



WORLD
METEOROLOGICAL
ORGANIZATION



— ENANDES —



ADAPTATION FUND

ENANDES Project: Enhancing Adaptive Capacity of Andean Communities through Climate Services (ENANDES) (Chile, Colombia, Peru)

Task: Assessing energy gaps and needs in WMO RA III and RA IV - Draft document outlining long-term gaps and needs in energy services in Central and South America, aligned with WMO energy high-level documents and including strategic objectives for filling the gaps (WMO Ref. 6433594-2025/GS)

Deliverable: Regional Plan for Weather, Water and Climate Services in the Energy Sector in Central and South America (2026–2035): A Framework to Address Gaps, Needs, and Priorities

History of draft preparation and review

V1.0 Hamid Bastani (OMM)	15/01/2026
V2.0 Draft shared for technical review and comments with: Juan Crespo (DMC, Chile), Giovanna Egas Tapia (SENAMHI, Perú), Silvina Righetti (SMN, Argentina), Camila Vasquez (Ministerio de Energía, Chile), Luz Graciela de Calzadilla (IMHAP, Panamá), Pier Maquilón (CIIFEN), Marjorie Cataldo (DMC, Chile), Rodrigo Cáceres González (Universidad Diego Portales, Chile), Cristian Montesinos (SENAMHI, Perú), Cristina Valdivieso (INAMHI, Ecuador), Israel Borrajero (INSMET, Cuba); Berny Fallas López (ICE, Costa Rica); Santiago Vera (ITAIPU, Paraguay) y José Sánchez (ITAIPU, Paraguay); Violeta Gonzalez (SMHN Paraguay), Cintia Espinola (SMHN, Paraguay), Agustín Laguarda (Universidad de la República, Uruguay)	22/01/2026
V3.0 Hamid Bastani (OMM)	15/05/2026

Plan Regional de Servicios Meteorológicos, Hidrológicos y Climáticos para el Sector Energético en Centro y Sudamérica (2026–2035): Un Marco para Abordar Brechas, Necesidades y Prioridades

Autor: Hamid Bastani (Consultor de la OMM)

Contribuyentes: Juan Crespo (DMC, Chile), Giovanna Egas Tapia (SENAMHI, Perú), Silvina Righetti (SMN, Argentina), Camila Vásquez (Ministerio de Energía, Chile), Luz Graciela de Calzadilla (IMHAP, Panamá), Pier Maquilón (CIIFEN), Marjorie Cataldo (DMC, Chile), Rodrigo Cáceres González (Universidad Diego Portales, Chile), Cristian Montesinos (SENAMHI, Perú), Cristina Valdivieso (INAMHI, Ecuador), Israel Borrajero (INSMET, Cuba), Berny Fallas López (ICE, Costa Rica), Santiago Vera (ITAIPU, Paraguay), José Sánchez (ITAIPU, Paraguay), Violeta González (SMHN, Paraguay), Cintia Espínola (SMHN, Paraguay), Agustín Laguarda (Universidad de la República, Uruguay) y Raúl Polato (OMM RAM).

Nota: Este Plan Regional fue elaborado en el marco del proyecto ENANDES, financiado por el Fondo de Adaptación y coordinado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) a través de su Oficina Regional para las Américas (RAM). El Plan se basa en las brechas, necesidades y prioridades identificadas a nivel regional y nacional durante el Taller Regional de la OMM sobre servicios climáticos para el sector energético, celebrado en Asunción, Paraguay, del 24 al 28 de noviembre de 2025, con el apoyo del proyecto ENANDES. Las necesidades y prioridades identificadas por más de 20 expertos de 10 países y organizaciones regionales fueron traducidas en este Plan Regional, que puede servir como marco estratégico y técnico regional para apoyar una implementación coordinada bajo las Asociaciones Regionales III y IV de la OMM.

Resumen ejecutivo

La variabilidad climática y el cambio climático están afectando cada vez más a los sistemas energéticos en Centro y Sudamérica, con crecientes implicaciones para la generación de energía renovable, la disponibilidad hidroeléctrica, la resiliencia de la infraestructura, la confiabilidad operativa, la seguridad energética y la planificación de inversiones a largo plazo (informes OMM-IRENA 2024¹ y 2025²). Al mismo tiempo, la acelerada transición hacia sistemas energéticos bajos en carbono y resilientes al clima está incrementando la demanda de servicios meteorológicos, hidrológicos y climáticos confiables, operacionales y para apoyar decisiones a lo largo de toda la cadena de valor del sector energético. En este contexto, los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) enfrentan una creciente necesidad de fortalecer servicios y productos climáticos orientados a la planificación, operación y gestión de riesgos en el sector energético.

Este Plan Regional de Servicios Meteorológicos, Hidrológicos y Climáticos para el Sector Energético en Centro y Sudamérica (2026–2035), desarrollado en el marco del proyecto ENANDES³ (“Fortalecimiento de la capacidad adaptativa de las comunidades andinas mediante servicios climáticos”), financiado por el Fondo de Adaptación y coordinado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), proporciona un marco regional integral y una hoja de ruta de implementación a largo plazo para abordar brechas estratégicas, necesidades operacionales y prioridades de los Miembros relacionadas con los servicios climáticos para el sector energético en la región. El Plan promueve un enfoque integrado y de extremo a extremo para abordar las necesidades regionales vinculadas con la gobernanza, la infraestructura observacional y digital, la innovación científica, los servicios climáticos especializados, la participación de actores clave, el financiamiento y el desarrollo sostenible de capacidades, con el objetivo de apoyar transiciones energéticas resilientes al clima en toda la región.

El Plan se basa en el Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC)⁴ de la OMM y está alineado con el Plan Estratégico de la OMM 2024–2027, los marcos técnicos pertinentes de la Comisión de Servicios y Aplicaciones Meteorológicos, Climáticos, Hidrológicos, Marinos y Ambientales Relacionados (SERCOM), así como con las prioridades estratégicas de las Asociaciones Regionales III (Sudamérica) y IV (Norteamérica, Centroamérica y el Caribe) de la OMM. Asimismo, contribuye a agendas internacionales más amplias relacionadas con la mitigación y adaptación al cambio climático.

Con base en las brechas, necesidades, prioridades y oportunidades identificadas a nivel nacional y regional en Centro y Sudamérica, el Plan propone un conjunto estructurado de actividades organizadas en torno a cuatro ejes interconectados:

1. Gobernanza, políticas y financiamiento;
2. Datos, infraestructura y sistemas digitales;
3. Ciencia, innovación y desarrollo de servicios;
4. Desarrollo de capacidades y capital humano.

Las actividades propuestas responden directamente a las brechas y necesidades identificadas a nivel nacional y regional, y siguen un enfoque de implementación progresivo y por fases durante el período 2026–2035. La primera fase se centra en establecer las condiciones habilitadoras para la

¹ WMO-IRENA, 2023 Year in Review: Climate-driven Global Renewable Energy Resources and Energy Demand (2025), <https://library.wmo.int/idurl/4/69236>

² WMO-IRENA, 2024 Year in Review: Climate-driven Global Renewable Energy Resources and Energy Demand (2026), <https://library.wmo.int/idurl/4/69760>

³ <https://wmo.int/activities/projects/project-portfolio/enandes-building-regional-adaptive-capacity-and-resilience-climate-variability-and-change-vulnerable>

⁴ <https://gfc.s.wmo.int/site/global-framework-climate-services-gfcs>

implementación mediante una contextualización detallada de las brechas y prioridades identificadas a nivel nacional y regional, el mapeo de actores y evaluaciones institucionales a nivel nacional. La segunda fase se enfoca en fortalecer las estructuras institucionales y operacionales, incluidos los mecanismos de gobernanza, marcos de interoperabilidad, metodologías estandarizadas, procedimientos operacionales, cooperación regional y marcos de capacitación. La tercera fase se orienta a la integración operacional sistemática y al escalamiento de los servicios climáticos en toda la región, incluyendo la movilización de financiamiento y alianzas, la institucionalización y el aprovechamiento pleno del potencial regional de los servicios climáticos para apoyar sistemas energéticos resilientes al clima.

El Plan reconoce las condiciones institucionales, técnicas, climáticas y operacionales altamente heterogéneas existentes en Centro y Sudamérica. Mientras algunos países ya han desarrollado y operacionalizado diversos servicios climáticos para el sector energético, otros continúan enfrentando importantes limitaciones asociadas a distintos factores. En este contexto, el Plan promueve un enfoque flexible y cooperativo coordinado a nivel regional, que permita a los países desarrollar y proporcionar progresivamente servicios climáticos para los actores nacionales del sector energético, considerando diferentes niveles de madurez operativa y ritmos de implementación, al tiempo que fortalece la interoperabilidad, la cooperación regional, el intercambio técnico y el apoyo mutuo entre países e instituciones de la región.

Varias actividades implementadas en el marco del proyecto ENANDES ya proporcionan importantes bases técnicas y operacionales para la implementación de este Plan. Entre ellas se incluyen atlas regionales de energías renovables de alta resolución basados en proyecciones climáticas y metodologías apoyadas en inteligencia artificial, servicios piloto para el pronóstico de energía eólica y solar, talleres regionales y seminarios virtuales de intercambio de conocimientos, programas de capacitación, iniciativas de aprendizaje entre pares entre países e instituciones de la región, así como el desarrollo de conceptos y repositorios regionales para un Climate Services Toolkit (CST).

Se espera que la implementación del Plan fortalezca la resiliencia, sostenibilidad y gestión climáticamente informada de los sistemas energéticos en toda la región. Entre los impactos esperados se incluyen la mejora de la precisión de los pronósticos, una mayor integración de energías renovables, la planificación e inversión energética basadas en información climática, el fortalecimiento de la resiliencia operacional de la infraestructura energética mediante servicios y gestión del riesgo climático, una mejor coordinación institucional y el desarrollo sostenido de capacidades técnicas y operacionales. El Plan también contribuye al desarrollo de sistemas energéticos más resilientes, adaptativos, eficientes y sostenibles, capaces de responder a la creciente variabilidad climática, los eventos extremos y el cambio climático a largo plazo.

La implementación exitosa del Plan requerirá una sólida coordinación regional, un compromiso institucional sostenido a nivel nacional y mecanismos de financiamiento y alianzas de largo plazo que involucren a los SMHN, ministerios de energía, academia y sector privado, así como organizaciones regionales climáticas y energéticas, incluidos los Centros Climáticos Regionales (CCR). El Plan también reconoce el papel central de los países como proveedores y beneficiarios de conocimiento técnico, experiencia operacional y soluciones de servicios climáticos, promoviendo la colaboración entre pares, el intercambio regional de conocimientos y el apoyo mutuo entre instituciones dentro de un marco regional coordinado. A través de este enfoque regional cooperativo, el Plan proporciona una base estratégica para fortalecer sistemas energéticos basados en información climática y avanzar en el desarrollo operacional de servicios meteorológicos, hidrológicos y climáticos para el sector energético en Centro y Sudamérica durante la próxima década.

