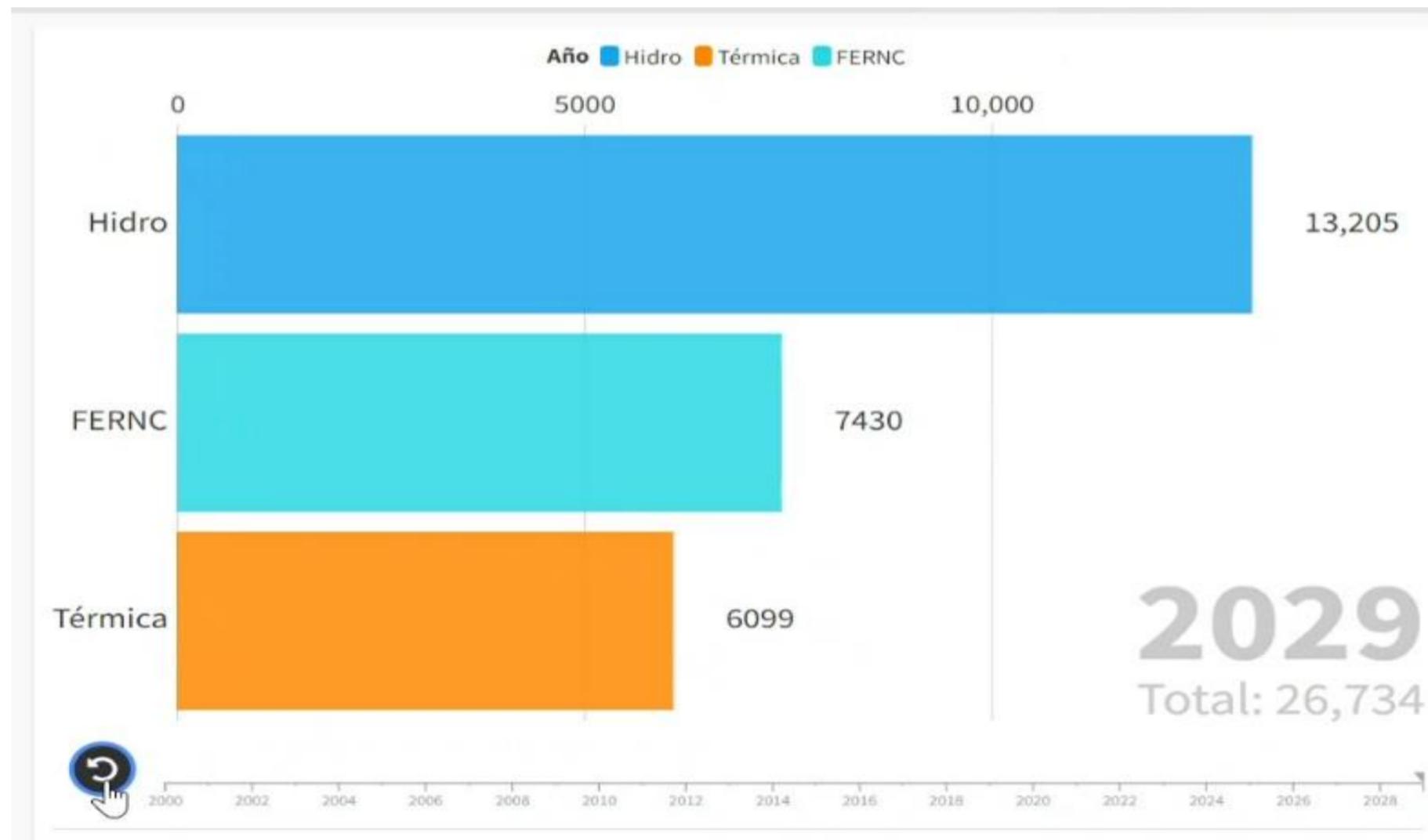


Tenemos 20.2 GW de capacidad efectiva neta para atender una demanda de energía máxima de 11.7 GW \*

