



PLAN OPERATIVO CIGRE COLOMBIA

COMITÉ TÉCNICO

MAYO 2022

CONTENIDO

COMITÉ TÉCNICO.....	4
INTEGRANTES DEL COMITÉ TÉCNICO.....	5
1. INTRODUCCIÓN	8
1. COMITÉ DE ESTUDIOS SC A1 - MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS.....	9
2. COMITÉ DE ESTUDIOS SC A2 – TRANSFORMADORES Y REACTORES DE POTENCIA 12	12
.....	12
3. COMITÉ DE ESTUDIOS SC B2 – LÍNEAS ÁEREAS	14
.....	14
4. COMITÉ DE ESTUDIOS SC B3 - SUBESTACIONES E INSTALACIONES ELÉCTRICAS	16
5. COMITÉ DE ESTUDIOS SC B4 - HVDC Y ELECTRÓNICA DE	19
6. COMITÉ DE ESTUDIOS SC B5 - PROTECCIONES Y AUTOMATISMOS.....	22
7. COMITÉ DE ESTUDIOS SC C2 - OPERACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA	26
8. COMITÉ DE ESTUDIOS SC C3 - COMPORTAMIENTO MEDIOAMBIENTAL DEL SISTEMA	28
9. COMITÉ DE ESTUDIOS SC C4 - DESEMPEÑO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA.....	31
10. COMITÉ DE ESTUDIOS SC C5 - MERCADOS DE ELECTRICIDAD Y REGULACIÓN...	35
11. COMITÉ DE ESTUDIOS SC C6 - SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN Y GENERACIÓN DISPERSA	37
12. COMITÉ DE ESTUDIOS SC D2 - SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES	40
.....	40
13. NEXT GENERATION NETWORK (NGN).....	43



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pilares de la estrategia Nacional9

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Grupos de Trabajo del SC A1	10
TABLA 2. Plan operativo del SC A1	11
TABLA 3. Grupos de trabajo del SC A2	13
TABLA 4. Grupos de trabajo del SC B3	15
TABLA 5. Grupos de trabajo del SC B3	17
TABLA 6. Plan operativo del SC B3	18
TABLA 7. Grupos de trabajo del SC B4	21
TABLA 8. Plan Operativo del SC B4	21
TABLA 9. Grupos de trabajo del SC B5	23
TABLA 10. Plan operativo del SC B5.	24
TABLA 11. Nuevos Grupos de trabajo del SC C2	27
TABLA 12. Grupos de trabajo del SC C3	29
TABLA 13. Grupos de trabajo del SC C3	30
TABLA 14. Grupos de trabajo del SC C4.	32
TABLA 15. Plan operativo del SC C4	33
TABLA 16. Grupo de trabajo del SC C5	36
TABLA 17. Grupos de trabajo del SC C6	39
TABLA 18. Plan operativo del SC C6.	39



COMITÉ TÉCNICO

El comité técnico está conformado por cada uno de los líderes de los diferentes Comités de Estudio (SC) de CIGRE Colombia que estén activos, actualmente se cuenta con 13 comités de estudio.

Sus principales funciones son:

- ✓ Elaborar Plan Estratégico de actividades académicas para los Comités de Estudio
- ✓ Proponer la disolución o creación de Comités de Estudio
- ✓ Seleccionar las temáticas preferenciales para los eventos de CIGRE Colombia
- ✓ Supervisar el trabajo de los Comités de Estudio
- ✓ Aprobar Grupos de Trabajo
- ✓ Realizar estudios relacionados con el funcionamiento de los Comités de Estudio
- ✓ Indagar las necesidades de la industria eléctrica particulares del país e integrarla a cada uno de los grupos de trabajo (WG).