Contendio

Resumen ejecutivo	2
1. Introducción	5
2. Matriz de Respuesta y Trayectoria de Cambio	6
3. Descripción Detallada de las Actividades	10
Eje 1: Gobernanza, Políticas y Financiamiento	10
Eje 2: Datos, Infraestructura y Sistemas Digitales	11
Eje 3: Ciencia, Innovación y Desarrollo de Servicios	12
Eje 4: Desarrollo de Capacidades y Capital Humano	14
4. Plan Regional Propuesto para la Implementación	14
5. Contribución de las Actividades de ENANDES al Plan	17
6. Alineación con Iniciativas Regionales y Globales de la OMM	19
6.1. Plan Estratégico de la OMM y Prioridades de SERCOM	19
6.2. MMSC y Marcos Regionales para los Servicios Climáticos (RFCS)	19
6.3. Prioridades Estratégicas de las Asociaciones Regionales III y IV	19
7. Impactos Esperados y Consideraciones para la Implementación	22
7.1. Contexto Regional Climático y Energético	22
7.2. Consideraciones de Inversión y Financiamiento	23
7.3. Potenciales Iniciativas Regionales Emblemáticas	24
8. Marco de Monitoreo, Evaluación y Aprendizaje (MEL)	26
9. Coordinación Regional y Participación Institucional	28
Anexo 1: Resultados de la Consulta Regional de Expertos durante el Taller de Servicios Energéticos de la OMM bajo el proyecto ENANDES (Asunción, Paraguay, noviembre de 2025)	30

1. Introducción

El desarrollo de servicios meteorológicos, hidrológicos y climáticos para el sector energético en Centro y Sudamérica ha evolucionado significativamente en los últimos años, impulsado por el aumento del despliegue de energías renovables, el incremento de los riesgos relacionados con el clima, los avances en tecnologías de pronóstico y sistemas digitales, y la creciente demanda por parte de los actores del sector energético de información climática más avanzada y orientada a la toma de decisiones. Sin embargo, los servicios climáticos para el sector energético en la región continúan siendo altamente heterogéneos. Persisten importantes diferencias entre los países en términos de capacidades institucionales, madurez operativa, infraestructura observacional, interoperabilidad, capacidades técnicas y disponibilidad de financiamiento. En muchos casos, las actividades han evolucionado mediante proyectos aislados, iniciativas de corto plazo o intervenciones específicas de determinados sectores, sin mecanismos suficientemente integrados de coordinación regional dentro de un marco sostenible y comprehensivo.

Al mismo tiempo, los sistemas energéticos de la región están cada vez más expuestos a la variabilidad climática, los eventos extremos y el cambio climático a largo plazo. Los sistemas hidroeléctricos se ven afectados por cambios en los regímenes hidrológicos y condiciones de sequía; los sistemas de energía eólica y solar requieren herramientas de pronóstico e integración operativa cada vez más sofisticadas; y los sistemas eléctricos interconectados son cada vez más sensibles a interrupciones operativas y riesgos en cascada asociados al clima. Estos desafíos ocurren en paralelo con la rápida expansión de las energías renovables, el aumento de la electrificación, la digitalización de las operaciones energéticas y la creciente necesidad de planificación y resiliencia basadas en información climática en todo el sector energético.

En este contexto, el fortalecimiento de los servicios hidrometeorológicos y climáticos para el sector energético requiere avanzar más allá de actividades aisladas a nivel nacional hacia enfoques regionales más coordinados, interoperables, escalables y operacionales. El desarrollo sostenible y la operacionalización de estos servicios dependen no solo de las capacidades de pronóstico y las metodologías científicas, sino también de marcos habilitadores de gobernanza, coordinación institucional, infraestructura operativa, marcos de interoperabilidad, participación de actores clave, mecanismos de financiamiento y capacidades humanas e institucionales sostenibles a largo plazo. Dadas las interdependencias entre estos componentes, los enfoques regionales coordinados pueden acelerar la implementación, fortalecer la sostenibilidad operativa y optimizar el uso de la experiencia técnica, los recursos y las capacidades existentes en la región.

Al mismo tiempo, los países de Centro y Sudamérica cuentan con capacidades técnicas complementarias, experiencias operacionales, aplicaciones en energías renovables y fortalezas institucionales que ofrecen importantes oportunidades para la cooperación regional, el aprendizaje entre pares, el intercambio técnico y la replicación de metodologías y enfoques operacionales exitosos. Los mecanismos e iniciativas regionales existentes bajo el marco de programas y proyectos regionales de la OMM, como ENANDES⁵ y CREWS⁶ (“Climate Risk and Early Warning Systems”), así como las organizaciones regionales asociadas, proporcionan una base sólida para fortalecer la colaboración regional y avanzar progresivamente en el desarrollo de servicios climáticos para el sector energético en toda la región.

⁵ <https://www.adaptation-fund.org/project/chile-colombia-peru-enhancing-adaptive-capacity-andean-communities-climate-services-enandes/>

⁶ <https://crews-initiative.org/>

2. Matriz de Respuesta y Trayectoria de Cambio

La matriz presentada a continuación traduce las brechas, necesidades y condiciones habilitadoras identificadas en un marco estructurado de implementación que incluye un conjunto de actividades priorizadas para fortalecer los servicios meteorológicos, hidrológicos y climáticos para el sector energético en Centro y Sudamérica. La matriz está organizada en torno a cuatro ejes estratégicos interconectados que abarcan: (i) gobernanza, políticas y financiamiento; (ii) datos, infraestructura y sistemas digitales; (iii) ciencia, innovación y desarrollo de servicios; y (iv) desarrollo de capacidades y capital humano.

La estructura de la matriz sigue un enfoque basado en la teoría del cambio, estableciendo una progresión lógica desde las brechas, necesidades, prioridades y condiciones habilitadoras identificadas a nivel regional, traducidas en actividades de implementación por fases, hacia productos de mediano plazo, resultados de largo plazo e impactos finales desde las perspectivas tanto de los sistemas energéticos como de la resiliencia climática bajo cada eje estratégico. Este enfoque permite ilustrar cómo el fortalecimiento progresivo de los mecanismos de gobernanza y coordinación, los sistemas de datos, las capacidades científicas y operacionales, y las capacidades humanas e institucionales puede contribuir al desarrollo de sistemas energéticos más resilientes, eficientes, sostenibles y basados en información climática en toda la región.

Para apoyar una implementación práctica y progresiva en el tiempo, las actividades propuestas bajo cada eje estratégico se organizan además según un enfoque de implementación por fases. Las actividades se agrupan de manera general en:

- i. Acciones fundacionales orientadas a evaluaciones y diagnósticos detallados, mecanismos de coordinación y fortalecimiento institucional y técnico inicial durante los primeros dos años;
- ii. Acciones de estructuración de sistemas y consolidación institucional dirigidas al desarrollo de marcos de gobernanza, mecanismos de interoperabilidad, metodologías estandarizadas, infraestructura operativa y mecanismos regionales de coordinación en el mediano plazo; y
- iii. Acciones de escalamiento y despliegue operativo a gran escala basadas en iniciativas piloto, procesos de institucionalización y expansión operacional sostenida a largo plazo.

Esta secuencia gradual busca fortalecer progresivamente las condiciones habilitadoras a nivel regional y nacional, al tiempo que apoya la transición hacia ecosistemas de servicios climáticos más maduros, interoperables y operacionales en la región durante la próxima década. La priorización y secuenciación de las actividades propuestas reflejan, por tanto, tanto las realidades operacionales de los países de Centro y Sudamérica como la lógica de implementación necesaria para un desarrollo sistemático y sostenible de los servicios climáticos para el sector energético.

Esta lógica de implementación también está alineada con la arquitectura del Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC), donde las observaciones, los sistemas de datos, los mecanismos de gobernanza, las capacidades científicas, la infraestructura operacional, la participación de actores clave y el desarrollo de capacidades apoyan conjuntamente la co-producción y provisión de servicios climáticos adaptados a las necesidades de los usuarios. Dentro de este marco, la participación de usuarios — traducida en el contexto de este Plan como la participación activa de socios y actores nacionales, incluidos ministerios de energía, academia, empresas de servicios públicos, sector privado, organismos reguladores y organizaciones regionales — se considera un componente continuo y transversal en todas las fases de implementación, desde las evaluaciones de necesidades y los procesos de co-desarrollo hasta los mecanismos de retroalimentación operacional y los ciclos continuos de mejora de los servicios.

Tabla 1. Matriz de respuesta a las brechas y necesidades identificadas para los servicios climáticos en el sector energético en Centro y Sudamérica (2026–2035)

Eje	Objetivo	Actividades	Productos	Resultados	Impacto
Eje 1: Gobernanza, Políticas y Financiamiento	Establecer un marco regional coordinado de gobernanza y financiamiento que institucionalice los servicios climáticos dentro de las políticas, la planificación y los procesos de inversión del sector energético	• Realizar evaluaciones detalladas de los entornos de gobernanza, políticas y financiamiento; • Establecer mecanismos regionales de gobernanza, coordinación e implementación para el sector energético; • Apoyar el establecimiento de mecanismos nacionales de coordinación hidrometeorología-energía y de colaboración público-privada-académica; • Fortalecer la comunicación, el intercambio de conocimientos y la divulgación orientada a la toma de decisiones para responsables políticos y el sector de inversión; • Fortalecer la articulación con instituciones de financiamiento climático y el sector de inversión, y desarrollar carteras regionales de proyectos para servicios climáticos en energía; • Institucionalizar e integrar los servicios climáticos dentro de la gobernanza, planificación, regulación e inversión del sector energético	• Mecanismos regionales de gobernanza, coordinación e implementación para servicios climáticos en energía operacionalizados; • Mecanismos nacionales de coordinación hidrometeorología-energía y de colaboración público-privada-académica establecidos en los países de la región; • Productos de apoyo a la toma de decisiones, materiales de comunicación y actividades de divulgación desarrollados para responsables políticos, planificadores, reguladores, inversionistas y actores del sector energético; • Mecanismos regionales de financiamiento climático, carteras de inversión y conceptos de proyectos bancables para servicios climáticos en energía desarrollados	• Servicios climáticos institucionalizados dentro de los sistemas de gobernanza y planificación del sector energético; • Fortalecida la coordinación regional, el financiamiento y las alianzas para los servicios climáticos en energía; • Operacionalización y escalamiento sostenidos de los servicios climáticos para el sector energético	Sistemas energéticos resilientes, climáticamente informados y sosteniblemente gobernados, apoyados por una mayor coordinación regional, financiamiento e integración de políticas
Condiciones habilitadoras	Cooperación, coordinación y alianzas estratégicas regionales e internacionales; • Mecanismos de participación de actores clave, comunicación y apoyo a la toma de decisiones; • Mecanismos sostenibles de financiamiento, inversión climática y desarrollo regional de proyectos; • Compromiso institucional y apoyo político para integrar los servicios climáticos en el sector energético				
Eje 2: Datos, Infraestructura y Sistemas Digitales	Desarrollar redes observacionales, sistemas de datos e infraestructura digital interoperables, sostenibles y con aseguramiento de	• Evaluar la disponibilidad, accesibilidad, interoperabilidad y calidad de los datos para aplicaciones energéticas; • Evaluar las capacidades de la infraestructura observacional y de los sistemas de monitoreo para variables relevantes para la energía; • Establecer acuerdos regionales y nacionales de intercambio de datos y mecanismos de colaboración; • Desarrollar	• Acuerdos regionales y nacionales de intercambio de datos y mecanismos de interoperabilidad establecidos; • Formatos estandarizados de datos, protocolos de metadatos, procedimientos de aseguramiento de calidad y marcos operacionales de interoperabilidad desarrollados; •	• Ecosistema regional integrado e interoperable de datos hidrometeorológicos y energéticos operacional en toda la región; • Infraestructura	Sistemas de datos hidrometeorológicos y energéticos confiables, interoperables y operacionales que apoyan la planificación