\*Pico de demanda presentado el 18 de marzo de 2024\*

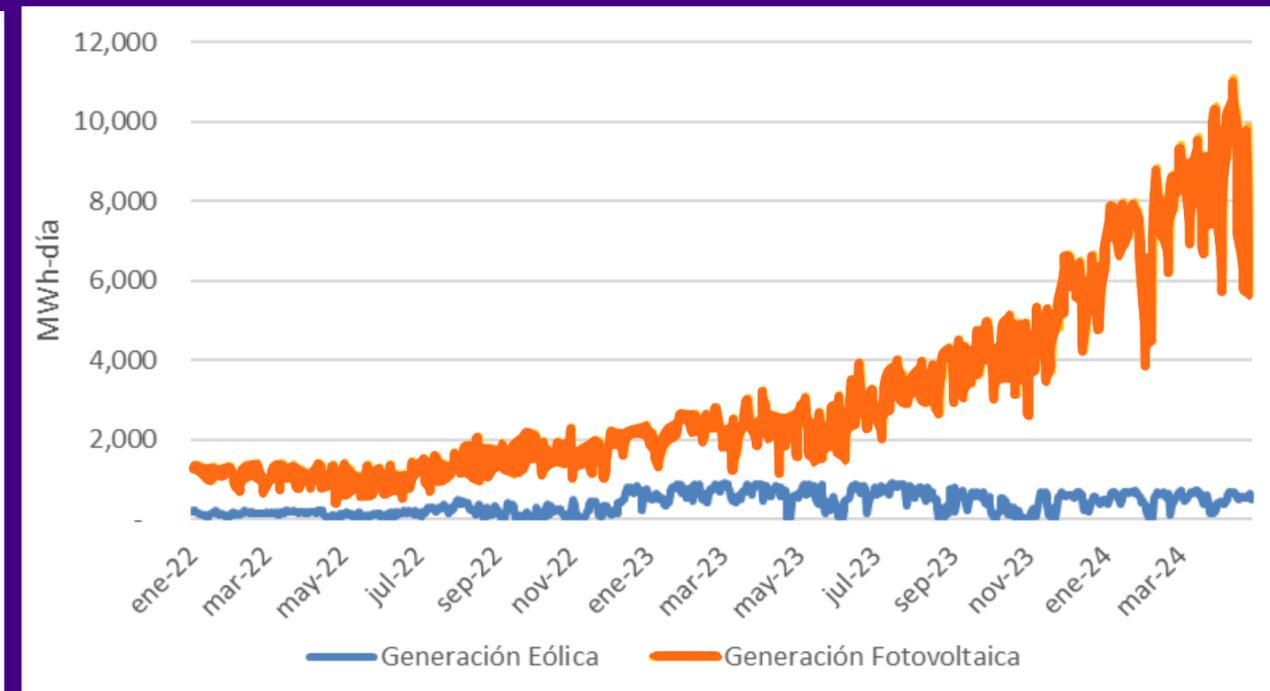
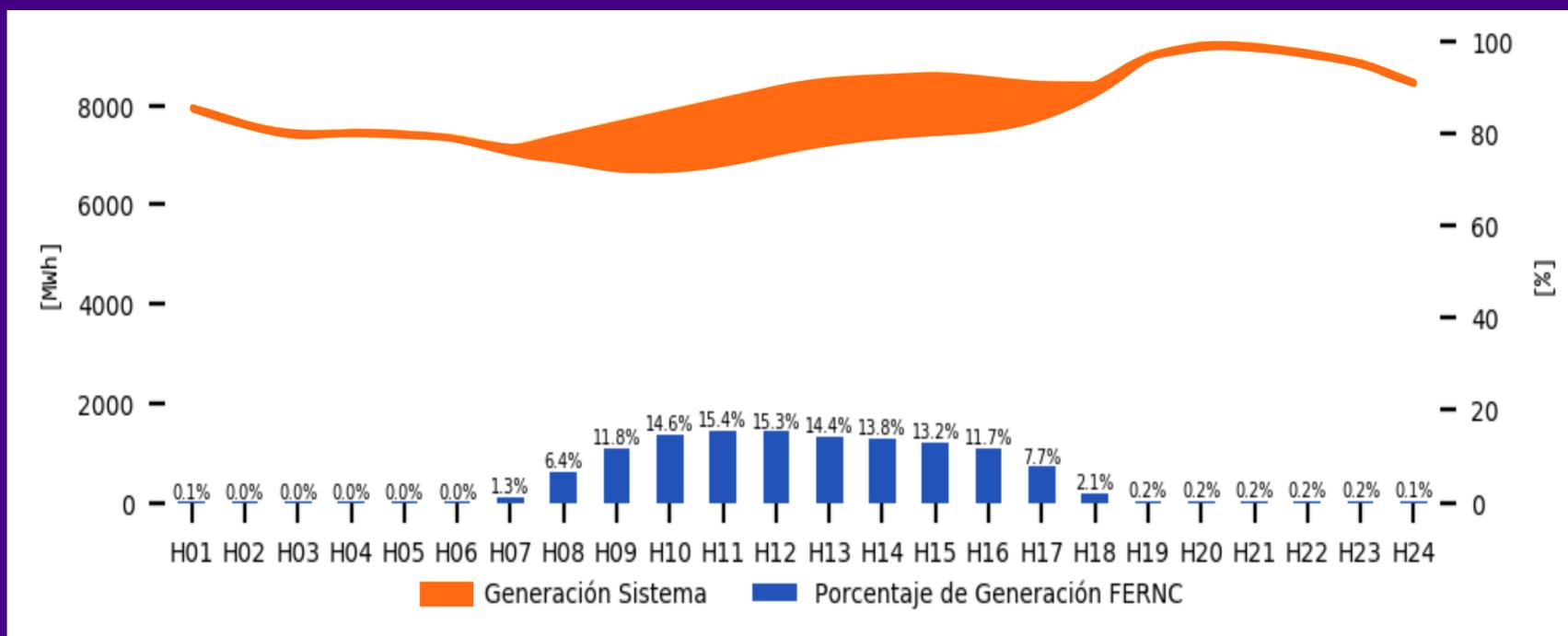
# Tenemos un sistema eléctrico diversificado y en constante evolución

