

CIGRE Study committee

PROPOSAL FOR THE CREATION OF A NEW WORKING GROUP

JWG B4.C4.7

NOMBRE DEL COORDINADORES: Gabriel E. Mejía Ruiz y Ernesto Pérez González

e-mail: gabriel.mejia.ruiz@correounivalle.edu.co & eperezg@unal.edu.co

TÍTULO DEL GRUPO Modelos EMT para recursos basados en inversores conectados a la red—Guía de buenas prácticas para el contexto colombiano

EL WG SE APLICA A LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN: SI

TRANSICIÓN ENERGÉTICA

3 / Digitalización

7 / Consumidores / Prosumidores

PUNTOS A TENER EN CUENTA PARA EL GRUPO DE TRABAJO

- Liderar la revisión de **requisitos mínimos y recomendados** para modelos EMT de recursos basados en inversores (IBR), orientados a los **casos de uso colombianos** en interconexión, planeación y operación.
- Establecer un **marco de verificación y validación** con criterios de aceptación, trazabilidad de parámetros y evidencia documental, aplicable a modelos para los IBR
- Proponer un **flujo de trabajo estándar** para estudios EMT en Colombia, incluyendo preparación del caso, selección de eventos, manejo numérico (paso de integración/solvers/condiciones iniciales) y formatos de reporte, para uso consistente entre agentes, operadores y consultores.
- Articular, de ser posible, el trabajo con **XM (operación y planeación operativa), UPME (planeación), CREG (marco regulatorio) y el MinEnergía**, para que la guía sea utilizable como insumo técnico en procedimientos y requerimientos del país, sin duplicar esfuerzos existentes.
- Vincular a **generadores, desarrolladores y universidades/labs** para recopilar lecciones aprendidas nacionales (fallas de modelado típicas, errores de parametrización, límites de los modelos RMS vs EMT, interacción control–protección) y convertirlas en buenas prácticas y “checklists”.
- Proponer un banco de casos de estudio **de referencia (benchmark tests)** para fenómenos relevantes en Colombia (p. ej., redes débiles, limitación de corriente, FRT/LVRT/HVRT, controles GFL/GFM, interacción con protección), con métricas cuantitativas para comparación y aceptación.
- Promover capacidades de **formación y adopción** (talleres, guías rápidas y plantillas) para reducir brechas de implementación en el ecosistema colombiano y aumentar reproducibilidad, calidad y consistencia entre estudios.

PROBLEMA TÉCNICO A SOLUCIONAR POR EL WG

La creciente penetración de recursos basados en inversores (IBR), con controles definidos por software, está introduciendo fenómenos dinámicos y transitorios que limitan la suficiencia de los estudios tradicionales en dominio fasorial para soportar decisiones de interconexión, planeación y planeación operativa. En estos casos, el análisis EMT se vuelve necesario porque la fidelidad del modelo, la interacción control–red y la respuesta ante disturbios determinan el desempeño del recurso y su impacto sistémico. El reto técnico consiste en disponer de modelos EMT consistentes, trazables y utilizables, junto con un flujo de trabajo reproducible para preparar casos, ejecutar simulaciones y

reportar resultados comparables, considerando además la gestión del ciclo de vida del activo, ya que cambios de firmware o ajustes de control pueden invalidar estudios previos. El WG consolidará requisitos y prácticas de verificación y validación (V&V), definiendo criterios de aceptación, evidencia mínima y chequeos previos (timestep, pruebas unitarias, condiciones iniciales y estabilidad), adaptados al contexto colombiano (SIN y distribución) y útiles como insumos para procedimientos y, cuando aplique, soporte normativo/regulatorio.