INTEGRANTES DEL COMITÉ TÉCNICO

Nombre	Cargo
Eduardo Gómez Luna	Presidente
Luz Natalia Mejía	Secretaria

#	Líder	Comité de Estudios	Institución
1	Enrique Ciro Quispe Oqueña ecquispe@uao.edu.co	SC A1 - Máquinas eléctricas rotativas	Universidad Autónoma de Occidente UAO
2	Diego Fernando García diego.garcia@correounivalle.edu.co	SC A2 - Transformadores y Reactores de potencia	Universidad del Valle UNIVALLE
3	José Daniel Soto Ortiz jsoto@uninorte.edu.co	SC B2 - Líneas Áreas	Universidad del Norte UNINORTE
4	Elkin Adolfo Ceballos Buitrago eaceballos@h-mv.com	SC B3 - Subestaciones e instalaciones eléctricas	Hidroestudios Mejía Villegas HMV
5	Jorge Wilson González jorgew.gonzalez@upb.edu.co	SC B4 - HVDC y Electrónica de Potencia	Universidad Pontificia Bolivariana UPB
6	Juan Fernando Piñeros jpineros@XM.com.co Fabio Hernández Fúquene fabio.hernandez@hart-ecc.com	SC B5 - Protecciones y Automatismos	Compañía de Expertos en Mercados XM Hernández, Almonacid, Roa, Teyes



			HART
7	Jorge Andrés Mola jmola@xm.com.co Carlos Arturo Vanegas cavanegas@xm.com.co	SC C2 - Operación y Control del Sistema	Compañía de Expertos en Mercados XM
8	Luz Natalia Mejía luz.mejia@pti-sa.com.co	SC C3 - Comportamiento medioambiental del sistema	Potencia y Tecnologías Incorporadas PTI
9	Ernesto Pérez González eperezg@unal.edu.co	SC C4 - Desempeño de Sistemas eléctricos de potencia	Universidad Nacional de Colombia UNAL
10	Martha Maria Gil Zapata mgil@XM.com.co	SC C5 - Mercados de electricidad y Regulación	Compañía de Expertos en Mercados XM
11	Eduardo Gómez Luna eduardo.gomez@correounivalle.edu.co	SC C6 - Sistemas de distribución y generación dispersa	Universidad del Valle UNIVALLE
12	Diego Andrés Zuluaga Urrea dzuluagau@gmail.com	SC D2 - Sistemas de información y telecomunicaciones	AXA COLPATRIA
13	Pedro Fabián Lozada Ayala plozada@isa.com.co	NGN – Next Generation Network	Interconexión Eléctrica S.A. ISA



RESUMEN

Este documento presenta el plan operativo de los 12 comités de estudios (SC) actualmente constituidos en CIGRE Colombia junto con el programa del NGN (Next Generation Network) los cuales se podrán detallar y encontrar en la página web: (<http://www.cigrecolombia.org/Pages/Home.aspx>), cada uno de los temas abordados por los diferentes comités de estudio apuntan a los requerimientos y necesidades que tiene actualmente el país, alineados con los temas que se vienen trabajando por CIGRE internacional, en las siguientes temáticas:

1. SC A1 - Máquinas eléctricas rotativas
2. SC A2 - Transformadores y Reactores de potencia
3. SC B2 – Líneas Aéreas
4. SC B3 - Subestaciones e instalaciones eléctricas
5. SC B4 - HVDC y Electrónica de Potencia
6. SC B5 - Protecciones y Automatismos
7. SC C2 - Operación y Control del Sistema
8. SC C3 - Comportamiento medioambiental del sistema
9. SC C4 - Desempeño de Sistemas eléctricos de potencia
10. SC C5 - Mercados de electricidad y Regulación
11. SC C6 - Sistemas de distribución y generación dispersa
12. SC D2 - Sistemas de Información y Telecomunicaciones
13. NGN – Next Generation Network

Cada uno de los comités de estudio contiene grupos de trabajo (WG) liderados por profesionales de gran experiencia en las diferentes temáticas abordadas, integrando la academia y la industria como pilar fundamental para soportar y ayudar al crecimiento y desarrollo ante las necesidades, requerimientos y desafíos que tiene actualmente Colombia.



1. INTRODUCCIÓN

CIGRÉ COLOMBIA, es una Asociación de Derecho Privado del orden nacional, de carácter civil, sin ánimo de lucro, entre personas naturales y jurídicas del Sector Público y Privado junto con Instituciones de Educación Superior y Centros de Desarrollo Tecnológico, regidas por las leyes colombianas, tiene por objeto facilitar y promover el intercambio de conocimientos técnicos e información entre la organización central del Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas – CIGRÉ.

CIGRÉ (Consejo Internacional de Grandes Sistemas Eléctricos) es una asociación internacional permanente, no gubernamental y sin fines de lucro. Con sede en Francia, CIGRÉ fue fundada en 1921. CIGRÉ es una organización internacional dedicada al desarrollo del sector de suministro de energía a través de la identificación y el desarrollo de soluciones a problemas de la industria, con miembros en más de 80 países, es la organización líder mundial en sistemas de energía eléctrica, cubriendo sus aspectos técnicos, económicos, ambientales, operativos, organizacionales y regulatorios.