## Capacidad Efectiva Neta (MW)



\*Incluye las plantas con asignaciones de OEF en la subasta 2027-2028

# Actualmente en la matriz energética colombiana se cuenta con 1,8 GW\* de fuentes solar y eólica



El 29 de marzo se presentó la mayor generación horaria de las plantas solares y eólicas, con aportes de un 15.4% respecto a la generación total.

El 13 de abril las plantas solares y eólicas aportaron 11.8 GWh de generación al SIN, lo que corresponde a un 5% de la generación diaria.

\* Considera proyectos en operación comercial y pruebas

Hemos enfrentado **5**  
fenómenos de El Niño en  
los últimos **27 años**

La variabilidad climática  
es una realidad que nos  
enfrenta a nuevos retos



## Temáticas del Sexto Foro XM

**1** Barreras para la incorporación de nuevas tecnologías

**2** Modelos energéticos en sistemas con alta integración de FERNC

**3** Estrategias de generación de energía eléctrica

**4** Comunidades energéticas

**5** Seguridad en los sistemas

**6** Ciberseguridad e inteligencia artificial

**7** Mercados de corto plazo

**8** Estudio de flexibilidad

**9** Presencia de las instituciones del sector

# Barreras para la incorporación de nuevas tecnologías

# Barreras para la integración de nuevas tecnologías para la operación de sistemas eléctricos



## Operativas

- Interoperabilidad
- Adaptabilidad a cambios en la demanda
- Renovar y adaptar infraestructura existente