Eje	Objetivo	Actividades	Productos	Resultados	Impacto
	calidad para apoyar servicios climáticos operacionales en el sector energético	formatos estandarizados de datos, protocolos de metadatos, procedimientos de aseguramiento de calidad y marcos de interoperabilidad para aplicaciones energéticas; • Fortalecer y modernizar los sistemas observacionales para aplicaciones solares, eólicas e hidroeléctricas; • Desarrollar infraestructura digital interoperable y escalable del Sistema de Información de Servicios Climáticos (CSIS) para el sector energético	Redes observacionales y sistemas de monitoreo fortalecidos para variables solares, eólicas, hidrológicas y climáticas; • Infraestructura digital interoperable y CSIS desarrollada para servicios climáticos en energía	observacional, de monitoreo y digital modernizada y sostenible; • Infraestructura operacional del CSIS institucionalizada en sistemas nacionales y regionales	climáticamente informada, el pronóstico y la integración resiliente de energías renovables
Condiciones habilitadoras	• Adopción de estándares y protocolos de infraestructura de datos de la OMM; • Modernización sectorial de redes observacionales e infraestructura digital operacional; • Acuerdos interinstitucionales y público–privados para el intercambio de datos y mecanismos regionales de coordinación; • Sistemas de datos hidrometeorológicos y energéticos abiertos, interoperables y con aseguramiento de calidad; • Uso de tecnologías emergentes y soluciones digitales (por ejemplo, computación en la nube, observación de la Tierra, teledetección, IoT y sistemas basados en IA); • Inversión sostenible y cooperación técnica para el desarrollo de infraestructura operacional de datos y sistemas digitales				
Eje 3: Ciencia, Innovación y Desarrollo de Servicios	Fortalecer el co-desarrollo y la operacionalización de servicios climáticos escalables, estandarizados y orientados a la toma de decisiones en todas las escalas temporales y a lo largo de toda la cadena de valor energética mediante ciencia, innovación y tecnología	• Monitorear la evolución de necesidades y brechas de los servicios energéticos; • Monitorear oportunidades científicas y tecnológicas emergentes para servicios energéticos; • Fortalecer mecanismos de transición de investigación a operaciones para servicios energéticos; • Impulsar el co-desarrollo sistemático y la operacionalización de servicios climáticos estandarizados y escalables a lo largo de todas las escalas temporales y la cadena de valor energética; • Establecer marcos regionales y repositorios sobre eventos extremos que afectan al sector energético; • Establecer marcos regionales y repositorios sobre beneficios socioeconómicos de los servicios energéticos; • Promover la integración de proyecciones climáticas y cartografía de recursos renovables en la	• Servicios climáticos y metodologías operacionales estandarizadas, escalables y de código abierto desarrollados a lo largo de la cadena de valor energética; • Mecanismos operacionales de innovación y transición de investigación a operaciones establecidos para servicios climáticos en energía; • Marcos regionales y repositorios sobre impactos climáticos, eventos extremos y beneficios socioeconómicos operacionalizados; • Proyecciones climáticas, información de riesgo climático y cartografía de recursos renovables integradas en enfoques de planificación energética; • Iniciativas	• Servicios hidrometeorológicos operacionales, escalables y orientados a la toma de decisiones integrados en la cadena de valor de los sistemas energéticos; • Fortalecida la resiliencia climática, la preparación y la toma de decisiones basada en riesgos en el sector energético; • Establecido un ecosistema regional	Mayor eficiencia operativa, precisión de pronósticos, seguridad energética, resiliencia e integración de energías renovables en sistemas interconectados y mercados eléctricos. Reducción de la vulnerabilidad frente a la variabilidad

Eje	Objetivo	Actividades	Productos	Resultados	Impacto
		planificación energética; • Desarrollar y operacionalizar sistemas de pronóstico basado en impactos y alerta temprana para seguridad y resiliencia energética; • Desarrollar servicios climáticos integrados para el nexo Agua–Energía–Alimentos–Ecosistemas (WEFE); • Desarrollar un Climate Services Toolkit (CST) regional para energía	piloto, sistemas de pronóstico basado en impactos y servicios climáticos operacionales desplegados y evaluados en la región	integrado para innovación, operacionalización, replicación y escalamiento de servicios climáticos en energía	climática y los eventos extremos
Condiciones habilitadoras	• Fortalecimiento de ecosistemas de investigación, innovación e intercambio de conocimientos; • Adopción de herramientas de código abierto, analítica avanzada y soluciones basadas en IA; • Colaboración público–privada–académica para el co-desarrollo y la operacionalización de servicios climáticos; • Proyectos piloto regionales, entornos demostrativos operacionales y plataformas escalables de innovación; • Mecanismos de validación técnica, aseguramiento de calidad y transición de investigación a operaciones para servicios energéticos estandarizados				
Eje 4: Desarrollo de Capacidades y Capital Humano	Fortalecer las capacidades humanas, institucionales y operacionales a largo plazo a lo largo de toda la cadena de valor de los servicios climáticos para el sector energético	• Evaluar capacidades e identificar competencias prioritarias para servicios energéticos; • Establecer un marco regional para el desarrollo de capacidades en servicios energéticos; • Desarrollar programas modulares de capacitación y certificación operacional para servicios energéticos; • Establecer comunidades regionales de práctica, mecanismos de aprendizaje entre pares y redes de expertos; • Institucionalizar sistemas regionales de capacitación, competencias y certificación a largo plazo; • Fortalecer mecanismos de retención de talento y desarrollo profesional sostenible	• Marcos regionales desarrollados para el desarrollo de capacidades y competencias operacionales; • Programas modulares de capacitación, competencias y certificación implementados; • Comunidades regionales de práctica, redes de expertos y plataformas de aprendizaje entre pares establecidas	• Fortalecidas las capacidades técnicas, operacionales e institucionales para servicios climáticos en energía; • Sistemas de capacitación, certificación y desarrollo profesional institucionalizados a largo plazo	Capacidades humanas, institucionales y operacionales sostenidas a nivel regional que apoyan sistemas energéticos resilientes, bajos en carbono y integrando información climática
Condiciones habilitadoras	• Alianzas estratégicas con universidades, centros de investigación e instituciones de formación; • Redes regionales de expertos, comunidades de práctica y mecanismos de cooperación Sur–Sur; • Financiamiento sostenible y apoyo institucional para el desarrollo de capacidades y la formación profesional; • Mecanismos continuos de aprendizaje operacional e intercambio técnico en toda la región				

3. Descripción Detallada de las Actividades

Eje 1: Gobernanza, Políticas y Financiamiento

Este eje tiene como objetivo fortalecer las bases de gobernanza, institucionales, normativas y financieras necesarias para el desarrollo sostenible y la operacionalización de los servicios climáticos para el sector energético. Se centra en la coordinación institucional, los entornos normativos habilitadores, los mecanismos de financiamiento, la participación de actores clave y la integración de largo plazo de los servicios climáticos a nivel nacional y regional.

Fase 1: Fundamentos (Corto plazo: Años 1–2)

1. **Realizar evaluaciones regionales y nacionales detalladas de los entornos de gobernanza, institucionales, normativos, regulatorios, operacionales y financieros para los servicios climáticos en el sector energético:** Fortalecer, a partir de las brechas y necesidades identificadas en este plan de acción, la comprensión de los roles y capacidades institucionales, los mecanismos de coordinación, los entornos normativos y regulatorios, las condiciones operacionales y los mecanismos de financiamiento que influyen en los servicios climáticos para el sector energético.
2. **Establecer mecanismos regionales de gobernanza y coordinación con términos de referencia e indicadores clave de desempeño definidos:** Desarrollar estructuras regionales de gobernanza, mecanismos de coordinación técnica, redes de expertos y marcos de monitoreo que actúen como el principal mecanismo de implementación y coordinación de este plan, apoyando la alineación regional de largo plazo, la colaboración, la rendición de cuentas y una implementación efectiva en toda la región.

Fase 2: Estructuración de Sistemas (Mediano plazo: Años 3–5)

3. **Establecer mecanismos nacionales de coordinación hidrometeorología–energía y promover mecanismos de colaboración público–privada–académica:** Apoyar a los países en el establecimiento de mecanismos nacionales de coordinación y colaboración entre los SMHN, ministerios de energía, instituciones públicas, academia, sector privado, instituciones de investigación y actores del sector energético para facilitar el diálogo, la colaboración institucional, el intercambio de datos y el co-desarrollo de servicios climáticos para el sector energético. Esto incluye promover marcos orientativos, intercambio regional de conocimientos, iniciativas piloto y plataformas de innovación para fomentar la investigación aplicada, la transferencia tecnológica, el despliegue operacional, el escalamiento de servicios y la sostenibilidad a largo plazo de las soluciones de servicios climáticos para el sector energético.
4. **Fortalecer las actividades de comunicación y divulgación orientadas a la toma de decisiones para responsables políticos y el sector de inversión:** Desarrollar campañas regionales de comunicación, actividades de intercambio de conocimientos y apoyar iniciativas nacionales de divulgación para traducir la información climática técnica en productos accesibles y orientados a la toma de decisiones para responsables políticos, planificadores, reguladores e inversionistas.

Fase 3: Integración y Escalamiento (Largo plazo: Años 5–10)

5. **Fortalecer la articulación con instituciones de financiamiento climático, mecanismos de inversión y carteras regionales de proyectos para servicios energéticos:** Fortalecer la colaboración con bancos de desarrollo, fondos climáticos, iniciativas regionales de financiamiento y socios privados de inversión para movilizar recursos destinados al escalamiento de los servicios climáticos, la modernización de infraestructura hidrometeorológica y energética y el desarrollo de capacidades. Esto podría realizarse mediante el desarrollo de una cartera regional de proyectos con justificaciones de inversión y

propuestas bancables alineadas con las necesidades y etapas de implementación identificadas en el Plan.

6. **Institucionalizar e integrar los servicios climáticos dentro de los sistemas de gobernanza, planificación, regulación e inversión del sector energético:** Impulsar la integración sostenible y el uso rutinario de los servicios meteorológicos, hidrológicos y climáticos dentro de los mandatos institucionales nacionales, los procesos de planificación energética, los marcos regulatorios, los sistemas operacionales y los mecanismos de inversión pública, garantizando que los servicios climáticos se conviertan en un componente permanente e integrado de la gobernanza, la planificación, la toma de decisiones operacionales y la resiliencia de largo plazo del sector energético en toda la región.

Eje 2: Datos, Infraestructura y Sistemas Digitales

Este eje se centra en fortalecer las bases observacionales, de datos, digitales y de interoperabilidad necesarias para servicios climáticos operacionales en el sector energético. Apoya la modernización de sistemas de monitoreo, el fortalecimiento de mecanismos de intercambio de datos, el desarrollo de infraestructuras digitales interoperables y el establecimiento de Sistemas de Información de Servicios Climáticos (CSIS) para energía en toda la región.

Fase 1: Fundamentos (Corto plazo: Años 1–2)

1. **Realizar evaluaciones de disponibilidad, accesibilidad, interoperabilidad y calidad de datos para aplicaciones energéticas:** Realizar evaluaciones sistemáticas de conjuntos de datos hidrometeorológicos y energéticos relevantes para la planificación de energías renovables, pronóstico, gestión del riesgo climático y servicios energéticos operacionales, incluyendo datos observacionales, satelitales, de observación de la Tierra, predicción numérica del tiempo, proyecciones climáticas y reanálisis, entre actores del sector energético y meteorológico. Evaluar disponibilidad, accesibilidad, formatos, estándares de metadatos, interoperabilidad, cobertura temporal y espacial, procedimientos de aseguramiento de calidad, usabilidad operacional y mecanismos de intercambio de datos, identificando brechas críticas de información que afectan los servicios energéticos.
2. **Evaluar la infraestructura observacional existente y las capacidades de los sistemas de monitoreo para variables relevantes para el sector energético:** Evaluar las redes observacionales, sistemas de monitoreo e infraestructura operacional existentes que respaldan observaciones solares, eólicas, hidrológicas y climáticas, incluyendo estaciones de superficie, sistemas hidrológicos, infraestructura de teledetección, capacidades de recepción satelital, radares, sistemas de comunicación y tecnologías emergentes de monitoreo. Evaluar densidad y cobertura de redes, confiabilidad operacional, prácticas de calibración y mantenimiento, capacidades de transmisión en tiempo real, sostenibilidad y necesidades de modernización que afectan los servicios climáticos operacionales para el sector energético.