Los principales objetivos de CIGRÉ son:

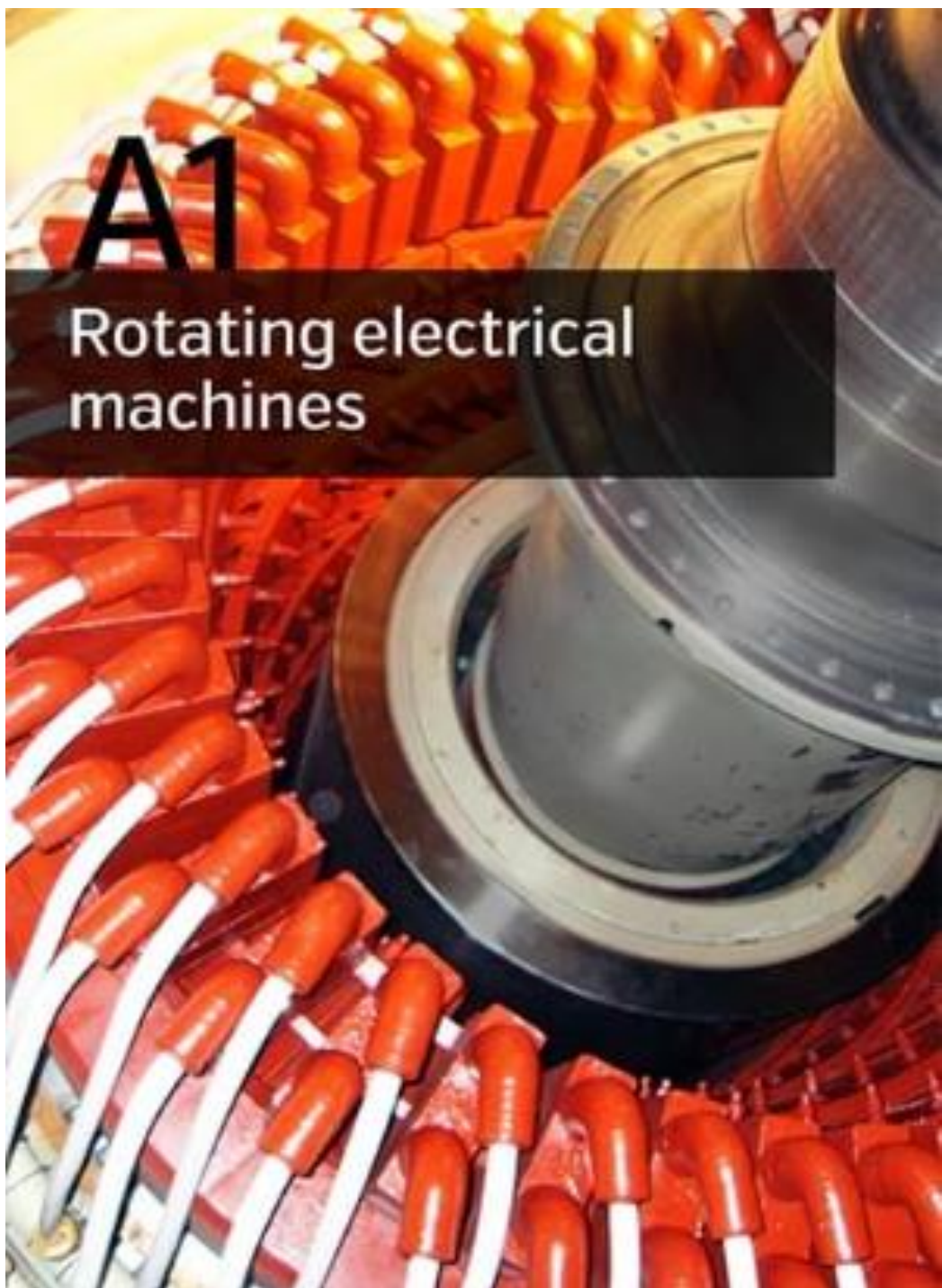
- ✓ Desarrollar y facilitar el intercambio de conocimiento e información de ingeniería en el campo de los sistemas de energía eléctrica
- ✓ Agregar valor al conocimiento e información intercambiada al sintetizar las prácticas del estado del arte y del mundo
- ✓ Poner el trabajo de CIGRÉ a disposición de los jugadores de la industria de la energía eléctrica: especialistas, gerentes, tomadores de decisiones, reguladores y el mundo académico
- ✓ Promover y dar dirección a la investigación original relevante para los sistemas de energía eléctrica
- ✓ Más específicamente, los asuntos relacionados con el desarrollo, operación y administración de los sistemas de energía