## Tecnológicas

- Compatibilidad con sistemas existentes
- Escalabilidad
- Confiabilidad
- Avance en software y hardware



## Regulatorias

- Normativas
- Actualización y creación nueva normativa



## Económicas y financieras

- Costos iniciales
- Incertidumbre sobre retornos de inversión
- Incentivos financieros

# Aprendamos de las barreras que se han superado para la integración de nuevas tecnologías a nivel mundial

## Reino Unido

Capacidad variable de las fuentes, presentan desafíos para oferta y demanda (picos de demanda). Caso Análisis Reino Unido, donde el expositor, Julian Leslie, ha contribuido en desafíos sobre operación de sistemas.

## Europa

Incorporación de modelos estocásticos para cuantificar impactos en red. Permite entender riesgos de planes de desarrollo.

## Alemania

Implementación de medidores inteligentes y expansión de tarifas dinámicas.

## China

Problemas para equilibrar oferta y demanda. Ha requerido combinación de generación flexible, interconexiones y capacidad de almacenamiento.

## Africa

Falta de infraestructura adecuada y marcos regulatorios inadecuados.

# Modelos energéticos en sistemas con alta integración de FERNC

**Los modelos de energía son esenciales para optimizar la operación del sistema eléctrico, asegurando eficiencia, sostenibilidad y confiabilidad en el suministro de energía.**

Es crucial explorar los distintos tipos de modelos energéticos, sus aplicaciones prácticas y los desafíos asociados, para avanzar hacia una gestión energética más eficiente y sostenible.

## Modelos energéticos usados

- Planificación de expansión
- Pronósticos de demanda
- Evaluación de impacto ambiental

## Aplicaciones específicas

- Transición energética
- Interconexiones regionales

## Desafíos

- Variabilidad climática
- Políticas energéticas

# Las tendencias actuales en modelos energéticos permiten implementar soluciones avanzadas para enfrentar los desafíos del Sistema.



Aplicación de tecnologías como el big data y aprendizaje automático.



Desafíos en sistemas energéticos con alta integración de fuentes renovables y recursos energéticos distribuidos.



Técnicas de modelado con énfasis en la gestión de escenarios de incertidumbre y cambio.



Gestión de la demanda aplicando modelos de optimización.



Impactos del cambio climático y los desafíos que esto plantea para la planeación y operación del Sistema.

**Ante un panorama energético en constante evolución, es vital enfrentar los desafíos actuales con nuevas herramientas y modelos energéticos:**

**1**

Complejidad e interoperabilidad.

**2**

Administración del riesgo e incertidumbre.

**3**

Ciberseguridad.

**4**

Integración de renovables y nuevas tecnologías.

**5**

Regulación y política.

**6**

Recursos energéticos distribuidos, entre otros.

# Estrategias de generación de energía eléctrica

# Estrategias de generación de energía eléctrica a partir de biomasa y calores residuales



Las plantas de biomasa más grandes alcanzan los 75 MW mientras que las plantas de generación a partir de combustibles fósiles superan los 1.000 MW.

## Atributos de la generación con biomasa

**Reducción** de emisiones del GEI

Posibilidad de **disminuir** importaciones

Genera **independencia** energética

**Ampliación** de matriz eléctrica

Generación **local y propia**

**Aprovechamiento** de residuos o subproductos.

## Desafíos

**Costos logísticos** asociados con su recolección, almacenamiento y transporte

**Desarrollo de tecnologías** de densificación para reducción de costos

**Implementación de políticas** que fomenten el uso de biomasa, como otra fuente para generación de energía.



# Datos a nivel local y global en generación con biomasa

Gobiernos han establecido metas de participación de las fuentes renovables en el consumo de energía eléctrica para los próximos años.