Fase 2: Estructuración de Sistemas (Mediano plazo: Años 3–5)

3. **Establecer acuerdos regionales y nacionales de intercambio de datos y mecanismos de colaboración:** Apoyar a los países en el desarrollo de acuerdos interinstitucionales, mecanismos de incentivos y marcos de colaboración que promuevan el intercambio seguro y sostenido de datos hidrometeorológicos y energéticos entre SMHN, operadores energéticos, instituciones públicas, academia, sector privado y organizaciones regionales.
4. **Desarrollar formatos estandarizados de datos, protocolos de metadatos, procedimientos de aseguramiento de calidad y marcos de interoperabilidad para datos relevantes para energía basados en estándares de la OMM:** Establecer marcos interoperables y estandarizados para el intercambio, integración, gestión, procesamiento y uso operacional de datos hidrometeorológicos y energéticos, permitiendo modelización, pronóstico, análisis y operacionalización de servicios climáticos para el sector energético, garantizando

consistencia de datos, aseguramiento de calidad, interoperabilidad y sostenibilidad operacional de largo plazo.

Fase 3: Integración y Escalamiento (Largo plazo: Años 5–10)

5. **Fortalecer y modernizar sistemas observacionales para aplicaciones solares, eólicas e hidroeléctricas:** Apoyar a los países en la modernización y expansión de infraestructura de monitoreo, redes observacionales, sistemas de teledetección, sensores automatizados, tecnologías de monitoreo basadas en IoT y aplicaciones de observación de la Tierra para mejorar la calidad, disponibilidad, confiabilidad y relevancia operacional de los datos energéticos.
6. **Desarrollar infraestructura digital interoperable y Sistemas de Información de Servicios Climáticos (CSIS) para el sector energético:** Desarrollar una plataforma digital CSIS estandarizada, interoperable y escalable como componente central de gestión y procesamiento operacional de datos dentro del marco del Climate Services Toolkit (CST) para energía (vinculado al Eje 3 – Actividad X). La plataforma deberá ser adaptable y adoptable por los países de la región, interoperable con arquitecturas nacionales y plataformas CSIS existentes bajo el Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC), y apoyar procesos operacionales de ingestión, almacenamiento, integración, gestión de calidad, intercambio, procesamiento, análisis y acceso a datos hidrometeorológicos y energéticos mediante repositorios interoperables, APIs y sistemas de gestión operacional de datos.

Eje 3: Ciencia, Innovación y Desarrollo de Servicios

Este eje busca fortalecer las bases científicas, tecnológicas y operacionales necesarias para el co-desarrollo y despliegue de servicios climáticos para el sector energético a lo largo de toda la cadena de valor. Se centra en innovación, metodologías estandarizadas, desarrollo operacional de servicios, capacidades nacionales y mecanismos regionales para el escalamiento y replicación de soluciones exitosas.

Fase 1: Fundamentos

1. **Establecer mecanismos continuos de monitoreo y consulta sobre necesidades y brechas de servicios energéticos orientados a la toma de decisiones a lo largo de la cadena de valor energética:** Implementar procesos continuos de monitoreo y consulta para identificar requerimientos operacionales emergentes, brechas de servicios, necesidades de usuarios y prioridades de toma de decisiones relacionadas con planificación energética, generación, transmisión, distribución, gestión de redes, operaciones de mercado, planificación de inversiones y gestión del riesgo climático.
2. **Monitorear avances científicos y oportunidades tecnológicas emergentes para servicios energéticos avanzados:** Promover e implementar la evaluación e integración continua de tecnologías emergentes, soluciones digitales avanzadas, aplicaciones de inteligencia artificial, nuevos conjuntos de datos y desarrollos científicos para garantizar que los servicios climáticos permanezcan innovadores, científicamente robustos y alineados con las prioridades y demandas operacionales del sector.
3. **Fortalecer mecanismos de transición de investigación a operaciones e innovación científica para servicios climáticos en el sector energético:** Impulsar la validación, adaptación, escalamiento y despliegue operacional de metodologías científicas, herramientas digitales, enfoques de modelización y tecnologías emergentes para servicios climáticos en energía. Apoyar investigación aplicada, entornos de prueba operacional, implementaciones piloto, procesos de validación técnica y mecanismos de innovación que faciliten la transición de desarrollos científicos hacia servicios climáticos energéticos escalables y operacionales.

Fase 2: Estructuración de Sistemas

4. **Impulsar el co-desarrollo sistemático y la operacionalización de servicios climáticos estandarizados y orientados a la toma de decisiones para el sector energético:** Apoyar el co-diseño, desarrollo, prueba, validación, despliegue e integración operacional de servicios climáticos en todas las escalas temporales y a lo largo de la cadena de valor energética, incluyendo aplicaciones para pronóstico y evaluación de energía solar, eólica e hidroeléctrica, operaciones de sistemas energéticos, mercados eléctricos, análisis de riesgo climático, pronóstico basado en impactos, sistemas de alerta temprana, proyecciones climáticas, resiliencia de infraestructura y toma de decisiones operacionales. Esto incluye el desarrollo y adopción de metodologías armonizadas, marcos de validación, procedimientos operacionales, herramientas de código abierto, analítica avanzada, soluciones basadas en IA, flujos operacionales escalables e iniciativas piloto y demostrativas.
5. **Establecer marcos regionales, repositorios y mecanismos para el monitoreo y reporte de impactos climáticos y eventos extremos que afectan al sector energético:** Desarrollar marcos regionales, repositorios y mecanismos estandarizados de monitoreo y reporte a nivel nacional para evaluar, documentar, almacenar, analizar y comunicar sistemáticamente impactos climáticos, vulnerabilidades, interrupciones operacionales y eventos extremos que afectan sistemas energéticos en la región.
6. **Establecer marcos regionales y repositorios para evaluar y documentar los beneficios socioeconómicos de los servicios climáticos para el sector energético:** Desarrollar enfoques estandarizados, repositorios y procesos sistemáticos de evaluación para cuantificar, documentar y comunicar el valor agregado, pérdidas evitadas, beneficios de optimización operacional, resiliencia económica e impactos socioeconómicos más amplios de los servicios climáticos en energía.
7. **Promover la integración de proyecciones climáticas, información de riesgo climático de largo plazo y cartografía de recursos renovables en la planificación energética y el desarrollo de infraestructura:** Apoyar y facilitar el uso operacional de proyecciones climáticas, evaluaciones de riesgo climático, cartografía de recursos renovables y herramientas de planificación espacial climáticamente informada en la planificación energética, evaluación y diseño de infraestructura resiliente, expansión de redes, despliegue de energías renovables, estrategias de inversión y procesos nacionales de adaptación.

Fase 3: Integración y Escalamiento

8. **Desarrollar y operacionalizar sistemas de pronóstico basado en impactos y alerta temprana para fortalecer la seguridad y resiliencia energética:** Desarrollar e integrar operacionalmente servicios climáticos basados en impactos, sistemas de alerta temprana, enfoques anticipatorios y herramientas de monitoreo de riesgo climático para fortalecer preparación, reducción de riesgos, continuidad operacional, seguridad energética y resiliencia de infraestructura energética frente a eventos extremos, variabilidad climática y riesgos climáticos de largo plazo.
9. **Desarrollar servicios climáticos integrados para el nexo Agua–Energía–Alimentos–Ecosistemas (WEFE):** Apoyar el desarrollo y operacionalización de servicios climáticos integrados, evaluaciones de riesgo y herramientas de planificación que aborden las interdependencias entre recursos hídricos, sistemas energéticos, seguridad alimentaria y ecosistemas.
10. **Desarrollar un Climate Services Toolkit (CST) regional para energía:** Desarrollar un marco operacional regional modular, escalable e interoperable alineado con el Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC), adaptable y adoptable por los países de la región. El CST para energía deberá funcionar como un entorno operacional integrado que consolide repositorios, metodologías, conjuntos de datos, herramientas, flujos operacionales, aplicaciones piloto y soluciones de servicios climáticos desarrolladas bajo las actividades anteriores de este eje.

Eje 4: Desarrollo de Capacidades y Capital Humano

Este eje busca fortalecer las capacidades humanas, institucionales y operacionales necesarias para el desarrollo sostenible y la operacionalización de los servicios climáticos para el sector energético. Se centra en marcos regionales de capacitación, desarrollo profesional, sistemas de certificación operacional, sostenibilidad institucional de largo plazo, aprendizaje entre pares y cooperación Sur–Sur.

Fase 1: Fundamentos

1. **Evaluar capacidades técnicas, operacionales, institucionales y humanas e identificar competencias prioritarias para servicios energéticos:** Identificar brechas en experiencia técnica, capacidades operacionales, capacidades institucionales, personal y necesidades de formación en los SMHN y otras instituciones hidrometeorológicas y energéticas nacionales y regionales, definiendo competencias interdisciplinarias prioritarias, perfiles profesionales y habilidades técnicas requeridas para el desarrollo y operacionalización de servicios climáticos en energía.
2. **Establecer un marco regional para el desarrollo de capacidades en servicios energéticos:** Desarrollar un marco regional de largo plazo para orientar enfoques coordinados de fortalecimiento institucional, desarrollo profesional, competencias operacionales, intercambio de conocimientos y colaboración regional necesarios para la operacionalización sostenible de servicios climáticos en la región.

Fase 2: Estructuración de Sistemas

3. **Desarrollar e implementar programas modulares de formación y certificación operacional en energía–meteorología mediante alianzas regionales e internacionales:** Diseñar e impartir módulos de formación técnica, cursos operacionales interdisciplinarios, marcos de competencias, enfoques de acreditación y programas de certificación adaptados a las necesidades institucionales y técnicas de la región, en colaboración con SMHN, empresas de servicios públicos, universidades, organizaciones regionales y sector privado.
4. **Establecer comunidades regionales de práctica, mecanismos de aprendizaje entre pares, iniciativas de cooperación Sur–Sur y redes de expertos:** Desarrollar comunidades de práctica, redes de expertos y plataformas de intercambio técnico que faciliten el intercambio continuo de conocimientos, aprendizaje entre pares, colaboración operacional e intercambio de experiencias mediante proyectos regionales, iniciativas colaborativas y actividades periódicas de coordinación.

Fase 3: Integración y Escalamiento

5. **Institucionalizar sistemas regionales de capacitación y certificación de largo plazo:** Apoyar la integración sistemática de programas de formación, marcos de competencias, mecanismos de acreditación, sistemas de certificación y desarrollo profesional continuo dentro de estructuras institucionales y regionales de desarrollo de capacidades.
6. **Fortalecer mecanismos institucionales de retención de talento y desarrollo profesional sostenible:** Promover trayectorias de desarrollo profesional, incentivos operacionales, mecanismos de reconocimiento institucional, planificación de sucesión y oportunidades continuas de aprendizaje para retener personal calificado y fortalecer la sostenibilidad institucional y la continuidad operacional a largo plazo.