1. COMITÉ DE ESTUDIOS SC A1 - MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS

Las máquinas eléctricas rotatorias, actuando como generadores eléctricos, producen el 96% de la electricidad mundial constituyéndose en pieza clave de nuestra civilización moderna. Así mismo actuando como motores eléctricos transforman el 53% de la electricidad para mover los procesos productivos, crear el confort en las edificaciones y el sector residencial, esta participación aumentara con el crecimiento de la movilidad eléctrica. Por lo anterior las máquinas eléctricas rotativas representan una tecnología fundamental de toda sociedad desarrollada y es importante tener el conocimiento necesario para su diseño, fabricación, selección, montaje e instalación, operación, así como los métodos para su mantenimiento, diagnóstico, reparación, reutilización; pues este conocimiento nos permitirá usar en forma más eficiente y económica los diversos tipos de máquinas eléctricas rotativas protegiendo a la vez el medio ambiente.

En este contexto el **Comité de Estudios SC A1 Máquinas eléctricas rotativas**, de CIGRE Colombia, busca aportar al desarrollo energético nacional abordando el estudio de los generadores eléctricos tipo turbogeneradores, hidrogeneradores y los que se usen para ser aplicados a energías renovables donde la velocidad del generador es variable, asimismo el estudio de los diversos tipos de motores eléctricos. Se estudian las etapas del ciclo de vida de las máquinas eléctricas rotativas, desde el diseño, la producción, la operación y el fin de su vida útil.



En todas estas etapas, se abordan los aspectos de seguridad, económicos, ambientales, y su integración con el proceso energético considerando el medio ambiente. Se consideran temas claves como la teoría de operación y diseño, la especificación, la aplicación de técnicas de prueba, la determinación del desempeño energético, la confiabilidad de operación, el monitoreo, el diagnóstico, la reparación, la remanufactura y el mantenimiento. Lo anterior explica la relación entre el estado de desarrollo energético de un país y el estado de conocimiento de las máquinas eléctricas rotativas, como el **Comité de Estudios CIGRE A1 Máquinas eléctricas rotativas** solo se han establecido en Argentina, Brasil y México, y recientemente en Colombia.

Es interesante observar que el reglamento técnico de etiquetado RETIQ dado en Colombia el 2015, estableció un cronograma para ir aumentando en forma obligatoria la clase de eficiencia de los motores a ser comercializados. De esta manera desde el año 2021 solo se puede comercializar en Colombia motores de inducción de clase de eficiencia IE3 o de eficiencia Premium y de eficiencias superiores, lo que ha significado un avance de Colombia en América Latina, pero también aparece el desafío de conocer como seleccionar adecuadamente estos motores y como afecta la calidad de la energía a estos motores. Por otro lado, la geografía colombiana ha posibilitado que el 70% de la energía eléctrica la produzcan las hidroeléctricas, dando lugar a una gran estructura eléctrica basada en hidrogenadores que requieren conocimientos de alto nivel en el mantenimiento, la reparación, el diagnóstico.

Con el fin de integrar a Colombia como participante del estado del arte mundial en el tema de máquinas eléctricas rotatorias el **Comité de Estudios CIGRE A1 Máquinas eléctricas rotativas**, busca aportar al desarrollo energético nacional generando conocimiento aplicado que aporte al desarrollo del sector de usuario de máquinas eléctricas a nivel nacional y que sirva de referencia a otros países. Así mismo facilitar y promover el intercambio de información y conocimiento en el campo de las máquinas eléctricas rotativas y agregar valor a esta información y conocimiento mediante la elaboración de recomendaciones prácticas y de síntesis de aplicaciones prácticas de vanguardia.