## Estados Unidos: California

Pionero en temas de Energía Renovable, cuenta con una gran cantidad de programas específicos que estimulan el desarrollo de las ER.

## Finlandia

Estrategia Nacional Energética y Climática, se fijó la meta de sustitución de energía fósil por renovable. Objetivos de generación eléctrica de fuentes renovables.

## Potencialidad local

En **Colombia**, se genera un flujo constante de biomasa que podría aprovecharse para la producción de energía, gracias a los cultivos a gran escala y las múltiples temporadas de cosecha de diferentes cultivos a lo largo del año.

Gasificación de todas las biomásas disponibles, podría suministrar **3,69-4,24 %** de la **demanda total de energía del país**. \*Fuente Fedepalma

Colombia cuenta con **11 MW** de Potencia instalada con biomasa y fue asignado un proyecto de **5 MW** con OEF a partir del 2027

## Alemania

Política de fomento a las energías renovables, esencialmente a partir de pagos compensatorios para los proyectos por 20 años. Estableció metas y prioridad de acceso a la red para la producción de energía eléctrica solar, eólica y de biomasa.

# Comunidades energéticas



Las **comunidades energéticas** son una realidad, ponen al usuario en el centro, y están transformando el panorama energético global, impulsando la transición hacia un futuro más verde.



### Beneficios comunidades energéticas

- ✓ Energía renovable
- ✓ Participación local
- ✓ Beneficios locales y fuerza laboral
- ✓ Confiabilidad y seguridad

#### América del Norte

En Brooklyn, Nueva York, existe una comunidad energética donde los participantes pueden comprar y vender energía renovable a través de una aplicación.

#### América Latina

En Brasil hay más de 20 comunidades energéticas registradas, y en países como Colombia y Chile están surgiendo nuevas iniciativas.

#### Europa

Europa: En Alemania, hay más de 1.750 comunidades energéticas, mientras que en Dinamarca y los Países Bajos hay alrededor de 700 y 500 respectivamente.

**Meta Colombia: 20,000 comunidades energéticas, de las cuales se tienen postuladas 18,436\***

#### España

Hay más de 400 comunidades energéticas, la potencia instalada supera los 80 MW y se estima que más de 120 mil personas participan activamente en comunidades.

\*<https://www.minenergia.gov.co/es/comunidades-energeticas/>

Conoceremos el caso de las comunidades energéticas en España, donde la colaboración y la innovación están abriendo el camino hacia un futuro energético sostenible que nos enfrenta a diferentes retos y desafíos:



# Seguridad de los sistemas



# Aprendamos de experiencias de seguridad en los sistemas de potencia

## **EOR (Panamá, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Honduras y Guatemala)**

El EOR lleva a cabo sus funciones y el cumplimiento de sus responsabilidades en coordinación con los operadores de sistema y de mercado nacionales, de cada país miembro del Sistema Eléctrico de América Central.

**Colombia - Ecuador**

**Paraguay y Brasil**

**Paraguay y Argentina**

**Brasil y Argentina**

**Uruguay y Argentina**



# Ciberseguridad e inteligencia artificial

Ante la creciente ola de ciberataques y amenazas a la infraestructura crítica, la vigilancia y la protección de nuestros sistemas de potencia son más cruciales que nunca.

## Eventos de ciberseguridad

**2022:**

Según CISA, se registraron 164 incidentes cibernéticos importantes que afectaron la infraestructura crítica en el país, incluyendo 32 dirigidos al sector energético.

**Diciembre de 2022, Costa Rica:**

Un ciberataque a la empresa estatal de energía causó apagones que afectaron a más de la mitad del país.

**Enero de 2023, Alemania:**

Un ciberataque a una subestación, provocó un corte temporal de energía para aproximadamente 10.000 personas.

**Febrero de 2023, Estados Unidos:**

Un ciberataque a los sistemas de TI de una estación nuclear, obligó a la planta a cerrar temporalmente uno de sus reactores.