4. Plan Regional Propuesto para la Implementación

El enfoque de implementación propuesto en este Plan reconoce que el desarrollo sostenible y la operacionalización de los servicios climáticos para el sector energético dependen del fortalecimiento progresivo y simultáneo de múltiples componentes interconectados, incluidos los mecanismos de gobernanza, la coordinación institucional, la infraestructura observacional y digital, los marcos de

interoperabilidad, las capacidades científicas y operacionales, los mecanismos de financiamiento, la participación de actores clave y las capacidades humanas de largo plazo. En consecuencia, la implementación no debe considerarse como un proceso estrictamente secuencial o aislado, sino como un esfuerzo regional integrado e iterativo, donde el avance en los distintos componentes refuerza mutuamente la sostenibilidad y madurez operacional de los ecosistemas de servicios climáticos en la región.

El Plan también reconoce el importante potencial de cooperación regional y complementariedad entre países e instituciones de Centro y Sudamérica. Los países de la región cuentan con diversas capacidades técnicas, experiencias operacionales, aplicaciones en energías renovables, conjuntos de datos, metodologías y capacidades institucionales que pueden apoyar la colaboración regional, el aprendizaje entre pares, la replicación de buenas prácticas y el escalamiento operacional de soluciones de servicios climáticos. Las iniciativas y mecanismos regionales existentes bajo actividades regionales de la OMM, los proyectos ENANDES y ENANDES+, las iniciativas CREWS, los Centros Climáticos Regionales (CCR) y organizaciones asociadas ya proporcionan importantes bases técnicas e institucionales para apoyar la implementación progresiva del Plan en los próximos años.

Al mismo tiempo, el enfoque de implementación destaca la importancia de avanzar progresivamente desde actividades piloto aisladas y esfuerzos institucionales fragmentados hacia ecosistemas de servicios climáticos más coordinados, interoperables, escalables y operacionales en toda la región. En muchos países, los servicios climáticos para el sector energético todavía se implementan mediante proyectos de corto plazo, actividades demostrativas o iniciativas específicas de determinadas instituciones. Por ello, el presente Plan busca apoyar una transición gradual hacia sistemas más institucionalizados, operacionales y sostenibles, capaces de respaldar la planificación energética de largo plazo, la toma de decisiones operacionales, la resiliencia climática, la integración de energías renovables, la gestión de infraestructura y la seguridad energética en múltiples escalas temporales.

El enfoque de implementación también reconoce que los servicios climáticos para el sector energético evolucionan continuamente en respuesta a tecnologías emergentes, nuevos desarrollos científicos, cambios en los riesgos climáticos, experiencias operacionales, expectativas de los usuarios y prioridades nacionales. En consecuencia, los mecanismos de implementación bajo este Plan deben mantener suficiente flexibilidad para integrar continuamente innovación, nuevas oportunidades científicas, enfoques basados en inteligencia artificial, nuevos conjuntos de datos, tecnologías digitales y requerimientos emergentes a lo largo de la cadena de valor energética. Por ello, el monitoreo continuo de las necesidades de los usuarios, los avances científicos, las experiencias operacionales y los desafíos relacionados con el clima debe mantenerse como un componente integral de la implementación en todas las fases del Plan.

Se espera que la implementación del Plan evolucione progresivamente a través de tres grandes fases que reflejan niveles crecientes de madurez operacional e integración institucional en la región. La primera fase se centra principalmente en establecer condiciones habilitadoras mediante evaluaciones, diagnósticos, mapeo de actores, identificación de prioridades operacionales y establecimiento de marcos iniciales de coordinación e implementación. La segunda fase se enfoca en fortalecer estructuras institucionales y operacionales mediante mecanismos de gobernanza, marcos de interoperabilidad, metodologías estandarizadas, sistemas de capacitación, flujos operacionales, iniciativas piloto y entornos de colaboración científica. La tercera fase se orienta a la integración operacional a gran escala, la institucionalización, el escalamiento, la movilización de financiamiento y la sostenibilidad de largo plazo de los servicios climáticos para el sector energético.

Aunque las fases de implementación proporcionan una lógica regional general, no se espera que la implementación siga un proceso lineal rígido. Varias actividades evolucionarán de manera iterativa y

continuarán a lo largo de múltiples fases, particularmente aquellas relacionadas con la participación de actores clave, financiamiento, iniciativas piloto y desarrollo de capacidades. Del mismo modo, los países e instituciones de la región podrán avanzar a diferentes ritmos según sus prioridades nacionales y capacidades institucionales.

Se espera que la implementación del Plan se logre progresivamente mediante una combinación de proyectos e iniciativas regionales, nacionales e institucionales existentes, en curso y futuros. Las actividades ya iniciadas bajo los proyectos ENANDES y ENANDES+, las iniciativas regionales de la OMM y programas asociados proporcionan importantes bases técnicas y operacionales que respaldan varios componentes del presente Plan. Se alienta a que futuros proyectos regionales y nacionales se alineen con las prioridades, la lógica de implementación y las orientaciones estratégicas identificadas en este marco, con el fin de apoyar un desarrollo más coordinado, sostenible e interoperable de los servicios climáticos para el sector energético en Centro y Sudamérica.

Tabla 2. Estructura Indicativa de Implementación por Fases

Fase	Enfoque principal	Cronograma indicativo	Lógica de implementación
Fase 1: Fundamentos	Establecer condiciones regionales de base, realizar evaluaciones detalladas de capacidades y brechas, identificar prioridades y oportunidades nacionales, y desarrollar marcos habilitadores de coordinación y colaboración a nivel regional	Años 1–2	Se centra en crear las bases de conocimiento, el entorno de coordinación y la dirección estratégica necesarios para la implementación a mediano y largo plazo
Fase 2: Estructuración de Sistemas y Desarrollo Operacional	Establecer sistemas nacionales de gobernanza y coordinación, marcos de interoperabilidad, metodologías estandarizadas, mecanismos de capacitación, iniciativas piloto y fortalecer progresivamente redes observacionales e infraestructura energética	Años 2–5	Se centra en desarrollar y expandir los sistemas técnicos, operacionales, institucionales, científicos y humanos necesarios para los servicios climáticos en el sector energético, principalmente mediante iniciativas piloto y demostrativas
Fase 3: Integración, Escalamiento e Institucionalización	Escalar sistemas operacionales, integrar servicios climáticos en la toma de decisiones del sector energético, operacionalizar plataformas y herramientas regionales, movilizar inversiones y alianzas de largo plazo y fortalecer la sostenibilidad	Años 5–10	Se centra en la integración operacional a gran escala, la replicación regional, el liderazgo institucional y la sostenibilidad de largo plazo

5. Contribución de las Actividades de ENANDES al Plan

Varias actividades implementadas en el marco del proyecto ENANDES de la OMM ya están alineadas con este Plan Regional y con diversas actividades propuestas para abordar las brechas y necesidades regionales y nacionales identificadas en relación con los servicios climáticos para el sector energético. Desde el inicio del proyecto en 2020, se han definido e implementado actividades tanto a nivel nacional como regional para responder a las prioridades y necesidades de los países participantes, inicialmente centrándose en Colombia, Chile y Perú mediante el fortalecimiento de capacidades de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) y de actores sectoriales. Posteriormente, con la expansión del proyecto a través de ENANDES+, varias actividades se extendieron a otros países, incluidos Argentina, Bolivia y Ecuador.

Estas actividades han contribuido al fortalecimiento de capacidades técnicas para el desarrollo e implementación de servicios climáticos para el sector energético en países de Centro y Sudamérica. En varios casos, las iniciativas piloto y demostrativas fueron diseñadas intencionalmente bajo el concepto de “mini-proyectos energéticos”, utilizando enfoques escalables, estandarizados y de código abierto, incluyendo manuales operacionales, materiales de capacitación, guías técnicas, notebooks de Jupyter y metodologías reproducibles para facilitar su futura adopción, adaptación, replicación y operacionalización en otros países de la región.

La siguiente tabla presenta actividades regionales e inter-países coordinadas a través de los proyectos ENANDES y ENANDES+ que ya están alineadas, total o parcialmente, con las actividades propuestas en este Plan Regional.

Tabla 3. Contribución de las Actividades de ENANDES y ENANDES+ al Plan Regional

Actividades ENANDES / ENANDES+	Vinculación con las actividades relacionadas del Plan Regional
Desarrollo de atlas nacionales de energías renovables de alta resolución para energía eólica, solar e hidroeléctrica utilizando datos de proyecciones climáticas y metodologías de reducción de escala basadas en inteligencia artificial bajo ENANDES y ENANDES+ (2026–en curso)	Eje 3 – Actividad 4 (co-desarrollo sistemático y operacionalización de servicios climáticos estandarizados); Eje 3 – Actividad 7 (integración de proyecciones climáticas y cartografía de recursos renovables en la planificación energética); Eje 4 – Actividad 3 (programas modulares de capacitación y certificación operacional mediante capacitaciones grabadas y metodologías de código abierto).
Traducción de la Guía de Implementación de Atlas de Energías Renovables de la OMM del inglés al español para facilitar su uso operacional y adopción por países hispanohablantes de la región (2026)	Eje 3 – Actividad 4 (metodologías estandarizadas, procedimientos operacionales y flujos operacionales de código abierto); Eje 4 – Actividad 3 (capacitación regional y difusión de guías técnicas y metodologías).
Mini-proyecto energético sobre estimación de tasas de evaporación para paneles solares flotantes en Chile utilizando modelos físicos y basados en IA, incluyendo códigos, manuales operacionales y capacitación técnica en colaboración con el Ministerio de Energía de Chile, la DMC y la OMM (2024–2026)	Eje 2 – Actividad 5 (modernización y fortalecimiento operacional de sistemas observacionales y digitales mediante instalación de dos estaciones observacionales); Eje 3 – Actividad 4 (co-desarrollo y operacionalización de servicios climáticos); Eje 3 – Actividad 9 (servicios climáticos integrados para el nexo WEFE); Eje 4 – Actividad 3 (capacitación modular y fortalecimiento de capacidades operacionales mediante entrenamientos grabados y flujos operacionales de código abierto).