BENEFICIOS POTENCIALES DEL TRABAJO DEL WG

En Colombia no existe un espacio técnico interdisciplinario dedicado a definir, comparar y asegurar la calidad de los modelos EMT de recursos basados en inversores (IBR) para estudios de interconexión, planeación y operación. La creación de este WG desde CIGRE Colombia puede generar los siguientes beneficios:

- Consolidarse como **referente nacional** en requisitos, verificación y buenas prácticas de modelado EMT para IBR, con proyección regional.
- Reducir la incertidumbre técnica y los reprocesos mediante **criterios de aceptación y validación** estandarizados, aumentando la confianza en resultados para el SIN y redes de distribución.
- Mejorar la eficiencia de los estudios al definir un **flujo de trabajo reproducible** (preparación de casos, chequeos numéricos, ejecución y reporte), habilitando comparabilidad entre agentes y consultores.
- Facilitar la **interoperabilidad y portabilidad** de modelos entre herramientas, con lineamientos de empaquetado, trazabilidad de parámetros, control de versiones y resguardo de propiedad intelectual.
- Fortalecer la toma de decisiones de XM, UPME, Operador de Red, Sistema de Transmission Regional y agentes, al disponer de **checklists, plantillas y pruebas benchmark** alineadas con fenómenos relevantes (interacción control–red, limitación de corriente, FRT, redes débiles).
- Proveer insumos técnicos para **procedimientos y, cuando aplique, desarrollos regulatorios**, apoyando a entidades nacionales (CREG/MinEnergía) con evidencia técnica verificable.
- Capturar y sistematizar **lecciones aprendidas** del despliegue de IBR en Colombia, transformándolas en recomendaciones accionables para mejorar confiabilidad, tiempos de estudio y calidad del modelado.

CONTEXTO-ANTECEDENTES

La transición hacia sistemas eléctricos con mayor penetración de recursos basados en inversores (IBR) está desplazando el foco de análisis desde dinámicas predominantemente electromecánicas hacia fenómenos dominados por control digital, limitación de corriente y conmutación rápida. Este cambio aumenta la relevancia de los transitorios electromagnéticos y de la interacción control–red en eventos de corta duración, por lo que los enfoques tradicionales en dominio fasorial pueden resultar insuficientes para ciertos casos de interconexión, planeación y planeación operativa. En consecuencia, la capacidad de ejecutar estudios EMT (Electromagnetic Transients) con criterios consistentes de calidad se vuelve un requisito técnico para decisiones trazables.

La experiencia internacional reciente ha consolidado guías específicas para definir requisitos de modelo EMT y prácticas de verificación, destacando que el problema no se limita a disponer de un modelo ejecutable. Se requiere evidencia de que la parametrización representa el activo real y de que el comportamiento simulado es coherente con el diseño y los límites de control, especialmente bajo disturbios. Esta necesidad se amplifica en IBR debido a la dependencia del desempeño respecto a configuraciones de control y versiones de firmware, que pueden cambiar durante la vida útil del proyecto y alterar de forma material la respuesta transitoria.

En el contexto colombiano, la diversidad de tecnologías y proveedores, junto con la coexistencia de exigencias de confiabilidad en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) y en redes de distribución, demanda un lenguaje común para especificar “qué debe entregar” un modelo EMT y “cómo se demuestra” su validez para un caso de estudio dado. Sin un marco homogéneo, es frecuente que los

resultados no sean comparables entre agentes y consultores, que los tiempos de preparación del caso se incrementen por reprocesos, y que la toma de decisiones se soporte en supuestos implícitos difíciles de auditar. El vacío principal es metodológico y de gobernanza técnica: faltan criterios de aceptación, formatos de evidencia y procedimientos replicables.

La práctica de estudios dinámicos en Colombia se enmarca en procesos formales de **conexión al Sistema Interconectado Nacional (SIN)** y de gestión de información de red que involucran a entidades como **UPME** (gestión de solicitudes de conexión/capacidad) y **XM** (operador del sistema y administrador del mercado). En este contexto, la credibilidad de un estudio EMT depende simultáneamente de la fidelidad del modelo IBR y de un control de calidad numérico previo, ya que decisiones de interconexión y operación pueden quedar condicionadas por artefactos de simulación si no se estandarizan prácticas mínimas. Ese aseguramiento debe incorporar chequeos reproducibles del caso y del entorno de ejecución, además de la consistencia de condiciones iniciales y pruebas de estabilidad en régimen permanente. El énfasis en estandarización y trazabilidad es coherente con la evolución regulatoria para permitir y ordenar la conexión y operación de plantas solares y eólicas, así como con el marco de requisitos de protecciones definido por acuerdos del CNO.