**En Colombia,**

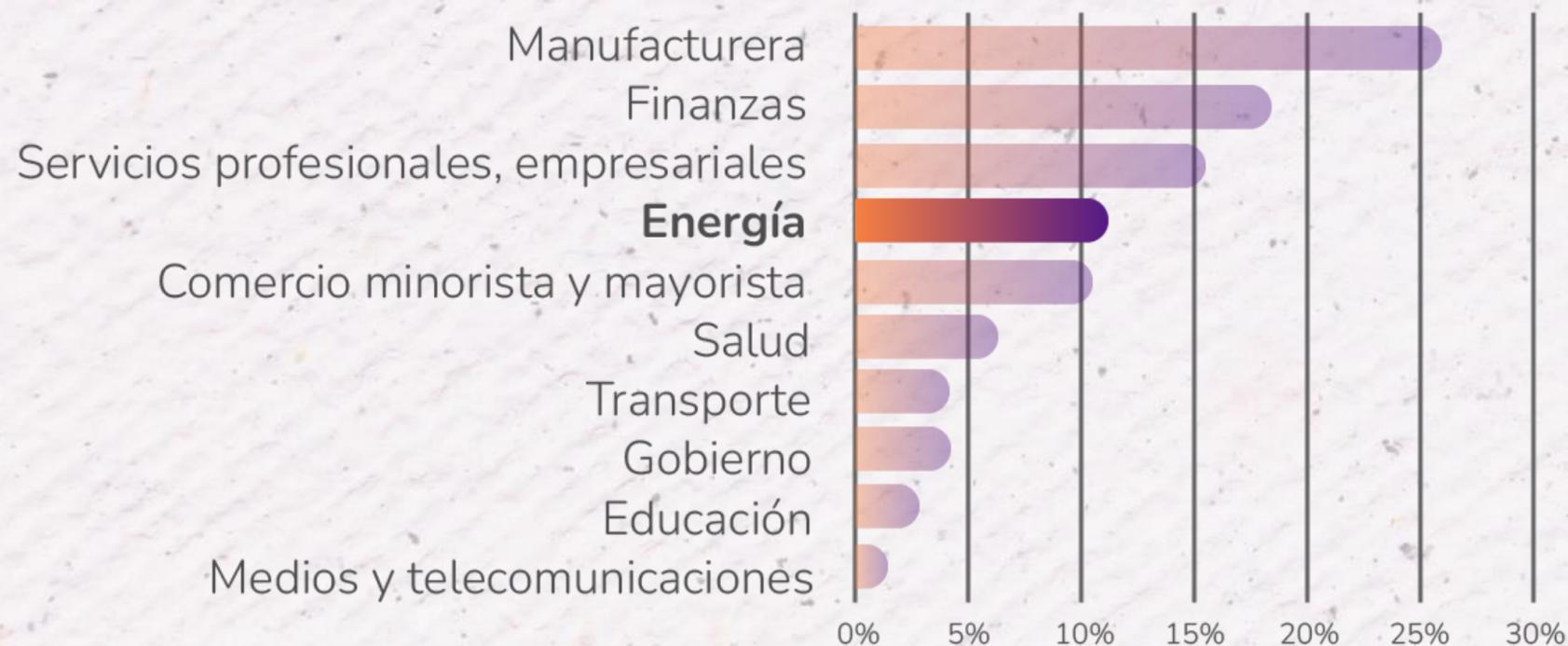
los ataques cibernéticos representan un riesgo serio para la continuidad del servicio de energía eléctrica. Ya hemos sufrido estos incidentes, y es esencial el compromiso de todos para proteger nuestra infraestructura crítica.

La Agencia Internacional de Energía (AIE) estima que los ciberataques al sector energético global tienen un costo promedio anual de \$76 mil millones de dólares.

La inteligencia artificial potencia la ciberseguridad, aprendiendo de ataques pasados para anticipar y neutralizar amenazas futuras.