Actividades ENANDES / ENANDES+	Vinculación con las actividades relacionadas del Plan Regional
Mini-proyecto energético en Argentina sobre evaluación y corrección de pronósticos de predicción numérica del tiempo (WRF) mediante enfoques basados en IA (2025–2026)	Eje 3 – Actividad 4 (co-desarrollo sistemático y operacionalización de servicios climáticos); Eje 4 – Actividad 3 (capacitación modular y fortalecimiento de capacidades operacionales mediante códigos abiertos y orientación operacional).
Actividades de aprendizaje entre pares entre Chile y Cuba bajo el proyecto Cuba-CREWS para apoyar el desarrollo de conceptos de servicios climáticos para el sector energético en Cuba, basados en experiencias y metodologías desarrolladas bajo ENANDES en Chile (2025)	Eje 4 – Actividad 4 (comunidades regionales de práctica, mecanismos de aprendizaje entre pares e iniciativas de cooperación Sur–Sur).
Curso regional presencial de capacitación y taller técnico sobre servicios climáticos para el sector energético realizado en Asunción, Paraguay, bajo ENANDES (noviembre de 2025), con participación de expertos de Centro y Sudamérica	Eje 4 – Actividad 2 (marco regional para el desarrollo de capacidades en servicios energéticos); Eje 4 – Actividad 4 (redes regionales de expertos, mecanismos de aprendizaje entre pares y colaboración operacional).
Curso regional virtual sobre servicios climáticos para el sector energético bajo ENANDES (2023), y seminarios técnicos virtuales sobre productos demostrativos, aplicaciones de energías renovables y metodologías operacionales para el sector energético en la región (2025–2026)	Eje 3 – Actividad 4 (operacionalización y difusión de servicios climáticos); Eje 4 – Actividad 2 (marco regional para el desarrollo de capacidades); Eje 4 – Actividad 3 (programas de formación energía–meteorología y desarrollo de competencias).
Desarrollo del Climate Services Toolkit (CST) de CIIFEN bajo ENANDES y ENANDES+ como repositorio y plataforma de intercambio de conocimientos para servicios climáticos sectoriales bajo el Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC), incluyendo el sector energético	Eje 2 – Actividad 6 (infraestructura digital interoperable y CSIS); Eje 3 – Actividad 10 (Climate Services Toolkit regional para energía); Eje 4 – Actividad 4 (mecanismos regionales de intercambio de conocimientos y cooperación).
Conceptualización de un marco operacional de Climate Services Toolkit (CST) para el sector energético bajo ENANDES y ENANDES+ para apoyar la integración de flujos operacionales, repositorios, metodologías, herramientas y componentes del Sistema de Información de Servicios Climáticos (CSIS)	Eje 2 – Actividad 6 (desarrollo de infraestructura digital interoperable y CSIS); Eje 3 – Actividad 10 (desarrollo de un Climate Services Toolkit regional para energía).

6. Alineación con Iniciativas Regionales y Globales de la OMM

6.1. Plan Estratégico de la OMM y Prioridades de SERCOM

Este Plan está alineado con el Plan Estratégico de la OMM 2024–2027⁷, particularmente con el Objetivo Estratégico de Largo Plazo 1 (LTG 1) — “Responder mejor a las necesidades de la sociedad” — y especialmente con el Objetivo 1.2, centrado en ampliar la provisión de información y servicios climáticos orientados a políticas públicas y toma de decisiones mediante el Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC), incluyendo el apoyo a sectores sensibles al clima priorizados en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), como el sector energético. El Plan también apoya actividades de la Comisión de Servicios y Aplicaciones Meteorológicos, Climáticos, Hidrológicos, Marinos y Ambientales Relacionados (SERCOM), incluyendo la implementación de la Decisión 10 (SERCOM-3) sobre el Plan de Desarrollo de Capacidades para Servicios Climáticos en Energía (2024). Esta decisión enfatiza el fortalecimiento de capacidades de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), la promoción de servicios climáticos operacionales adaptados al sector energético, el fortalecimiento de la colaboración con actores sectoriales y el avance de metodologías, herramientas y mecanismos de formación estandarizados y sostenibles para aplicaciones energéticas.

6.2. MMSC y Marcos Regionales para los Servicios Climáticos (RFCS)

El Plan se basa y está alineado con la arquitectura de implementación del Marco Mundial para los Servicios Climáticos (MMSC) y su aplicación regional mediante los Marcos Regionales para los Servicios Climáticos (RFCS). Adopta el enfoque integral del MMSC que conecta observaciones y monitoreo, investigación y predicción, Sistemas de Información de Servicios Climáticos (CSIS), participación de usuarios mediante Plataformas de Interfaz con Usuarios (UIP) y desarrollo de capacidades de largo plazo para apoyar servicios climáticos operacionales y orientados a usuarios del sector energético en Centro y Sudamérica. Asimismo, refleja los principios regionales de implementación del MMSC y los RFCS al promover cooperación regional, interoperabilidad, intercambio técnico y enfoques operacionales coordinados entre los SMHN, instituciones energéticas, academia, organizaciones regionales y socios para el desarrollo.

6.3. Prioridades Estratégicas de las Asociaciones Regionales III y IV

El Plan contribuye a la implementación de las prioridades adoptadas por las Asociaciones Regionales (AR) III (Sudamérica) y IV (Norteamérica, Centroamérica y el Caribe) de la OMM. Las tablas siguientes presentan una correspondencia consolidada entre las prioridades adoptadas por las AR III y IV y los ejes y actividades propuestos en este Plan Regional. El análisis demuestra que el Plan contribuye directamente a la implementación de las prioridades regionales de la AR III para 2024–2027, así como de las prioridades de la AR IV para los períodos 2024–2027 y 2028–2031.

El Plan traduce estas prioridades relevantes en un marco coordinado y sectorial para el sector energético mediante mecanismos estructurados de gobernanza, sistemas interoperables, servicios climáticos operacionales, enfoques de transición de ciencia a operaciones y actividades sostenibles de desarrollo de capacidades humanas e institucionales en Centro y Sudamérica.

⁷ <https://wmo.int/about-wmo/our-mandate>

WMO Strategic Plan 2024-2027 WMO-No. 1336, <https://library.wmo.int/idurl/4/68578>

Tabla 4. Alineación entre las Prioridades de las AR III y AR IV de la OMM y el Plan Regional

Área temática	Prioridades Estratégicas AR III 2024–2027	Prioridades Regionales AR IV 2024–2027 / 2028–2031	Contribución del presente Plan Regional
Sistemas de alerta temprana, pronóstico y servicios climáticos	“Fortalecer capacidades y establecer un mecanismo de coordinación en la Región para mejorar las alertas tempranas...”; “Establecer y fortalecer un mecanismo de coordinación en la Región para mejorar las capacidades de predicción del sistema terrestre...”	“Colaboración regional en sistemas de alerta temprana...”; “Fortalecer y expandir servicios de pronóstico y alerta basados en impactos para múltiples amenazas”	Eje 1: Actividad 2 (mecanismos regionales de gobernanza y coordinación); Actividad 4 (mecanismos nacionales de coordinación y colaboración hidrometeorología–energía). Eje 3: Actividad 4 (co-desarrollo y operacionalización de servicios climáticos); Actividad 8 (pronóstico basado en impactos y sistemas de alerta temprana para seguridad y resiliencia energética).
Servicios climáticos y aplicaciones operacionales	“Promover ciencia para servicios enfocada en investigación hacia operaciones...”	“Coordinación de actividades y productos del Centro Climático Regional”; “Colaboración regional en pronóstico y modelización estacional y subestacional”; “Colaboración regional en escenarios de cambio climático...”; “Fortalecer la provisión de información y servicios meteorológicos orientados a la toma de decisiones para sectores específicos (transporte, agricultura, salud, energía, etc.)”	Eje 3: Actividad 3 (transición de investigación a operaciones e innovación científica); Actividad 4 (co-desarrollo y operacionalización de servicios climáticos); Actividad 7 (integración de proyecciones climáticas, información de riesgo climático y cartografía de recursos renovables en la planificación energética e infraestructura).
Sistemas observacionales, interoperabilidad e infraestructura digital	“Establecer planes nacionales de implementación para WIGOS, WHOS y WIS”; “Impulsar estudios y evaluaciones para el desarrollo de un satélite meteorológico geostacionario...”	“Centro Regional Virtual WIGOS”; “Implementación regional inicial de GBON”; “Fortalecer la implementación de WIGOS...” y “Consolidar WIS 2.0 en la Región”	Eje 2: Actividad 1 (evaluaciones de disponibilidad, interoperabilidad y calidad de datos); Actividad 3 (acuerdos de intercambio de datos y marcos de interoperabilidad); Actividad 5 (modernización de sistemas observacionales para aplicaciones solares, eólicas e hidroeléctricas); Actividad 6 (infraestructura digital interoperable y CSIS para el sector energético).

Tabla 4. Alineación entre las Prioridades de las AR III y AR IV de la OMM y el Plan Regional

Área temática	Prioridades Estratégicas AR III 2024–2027	Prioridades Regionales AR IV 2024–2027 / 2028–2031	Contribución del presente Plan Regional
Ciencia, innovación y aplicaciones de IA	“Promover ciencia para servicios enfocada en investigación hacia operaciones...”	“Impulsar la ciencia al servicio de la sociedad y la transición del conocimiento científico hacia operaciones y servicios”; “Avanzar en la comprensión y uso de Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático...”	Eje 3: Actividad 2 (avances científicos y oportunidades tecnológicas emergentes); Actividad 3 (innovación científica y transición de investigación a operaciones); Actividad 4 (co-desarrollo y operacionalización de servicios climáticos utilizando analítica avanzada y soluciones basadas en IA).
Hidrología, nexo WEFE y gestión del riesgo climático	“Fortalecer la visibilidad de las actividades desarrolladas por los servicios hidrológicos...”	“Sistema de Guía ante Inundaciones Repentinas (FFGS)” y “Expandir servicios hidrológicos...”	Eje 2: Actividad 5 (modernización de sistemas observacionales para aplicaciones hidroeléctricas). Eje 3: Actividad 7 (integración de proyecciones climáticas e información de riesgo climático en la planificación energética); Actividad 8 (pronóstico basado en impactos y sistemas de alerta temprana); Actividad 9 (servicios climáticos integrados para el nexo Agua–Energía–Alimentos–Ecosistemas).
Gobernanza, participación de actores y desarrollo de capacidades	“Fortalecer la gobernanza y el posicionamiento técnico-científico de los SMHN...”; “Reducir la brecha de capacidades entre Miembros...”	“Involucrar y empoderar a usuarios y actores clave mediante enfoques de co-diseño”; “Fortalecer la colaboración regional y el desarrollo de capacidades...” y “Apoyar a los Miembros de la AR IV proporcionando marcos comparativos de gobernanza nacional...”	Eje 1: Actividad 1 (evaluaciones de gobernanza, políticas y financiamiento); Actividad 2 (mecanismos regionales de gobernanza y coordinación); Actividad 4 (mecanismos nacionales de coordinación y colaboración hidrometeorología–energía); Actividad 5 (actividades de comunicación y apoyo a la toma de decisiones). Eje 4: Actividad 2 (marco regional para el desarrollo de capacidades); Actividad 3 (programas modulares de capacitación y certificación operacional); Actividad 4 (comunidades de práctica, aprendizaje entre pares, cooperación Sur–Sur y redes de expertos).

7. Impactos Esperados y Consideraciones para la Implementación

7.1. Contexto Regional Climático y Energético

Desde la perspectiva de los sistemas energéticos, el Plan contribuye a mejorar la confiabilidad, eficiencia, resiliencia y desempeño general de los sistemas energéticos mediante la integración sistemática de información meteorológica, hidrológica y climática en procesos de planificación, operación e inversión. Al fortalecer la disponibilidad de datos, mejorar capacidades de pronóstico, fortalecer la interoperabilidad e integrar consideraciones climáticas en la toma de decisiones energéticas, el Plan reduce incertidumbres y favorece decisiones más informadas, coordinadas y climáticamente informadas a lo largo de toda la cadena de valor energética. Asimismo, fortalece las capacidades institucionales y humanas necesarias para sostener estos servicios y apoyar su adopción efectiva por parte de actores clave, incluidos responsables políticos, SMHN, operadores de sistemas, reguladores, planificadores de infraestructura y sector privado.

En paralelo, el Plan genera importantes beneficios climáticos al contribuir tanto a objetivos de mitigación como de adaptación. Facilita el despliegue acelerado, integración y optimización de recursos energéticos renovables, contribuyendo a la transición hacia sistemas energéticos más sostenibles y bajos en carbono, al tiempo que fortalece la resiliencia frente a la variabilidad climática, eventos extremos y cambio climático a largo plazo. Mediante mejores capacidades de pronóstico, evaluación de riesgos, monitoreo y planificación basada en información climática, el Plan fortalece la capacidad de los sistemas energéticos para anticipar, absorber, responder y adaptarse a presiones relacionadas con el clima. Al vincular estos resultados con ejes y actividades operacionales concretas, el Plan demuestra cómo los servicios climáticos integrados pueden apoyar tanto las transiciones energéticas sostenibles como la resiliencia de largo plazo en Centro y Sudamérica.