Con el objetivo de cumplir su propósito el **Comité de Estudios CIGRE A1 Máquinas eléctricas rotativas**, se ha estructurado en 5 grupos de trabajo presentados en la **TABLA 1**.

TABLA 1. Grupos de Trabajo del SC A1

Grupos de Trabajo (WG)	Lider	Empresa
WG A 1.1 Impacto calidad energía en motores de alta eficiencia	Enrique Ciro Quispe Oqueña	UAO
WG A 1.2 Compensadores síncronos en redes de alta penetración de renovables	Ana Julieth Marín	UTP
WG A1.3 Monitoreo y diagnóstico de máquinas eléctricas de inducción	Harold Diaz	Univalle
WG A1.4 Diagnostico de grandes máquinas eléctricas rotativas	Jairo Palacios	Univalle
WG A1.5 Motores eléctricos para movilidad eléctrica	Filiberto Bojaca	Consultor Independiente

Con el objetivo de establecer el plan operativo los grupos de estudio establecieron su objeto de estudio y un plan de actividades para los años 2022 y 2023. Así, el plan operativo del SC A1 fue establecido y se presenta en la **TABLA 2**.



TABLA 2. Plan operativo del SC A1

WG	Objetivo	Entregables	Inicio	Fin	
WG A1.1	Se pretende generar un Reporte Técnico "Impacto de la calidad de la energía en el desempeño de motores de alta eficiencia", que analizara esta problemática y propondrá soluciones que serán beneficiosas para la industria y para el desarrollo de proyectos académicos. Así mismo se realizará un Webinar donde se expondrán los aspectos más relevantes del Reporte Técnico.	Reporte Técnico	X	01-04-2022	30-04-2023
		Webinar	X	01-11-2022	30-05-2023
		Ponencia Seminario	X	01-06-2022	30-10-2022
WG A1.2	Se pretende generar un reporte técnico y realizar su divulgación a partir de un webinar sobre los compensadores síncronos y el rol de estos en la cadena de energía, con el fin de complementar a la formación de los ingenieros en el área de compensadores síncronos.	Reporte Técnico	X	01-04-2022	30-04-2023
		Webinar	X	01-11-2022	30-08-2023
		Ponencia Seminario	X	01-11-2022	30-10-2022
WG A1.3	De acuerdo con los integrantes del grupo se definió generar un Reporte Técnico sobre el tema definido. Y un webinar que difunda los resultados del reporte. Este se apoyará en las experiencias e investigaciones de los miembros integrantes del comité.	Reporte Técnico	X	01-04-2022	30-08-2023
		Webinar	X	01-06-2022	30-10-2023
		Ponencia Seminario	X	01-04-2022	30-10-2022
WG A1.4	Se plantea recopilar las experiencias en sector productivo y académico. A partir de esto presentar un reporte técnico que permita identificar el estado del arte que se tienen a nivel nacional según la información recopilada por los integrantes Se preparará la realización de un Webinar donde se expondrán los aspectos más relevantes del Reporte Técnico.	Reporte Técnico	X	01-04-2022	30-03-2023
		Webinar	X	01-04-2022	30-03-2023
		Ponencia Seminario	X	01-04-2022	30-10-2022
WG A1.5	Se propone entonces realizar durante el transcurso de un año, un par de webinars dirigidos a los distintos actores del mercado de la movilidad eléctrica con el fin de difundir el conocimiento del estado actual de la tecnología, y los desarrollos que se están dando en esta área, información que seguramente servirá para direccionar este sector en el futuro en Colombia. Se preparará también un Reporte Técnico ilustrativo que recoja los aspectos más importantes de los webinars que sirvan de memorias de las actividades.	Reporte Técnico	X	01-04-2022	30-04-2023
		Webinar	X	01-07-2022	30-06-2023
		Ponencia Seminario	X	01-07-2022	30-10-2022