Con el fin de cerrar estas brechas, el grupo de trabajo **“Modelos EMT para recursos basados en inversores conectados a la red—Guía de buenas prácticas para el contexto colombiano”** se plantea como un espacio interdisciplinario para consolidar buenas prácticas aplicables por actores nacionales en interconexión, planeación y operación, tanto en el SIN como en ámbitos asociados a la modelación de redes de distribución. En particular, XM ha publicado guías específicas relacionadas con la presentación de modelos de red del **SDL**, lo cual refuerza la necesidad de criterios claros de calidad, consistencia y verificabilidad de información técnica que alimenta estudios. El objetivo operativo del WG consiste en adaptar marcos internacionales de requisitos y verificación a procedimientos locales, produciendo lineamientos, criterios de aceptación y evidencia mínima que habiliten comparabilidad entre estudios, gestión de versiones del modelo y reducción de incertidumbre técnica en decisiones del sistema.

ALCANCE

1. Analizar los requisitos a nivel internacional y el contexto local, para modelado de EMT en sistemas eléctricos con incorporación de recursos basados en inversores (IBR) con aplicabilidad a estudios de interconexión, planeación y análisis posoperativo en Colombia.
1. Caracterizar y analizar a través de encuestas la madurez de análisis EMT en el contexto colombiano tanto en la academia como en la industria para entender las posibilidades de integración.
2. Definir y consolidar un **conjunto mínimo de requerimientos de entrega** para modelos EMT de IBR, incluyendo documentación, trazabilidad de parámetros, gestión de versiones y evidencia de pruebas, diferenciando componentes a nivel de unidad, planta y red equivalente.
3. Establecer un **marco de buenas prácticas y criterios de aceptación** para la verificación de calidad de modelos EMT y de casos de estudio, incluyendo checklists previos a simulación, consistencia de condiciones iniciales, selección de paso de integración y pruebas de estabilidad en régimen permanente, para asegurar resultados comparables y reproducibles.
4. Proponer lineamientos de **interoperabilidad y portabilidad** de modelos EMT entre herramientas, contemplando protección de propiedad intelectual, empaquetado mínimo de entrega, mecanismos de intercambio y control de configuración.
5. Divulgar los productos del WG mediante guías, plantillas y actividades de transferencia de conocimiento, y generar insumos técnicos reutilizables que puedan incorporarse en procedimientos de agentes y operadores y, cuando sea pertinente, apoyar desarrollos normativos o regulatorios aplicables en Colombia y la región.

ENTREGABLES

- Informe Anual de Progreso y Actividad a la Comisión de Estudios
- Informe final con resultados significativos para Electra
- Artículo Técnico – Seminario CIGRE

TIEMPO DE TRABAJO

24 meses

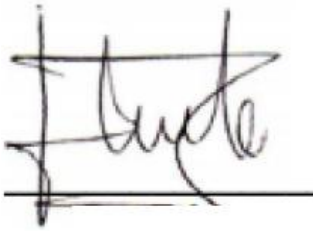
Fecha inicio: Abril – 2026

Fecha final: Marzo – 2028

CRONOGRAMA

- Actualización de empresas miembros (comités nacionales) Q2 2026
- Ajustes al plan de trabajo con todos los miembros Q2 2026
- Informe parcial de progreso y actividad (versión 1.0 de guía + pilotos) Q2 2027
- Informe anual de progreso y actividad + resultados significativos para Electra (año 2) Q2 2027
- Segundo informe parcial (cierre técnico) Q4 2027
- Artículo técnico / actualización (resultados finales y adopción) Q1 2028
- Informe final de cierre (guía v2.0 + anexos y material de transferencia) Q2 2028

APROBACIÓN POR EL RESPONSABLE CONSEJO TÉCNICO



FECHA: 20 de Abril de 2026