Los crecientes impactos de la variabilidad climática y el cambio climático sobre recursos energéticos renovables, regímenes hidrológicos, exposición de infraestructura y eventos extremos refuerzan aún más la necesidad de sistemas energéticos climáticamente informados en Centro y Sudamérica. Evaluaciones recientes desarrolladas conjuntamente por la OMM y la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) destacan la creciente importancia de integrar proyecciones climáticas e información de riesgo climático de largo plazo en la planificación de energías renovables, diseño de infraestructura, gestión operacional, estrategias de resiliencia y trayectorias de transición energética. En la región, los países enfrentan desafíos climáticos y energéticos diversos. En los Andes, los sistemas energéticos están fuertemente influenciados por la dependencia hidroeléctrica, el retroceso glaciar y complejas condiciones climáticas de montaña; mientras que en la Amazonía la variabilidad hidrológica y la sensibilidad ecosistémica afectan directamente sistemas interconectados agua-energía. El Cono Sur presenta grandes oportunidades para el despliegue masivo de energía eólica, mientras que Centroamérica y el Caribe permanecen altamente expuestos a ciclones tropicales, sequías, variabilidad climática e impactos asociados al ENSO que afectan infraestructura y operaciones energéticas. Estas diferencias regionales refuerzan la importancia de fortalecer la cooperación regional y los esfuerzos coordinados de implementación bajo este Plan, manteniendo suficiente flexibilidad para responder a prioridades, capacidades y vulnerabilidades nacionales y subregionales.

La siguiente tabla resume las principales áreas de impacto esperadas del Plan, incluyendo contribuciones a eficiencia energética, transición energética, resiliencia energética y seguridad energética.

Tabla 5. Principales Áreas de Impacto Esperadas del Plan Regional para los Servicios Climáticos en el Sector Energético

Área de impacto	Impactos esperados consolidados	Principales grupos objetivo
Integración y optimización de energías renovables (Transición energética)	• Despliegue e integración acelerada de recursos energéticos renovables • Mejor predictibilidad e integración operacional de sistemas eólicos, solares e hidroeléctricos • Reducción de dependencia de sistemas de respaldo basados en combustibles fósiles y prácticas operacionales sensibles al clima	Desarrolladores de energías renovables, productores independientes de energía (IPP), inversionistas
Resiliencia climática, gestión de riesgos y sistemas de alerta temprana (Resiliencia energética)	• Mayor resiliencia de sistemas energéticos frente a variabilidad climática, eventos extremos y cambio climático • Reducción de vulnerabilidad frente a sequías, inundaciones, tormentas, olas de calor y riesgos climáticos en cascada • Mejora de continuidad operacional y gestión del riesgo climático	Empresas de servicios públicos, operadores de infraestructura, planificadores de emergencias, SMHN
Seguridad energética y sostenibilidad de largo plazo (Seguridad energética)	• Mayor seguridad energética mediante planificación y gestión operacional basadas en información climática • Reducción de exposición y dependencia de sistemas energéticos vulnerables al clima • Sistemas energéticos más adaptativos, robustos y resilientes • Fortalecimiento de sostenibilidad y continuidad operacional de servicios climáticos para energía	Gobiernos, ministerios de energía, autoridades nacionales y organizaciones energéticas regionales, inversionistas
Desempeño de sistemas energéticos, operaciones y gestión de redes (Eficiencia energética)	• Mayor confiabilidad, eficiencia, estabilidad y resiliencia operacional de sistemas energéticos • Mejor precisión de pronósticos solares, eólicos, hidrológicos y de demanda energética • Mejor programación operacional, despacho, balance y gestión de energías renovables variables • Mejores sistemas de apoyo a decisiones y gestión de mercados y sistemas eléctricos interconectados	Empresas de servicios públicos, operadores de transmisión (TSO), operadores de red y centros de despacho, comercializadores de energía

7.2. Consideraciones de Inversión y Financiamiento

La implementación y sostenibilidad de largo plazo del Plan Regional requerirán una combinación de mecanismos regionales, multilaterales, públicos y privados de financiamiento. Dado el carácter transversal de los servicios climáticos para el sector energético, el Plan ofrece oportunidades para movilizar recursos provenientes de financiamiento climático, resiliencia, energías renovables, reducción del riesgo de desastres, infraestructura digital y desarrollo sostenible.

Las posibles fuentes de financiamiento incluyen fondos climáticos internacionales y regionales, bancos multilaterales de desarrollo, programas de cooperación bilateral, iniciativas regionales de financiamiento, asociaciones público–privadas y mecanismos de coinversión privada. Entre los potenciales socios financieros se incluyen el Fondo Verde para el Clima (GCF), el Fondo de Adaptación (AF), el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la iniciativa CREWS, entre otras instituciones regionales de desarrollo, gobiernos nacionales, empresas de servicios públicos y actores del sector de energías renovables. Los proyectos e iniciativas regionales existentes — incluidos ENANDES y ENANDES+ — también pueden proporcionar importantes bases técnicas, operacionales e institucionales para apoyar la implementación progresiva y el escalamiento de las actividades propuestas bajo este Plan.

Un enfoque de financiamiento por fases puede apoyar la implementación progresiva, operacionalización y escalamiento del Plan:

1. **Fase 1: Fundamentos (1–2 años):** apoyada inicialmente mediante capacidades regionales y nacionales existentes, proyectos y programas en curso, cooperación técnica y contribuciones institucionales en especie de Oficinas Regionales de la OMM, SMHN y socios regionales como CIIFEN, OLADE, CEPAL, universidades y otras instituciones colaboradoras. Esta fase se centrará principalmente en establecer mecanismos de coordinación, realizar evaluaciones, desarrollar marcos habilitadores, aprovechar capacidades e infraestructura existentes, implementar actividades piloto de bajo costo y preparar propuestas regionales y nacionales de inversión para fases posteriores.
2. **Fase 2: Estructuración de Sistemas y Desarrollo Operacional (2–5 años):** apoyada progresivamente mediante subvenciones, fondos climáticos, financiamiento multilateral y regional, programas de cooperación bilateral y mecanismos de financiamiento combinado para fortalecer infraestructura observacional y digital, desarrollar sistemas operacionales, apoyar iniciativas piloto y demostrativas, desplegar servicios climáticos, ampliar programas de capacitación y operacionalizar actividades climáticas regionales y nacionales para el sector energético.
3. **Fase 3: Integración, Escalamiento e Institucionalización (5–10 años):** centrada en fortalecer la sostenibilidad financiera de largo plazo mediante mecanismos institucionales de financiamiento, integración en presupuestos nacionales, participación de empresas de servicios públicos, marcos regionales de inversión, esquemas de costos compartidos y asociaciones público–privadas para apoyar la operacionalización a gran escala, el mantenimiento de infraestructura y sistemas, la institucionalización de servicios climáticos y la provisión sostenible de servicios energéticos climáticamente informados en Centro y Sudamérica.

7.3. Potenciales Iniciativas Regionales Emblemáticas

Varias actividades propuestas bajo este Plan se basan en iniciativas y experiencias operacionales ya desarrolladas bajo ENANDES, ENANDES+, actividades regionales de la OMM y programas asociados en Centro y Sudamérica. Estos esfuerzos proporcionan importantes bases técnicas, institucionales y operacionales para apoyar el escalamiento progresivo y la operacionalización de largo plazo de servicios climáticos para el sector energético a nivel regional.

En este contexto, se proponen las siguientes iniciativas emblemáticas como líneas integradas de implementación que consolidan, expanden y operacionalizan actividades a través de los

cuatro ejes estratégicos del Plan. Se espera que estas iniciativas evolucionen progresivamente a través de las tres fases de implementación, avanzando desde actividades piloto y sistemas fundacionales hacia interoperabilidad regional, despliegue operacional y sostenibilidad institucional de largo plazo.

Tabla 6. Potenciales Iniciativas Regionales Emblemáticas bajo el Plan Regional

Iniciativa emblemática	Enfoque principal a lo largo de las fases de implementación
Iniciativa Regional de Atlas de Energías Renovables y Proyecciones Climáticas	Fase 1 (Años 1–2): atlas piloto de energías renovables, integración de datos observacionales y metodologías basadas en IA ya iniciadas bajo ENANDES; Fase 2 (Años 3–5): actualización de atlas con nuevos conjuntos de datos y metodologías, asegurando despliegue operacional nacional en coordinación con ministerios de energía y entidades nacionales; Fase 3 (Años 6–10): sistemas regionales interoperables de atlas para apoyar planificación, inversión y adaptación.
Climate Services Toolkit (CST) Operacional Regional para Energía	Fase 1 (Años 1–2): conceptualización y diseño del CST Regional para Energía, incluyendo componentes técnicos y arquitectura operacional. Aprovechamiento del CST de CIIFEN como repositorio y entorno inicial de intercambio de conocimientos; Fase 2 (Años 3–5): desarrollo y operacionalización progresiva del toolkit, incluyendo componentes CSIS, APIs, repositorios y sistemas de visualización; Fase 3 (Años 6–10): escalamiento y operacionalización regional del CST para integración operacional e interoperabilidad de largo plazo.
IA y Analítica Avanzada para Servicios Energéticos Renovables	Fase 1 (Años 1–2): metodologías piloto de IA para pronóstico renovable, estimación de evaporación y corrección de modelos iniciadas bajo ENANDES; Fase 2 (Años 3–5): aplicaciones operacionales de pronóstico y riesgo climático; Fase 3 (Años 6–10): servicios climáticos regionales basados en IA e integración en sistemas de apoyo a decisiones.
Servicios Regionales de Riesgo Climático, Pronóstico Basado en Impactos y Alerta Temprana para Infraestructura Energética	Fase 1 (Años 1–2): evaluaciones de riesgo climático y metodologías piloto de pronóstico basado en impactos; Fase 2 (Años 3–5): desarrollo e implementación de sistemas operacionales de monitoreo de riesgo climático y alerta temprana; Fase 3 (Años 6–10): sistemas regionales integrados anticipatorios para operaciones e infraestructura energética sensible al clima.
Iniciativa de Servicios Climáticos para Hidroelectricidad, Gestión de Sequías y Nexos WEF	Fase 1 (Años 1–2): evaluación de necesidades regionales, brechas operacionales, conjuntos de datos y capacidades institucionales; Fase 2 (Años 3–5): desarrollo y operacionalización de sistemas hidrológicos, herramientas de monitoreo de sequías y servicios climáticos piloto WEF; Fase 3 (Años 6–10): escalamiento de servicios operacionales regionales integrados WEF y sistemas de planificación agua–energía climáticamente informados.

8. Marco de Monitoreo, Evaluación y Aprendizaje (MEL)

El marco de Monitoreo, Evaluación y Aprendizaje (MEL) proporciona un enfoque estructurado para realizar seguimiento a la implementación, efectividad, escalabilidad e impactos de largo plazo del Plan. Apoya una implementación basada en resultados al permitir el monitoreo sistemático del progreso en los cuatro ejes estratégicos, al tiempo que facilita la gestión adaptativa y la coordinación entre países e instituciones asociadas de la región.