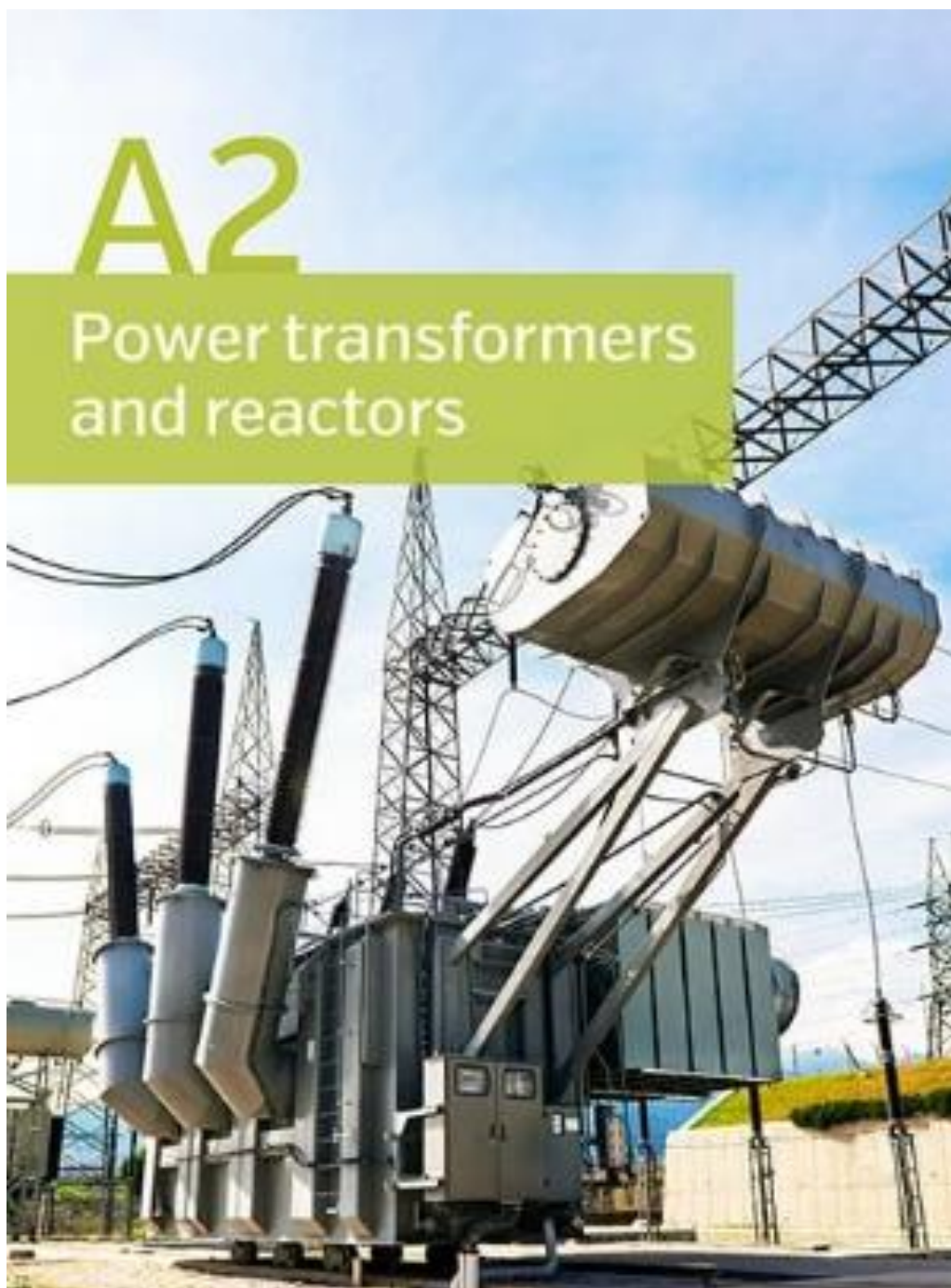
2. COMITÉ DE ESTUDIOS SC A2 – TRANSFORMADORES Y REACTORES DE POTENCIA

El transformador eléctrico es uno de los elementos más importantes en todo sistema eléctrico, este se encarga de interconectar los elementos del sistema potencia que operan a diferentes niveles de tensión.

Las fallas o salidas de operación del transformador podrían representar la pérdida de continuidad en el suministro de energía a los diferentes sectores de consumo, así como también, costos para la empresa prestadora del servicio a causa de la reparación e incluso sustitución de este bien.

En el caso de los transformadores de potencia, se trata de un equipo de costo elevado que alcanza hasta el 60% del total de la inversión de una subestación eléctrica, además, es fundamental para la operación de las redes de transmisión y distribución de electricidad. La falla o mal funcionamiento genera impactos negativos en la red que opera, tales como: pérdida del suministro de energía, sobrecarga de otros elementos, alteraciones en la estabilidad del SIN, costos por reparación o sustitución de la unidad, entre otros.