### Ciberataques en el mundo



Origen: IBM

El sector de energía es la **cuarta industria** más atacada por los ciberdelincuentes

En XM, la operación del SOC ha permitido analizar y contener una gran cantidad de vulnerabilidades, que hasta el momento nos ha permitido tener **Cero incidentes de seguridad.**

**Más de 9 mil casos gestionados**

**Explorando los desafíos de ciberseguridad en la era de la inteligencia artificial: un campo en constante evolución que requiere innovación y vigilancia permanente**

1

Cultura

2

Mejora del monitoreo en tiempo real de sistemas

3

Segmentación adecuada de TI y OT

4

Cooperación

5

Respuesta rápida y efectiva

**Lograr una gestión más activa de riesgos es un compromiso de todos.**

# Mercados de corto plazo

# Explorar las similitudes entre diferentes mercados de energía nos ayuda a entender las dinámicas globales y a optimizar estrategias locales

## Mercados de energía rumbo hacia la transición energética

Mercados complejos y dinámicos en busca de la confiabilidad y seguridad por medio de la integración de nuevas fuentes de energías renovables



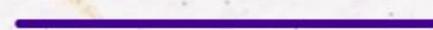
Estructuración de mercados eléctricos cada vez más liberalizados y competitivos.



Abundante potencial de energía renovable, aunque su integración presenta desafíos comunes.



Compromiso y búsqueda de un marco regulatorio con políticas públicas para impulsar la transición energética.



# Mercado de corto plazo

## Aspectos de diseño

- Competencia.
- Nuevos participantes/tecnologías.
- Formación eficiente de precios.
- Participación activa de la demanda.
- Incorporación de renovables & DER a gran escala.
- Incremento de la granularidad.
- Cantidades vinculantes del mercado del día anterior, mercado intradiario/tiempo real.
- Flexibilidad del sistema - servicios complementarios.
- Monitoreo ex ante de poder de mercado.

**Modelo de oferta USA - Europa:**  
Mercado día anterior.  
Mercado tiempo real / intradiario – continuo.  
Servicios complementarios / balance.

**LATAM:**  
Chile y Brasil: en análisis cambio de modelo de costos a ofertas.

**A medida que se incorporan más renovables y se tienen usuarios más activos, se ve una tendencia a la descentralización en los mercados.**

Navegar por los retos y desafíos de los mercados de electricidad es crucial para desarrollar estrategias que promuevan estabilidad y accesibilidad energética.



**Fortalecimiento de redes eléctricas** para integrar matrices energéticas diversificadas con fuentes renovables de energía



**El impacto de las fuentes renovables** sobre la estabilidad técnica, operativa y comercial del sistema



**Necesidad de mecanismos financieros innovadores** y marcos regulatorios para financiar y agilizar proyectos de energía renovable



**Implementar políticas y programas para garantizar la transición inclusiva, ordenada y centrada** de comunidades que dependen de la industria fósil.



Almacenamiento de energía y otros mecanismos para **compensar las intermitencias de la red y garantizar el suministro de energía.**



Acuerdos de **intercambios internacionales.**



# Estudio de flexibilidad



# Aspectos clave para la transición

Materializar la definición y puesta en operación oportuna de planes de expansión de generación y transmisión.

Por la relevancia de este tema tendremos el conversatorio “Futuro de la infraestructura: una mirada centrada al usuario”



# Presencia de las instituciones del sector

# Instituciones



**Energía**

**CREG**

Comisión de Regulación  
de Energía y Gas



**Superservicios**  
Superintendencia de Servicios  
Públicos Domiciliarios



**UPME**

Unidad de Planeación Minero Energética

**Comprender nuestro Sistema y sus desafíos, así como analizar casos de otros países, es esencial para tomar decisiones estratégicas y fundamentadas de cara a la transición energética que estamos viviendo.**