El marco está diseñado para apoyar tanto los procesos de implementación regionales como nacionales mediante una estructura común para evaluar avances, identificar brechas y oportunidades, documentar lecciones aprendidas y fortalecer la rendición de cuentas entre las instituciones y actores participantes. Asimismo, facilita la comunicación con socios para el desarrollo e instituciones financieras al demostrar avances hacia objetivos operacionales, institucionales y climáticos.

El enfoque de monitoreo sigue la estructura de implementación por fases del Plan y reconoce que los impactos evolucionarán progresivamente con el tiempo, desde el fortalecimiento inicial de capacidades técnicas e institucionales hasta la operacionalización a gran escala, la interoperabilidad y la transformación de largo plazo hacia sistemas energéticos climáticamente informados en toda la región.

El marco MEL adopta un enfoque adaptativo y basado en resultados, alineado con los objetivos y la estructura de implementación por fases del Plan. Las actividades de monitoreo deberán combinar indicadores cuantitativos y cualitativos para evaluar avances en dimensiones técnicas, operacionales, institucionales, financieras y de cooperación regional.

El marco está diseñado para apoyar:

- el monitoreo del progreso de implementación a lo largo de las tres fases del Plan;
- la evaluación de la adopción operacional y efectividad de los servicios climáticos para el sector energético;
- la evaluación del fortalecimiento institucional y de los mecanismos de cooperación regional;
- la identificación de prioridades emergentes, lecciones aprendidas y evidencia para apoyar la gestión adaptativa, la mejora continua, la sostenibilidad de largo plazo, la movilización de recursos y futuras oportunidades de financiamiento.

Las actividades de monitoreo podrán realizarse mediante evaluaciones técnicas periódicas, reuniones regionales de coordinación, revisiones de implementación, informes técnicos, consultas con actores clave, evaluaciones de desempeño operacional, evaluaciones de capacitación y actividades regionales de intercambio de conocimientos.

Tabla 7. Marco Indicativo de Monitoreo e Indicadores Clave de Desempeño (KPI)

Eje	KPI de mediano plazo (Años 3–5)	KPI de largo plazo (Años 5–10)
Eje 1: Gobernanza, Políticas y Financiamiento	• Número de países con mecanismos activos de coordinación entre SMHN e instituciones del sector energético • Número de actividades de participación de actores y cooperación regional implementadas • Número de políticas, estrategias o marcos de planificación nacionales que integran servicios climáticos para el sector energético • Monto de financiamiento	• Número de países que institucionalizan servicios climáticos dentro de sistemas de gobernanza y planificación energética • Monto de financiamiento de largo plazo asegurado para servicios energéticos a nivel nacional y regional • Número de marcos regionales y nacionales de cooperación sostenidos en el tiempo • Mayor integración de servicios

Eje	KPI de mediano plazo (Años 3–5)	KPI de largo plazo (Años 5–10)
Eje 2: Datos, Infraestructura y Sistemas Digitales	movilizado para servicios climáticos e iniciativas hidrometeorología–energía	climáticos en procesos regulatorios y de inversión energética • Número de carteras regionales de inversión y conceptos de proyectos bancables desarrollados
	• Número de países que completan evaluaciones de datos, interoperabilidad e infraestructura observacional para energía • Número de acuerdos operacionales de intercambio de datos y marcos de interoperabilidad establecidos • Número de sistemas observacionales modernizados o fortalecidos para aplicaciones energéticas • Número de repositorios interoperables, APIs y sistemas digitales operacionales desplegados para aplicaciones energéticas	• Número de países utilizando o conectados a infraestructura interoperable CSIS para aplicaciones energéticas • Cobertura regional y disponibilidad operacional de infraestructura observacional y digital modernizada • Mayor intercambio operacional e interoperabilidad de datos hidrometeorológicos y energéticos • Número de plataformas digitales y repositorios regionales operacionales sostenidos en el tiempo • Mayor accesibilidad, confiabilidad y uso operacional de datos climáticos relevantes para energía
	• Número de productos energéticos desarrollados o desplegados para el sector energético • Número de iniciativas piloto y demostrativas implementadas a nivel nacional y regional • Número de herramientas basadas en IA, aplicaciones de analítica avanzada o sistemas de pronóstico operacionalizados • Número de países que integran proyecciones climáticas y cartografía de recursos renovables en procesos de planificación • Número de sistemas operacionales de pronóstico basado en impactos, monitoreo de sequías o gestión de riesgo climático establecidos para aplicaciones energéticas	• Número de países que integran operacionalmente servicios climáticos a lo largo de la cadena de valor energética • Mayor uso operacional de sistemas de pronóstico y apoyo a decisiones basados en información climática • Mayor resiliencia y continuidad operacional de sistemas energéticos expuestos a riesgos climáticos • Número de sistemas WEF, alerta temprana y gestión de riesgo climático escalados en la región
Eje 4: Desarrollo de Capacidades y Capital Humano	• Número de actividades regionales de capacitación, talleres técnicos y seminarios virtuales implementados • Número de profesionales capacitados en servicios climáticos para el sector energético • Número de programas de certificación o marcos de competencias establecidos • Número de países	• Número de países que institucionalizan sistemas de capacitación y certificación de largo plazo • Retención y continuidad del personal técnico capacitado dentro de instituciones participantes • Número de redes regionales de expertos y mecanismos de colaboración

Eje	KPI de mediano plazo (Años 3–5)	KPI de largo plazo (Años 5–10)
	participando activamente en actividades regionales de intercambio de conocimientos	operacional sostenidos • Mayor capacidad institucional y operacional para el desarrollo y provisión de servicios climáticos para energía • Número de programas continuos de desarrollo profesional y fortalecimiento de capacidades operacionales en la región

9. Coordinación Regional y Participación Institucional

La implementación sostenible del Plan a lo largo del tiempo requerirá una sólida coordinación regional y una colaboración sostenida entre los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), instituciones energéticas, organizaciones regionales, academia y actores privados del sector energético.

El Plan promueve un enfoque de implementación colaborativo y flexible que aprovecha alianzas regionales existentes, redes técnicas e institucionales y actividades en curso bajo iniciativas regionales de la OMM, los proyectos ENANDES y ENANDES+, y los Centros Climáticos Regionales (CCR). La implementación del Plan también se beneficia del fortalecimiento de la colaboración con organizaciones regionales relacionadas con clima y energía. La siguiente matriz presenta una visión general de diversos actores de la región y sus posibles roles y contribuciones al Plan.

Tabla 8. Actores Regionales y Roles Indicativos para la Implementación del Plan

Actor	Roles indicativos y potenciales contribuciones
Oficina Regional para las Américas de la OMM (RAM) y mecanismos de gobernanza de la OMM	Liderar la coordinación regional y apoyar la implementación del Plan en colaboración con todos los actores relevantes. Facilitar la alineación con los mecanismos regionales de gobernanza, marcos técnicos y prioridades regionales de la OMM, apoyando la coordinación entre los CCR, SMHN, socios regionales y redes técnicas. Apoyar el establecimiento de redes regionales de expertos en energía, mecanismos de implementación y actividades de movilización de recursos cuando sea necesario.
Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN)	Principales proveedores de servicios climáticos para el sector energético a nivel nacional, con un rol central en el establecimiento de mecanismos nacionales de coordinación y diálogo con actores clave, alineados con los Marcos Nacionales para los Servicios Climáticos (NFCS) y el presente Plan.
Instituciones académicas y centros de investigación	Actores clave para llevar la ciencia hacia aplicaciones operacionales y apoyar actividades de transición de investigación a operaciones. Sus contribuciones potenciales incluyen el desarrollo metodológico,

Actor	Roles indicativos y potenciales contribuciones
	aplicaciones de inteligencia artificial e integración de tecnologías emergentes en servicios energéticos avanzados.
Ministerios de energía y autoridades nacionales	Principales usuarios del sector público y socios institucionales estratégicos para integrar servicios climáticos en planificación energética, desarrollo de infraestructura, estrategias de resiliencia, marcos regulatorios y procesos nacionales de transición energética. Pueden facilitar la coordinación entre SMHN, empresas de servicios públicos, reguladores y actores operacionales del sector energético.
Empresas de servicios públicos, operadores de transmisión (TSO) y compañías energéticas	Principales usuarios operacionales finales de los servicios climáticos para el sector energético. Sus contribuciones potenciales incluyen la adopción operacional y el co-desarrollo de servicios de pronóstico, gestión de riesgos y apoyo a la toma de decisiones, así como la integración de información climática en planificación operacional, despacho, mantenimiento, resiliencia e inversión.
Centros Climáticos Regionales (CCR) y redes técnicas regionales	Apoyar el desarrollo e implementación de productos climáticos regionales, servicios de pronóstico, perspectivas climáticas y productos operacionales adaptados al sector energético. Los CCR pueden además apoyar la coordinación regional, la armonización metodológica y el escalamiento de servicios energéticos operacionales entre países e instituciones.
Organizaciones regionales de energía y meteorología	Proporcionar plataformas regionales importantes para coordinación, diálogo político, cooperación técnica, integración regional y fortalecimiento de sinergias entre iniciativas energéticas y meteorológicas. Entre las organizaciones relevantes se incluyen la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), la Comisión de Integración Energética Regional (CIER), el Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), la Comunidad del Caribe (CARICOM) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
Bancos de desarrollo e instituciones financieras	Representar potenciales socios para el cofinanciamiento de proyectos. Entre las instituciones relevantes se incluyen el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial (BM) y el Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF).
Sector privado, proveedores tecnológicos y desarrolladores de servicios	Contribuir a la innovación, despliegue operacional, transferencia tecnológica y escalamiento de soluciones avanzadas de servicios climáticos, así como al co-desarrollo de sistemas de apoyo a la toma de decisiones para el sector energético.
Redes regionales de expertos y comunidades de práctica	Apoyar la colaboración regional de largo plazo, el intercambio técnico de conocimientos, el aprendizaje entre pares, la difusión de metodologías y lecciones aprendidas, y el fortalecimiento de capacidades técnicas y operacionales para los servicios climáticos en el sector energético.

Anexo 1: Resultados de la Consulta Regional de Expertos durante el Taller de Servicios Energéticos de la OMM bajo el proyecto ENANDES (Asunción, Paraguay, noviembre de 2025)

Las brechas, necesidades, prioridades y desafíos de implementación que constituyen la base de este Plan Regional fueron identificados durante el Taller Regional de la OMM sobre Servicios Hidrometeorológicos para el Sector Energético y el Nexa Agua–Energía–Alimentos–Ecosistemas (WEFE), realizado en Asunción, Paraguay, del 24 al 28 de noviembre de 2025 en el marco del proyecto ENANDES.

El taller, organizado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) a través de la Oficina Regional para las Américas (RAM) y el proyecto ENANDES, reunió a más de 20 expertos y representantes de Chile, Perú, Argentina, Ecuador, Paraguay, Uruguay, Cuba, Costa Rica y Panamá, con participación virtual adicional de Colombia y México. Los participantes incluyeron representantes de Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN), ministerios de energía, Centros Climáticos Regionales (CCR), academia, organizaciones regionales, instituciones técnicas y socios para el desarrollo.

Durante el taller se realizaron sesiones interactivas y participativas específicas para identificar brechas regionales y nacionales, necesidades, desafíos de implementación, oportunidades y acciones prioritarias relacionadas con los servicios climáticos para el sector energético. Las discusiones abordaron diversos aspectos técnicos, operacionales, institucionales y de cooperación regional relevantes para el desarrollo y operacionalización de servicios climáticos para el sector energético en Centro y Sudamérica. Los resultados de estas consultas proporcionaron una base fundamental para el desarrollo de los ejes estratégicos, actividades y prioridades de implementación propuestas bajo este Plan Regional