En el caso de los transformadores de distribución, se considera como el elemento de mayor costo de suplencia en la red de distribución.



Según [3] para el caso colombiano la red de distribución cuenta con más de 200.000 km de líneas, divididas en más de 5.000 circuitos con una media casi de 100 transformadores por circuito, con una potencia media de 62 kVA.

Dado que es en estas redes donde se está apreciando una mayor transformación con la incorporación de los conceptos de recursos de energía distribuidos (DER), redes inteligentes, microrredes, prosumidores, generación distribuida, entre otros, el transformador de distribución se convierte en un elemento altamente relevante en este cambio, por lo que se debe considerar como objeto de interés de este Comité de estudio.

De otra parte, con la incorporación cada vez mayor de las fuentes de generación renovables no convencionales, los transformadores deben ser especificados, construidos y operados con criterios distintos a los transformadores de centrales de generación convencionales de tal manera que su gestión sea la más eficiente y de menor impacto ambiental.

Es inminente que los sistemas de transporte de energía eléctrica de nuestro país incorporen proyectos en HVDC, por lo cual se requiere que desde ahora se disponga del conocimiento pertinente para especificar y operar este tipo de equipos, a fin de realizar una correcta gestión de este activo.

Finalmente, la gestión de los transformadores debe considerarse en el marco de la ingeniería circular y procurar el menor impacto ambiental posible, es por ello que desde el Comité de estudio SC A2 deberán generarse herramientas que permitan, qué, a través de la difusión de conocimiento.

Como se mencionó anteriormente, el principal mecanismo a través del cual se espera cumplir con la misión y las metas del Comité de Estudio SC A2, son los grupos de trabajo (WG). Estos grupos de trabajo tienen un fin específico alrededor de un tema puntual. Los WG podrán ser propuestos por los integrantes del Comité de Estudio y serán avalados en reunión del SC. La propuesta del WG será llevada al Comité Técnico por el líder del SC A2 para su aprobación y una vez concluido su trabajo también oficializará su eliminación ante el Comité Técnico. Se identifican los siguientes temas de interés, los cuales se espera puedan desarrollarse a través de los correspondientes grupos de trabajo.

- ✓ Modelos de transformadores para representación en un entorno operativo.
- ✓ Humedad en transformadores.
- ✓ BIM en librería de transformadores.
- ✓ Uso de líquidos biodegradables en transformadores y reactores.
- ✓ Analítica para toma de decisiones.
- ✓ Transformadores para aplicaciones renovables.
- ✓ Transformadores para aplicaciones HVDC.

Actualmente los grupos de trabajo del SC A2, los cuales se desarrollarán en dos años se presentan en la **TABLA 3**.

TABLA 3. Grupos de trabajo del SC A2

Grupos de Trabajo (WG)
WG A2.1 Gestión de la humedad en transformadores sumergidos en líquido dieléctrico sumergidos en líquido dieléctrico
WG A2.2 Modelo de información para gestionar transformadores de potencia



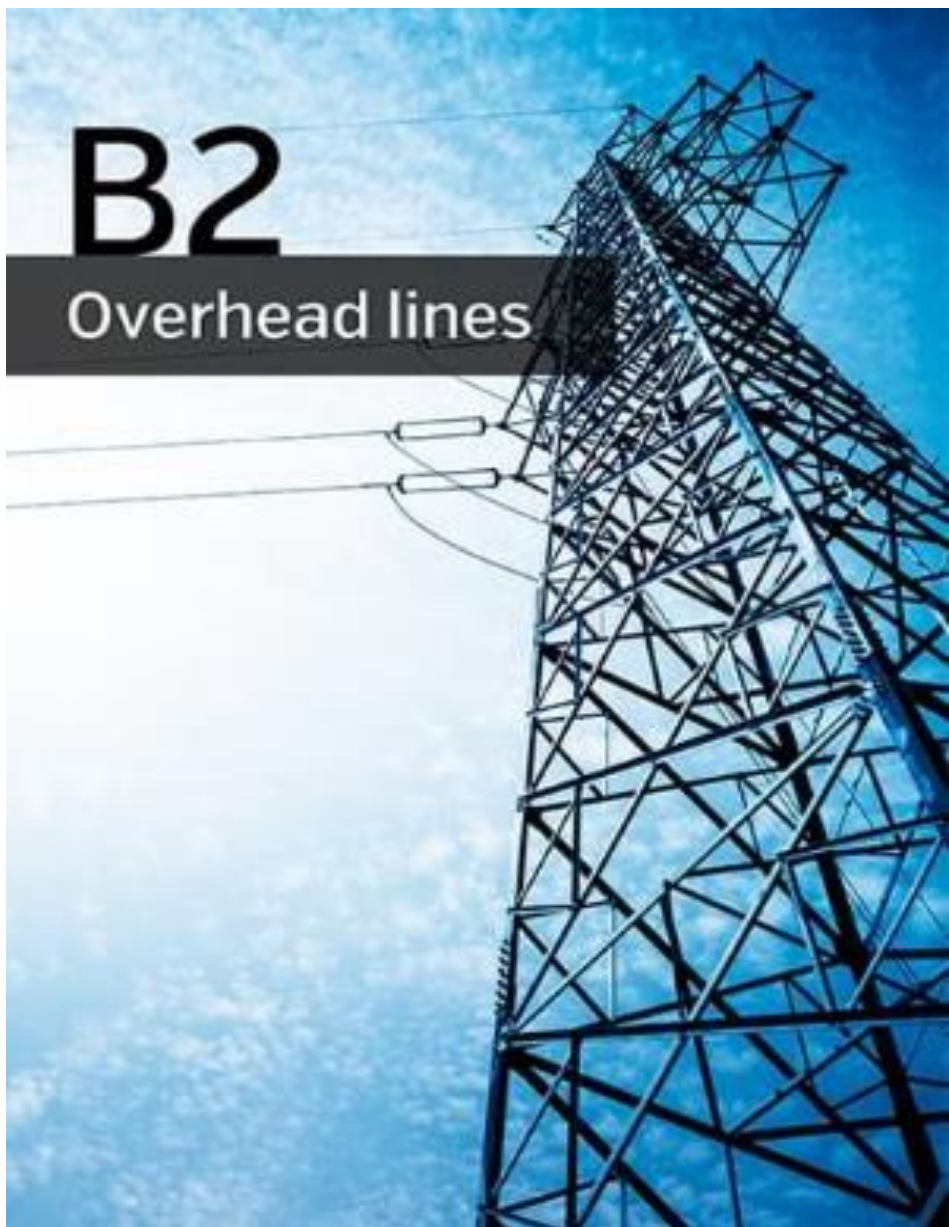
3. COMITÉ DE ESTUDIOS SC B2 – LÍNEAS ÁEREAS

En los últimos años ha habido muchos desarrollos en la ingeniería de líneas de transmisión,

la mayoría como resultado del crecimiento de la demanda y la necesidad de realizar las interconexiones de las nuevas centrales generadoras para garantizar el suministro de energía con un alto grado de confiabilidad dentro de limitaciones económicas y ambientales aceptables, este crecimiento de la demanda necesitó del aumento de la tensiones de transmisión.

Esta situación ha creado el espacio para el desarrollo de nuevos modelos matemáticos para los diseños de los componentes que constituyen una línea. Actualmente se han introducido técnicas probabilísticas como ayuda en la toma de decisiones. Es importante recordar que, al diseñar una nueva infraestructura para las líneas de transmisión, es necesario abordar varios problemas, desde optimizar la energía existente aumentando la capacidad ampérica de la línea eléctrica como una posible solución práctica para satisfacer los problemas de demanda de energía hasta revisar las cimentaciones acordes al tipo de geología en el país.

En el plan de expansión de referencia generación – transmisión 2016 – 2030, se analizó el impacto para el Sistema de Transmisión Nacional – STN de la interconexión de Colombia con Panamá e identificando los efectos del crecimiento de la demanda y la incorporación de plantas de generación, sobre todo con fuentes no convencionales de energía.



Lo anterior, con el fin de garantizar la prestación del servicio de energía eléctrica de una manera confiable, segura y eficiente.

Las obras de infraestructura se planean para mejorar la confiabilidad de la red, reducir las restricciones del Sistema, y en general asegurar el correcto abastecimiento de la demanda en todo el horizonte de planeamiento. Sin embargo, la operación a largo plazo de las líneas conlleva a la evaluación de los aspectos de diagnóstico, operación y mantenimiento como ejercicios de diseño.

Adicionalmente, se observa la aparición del concepto de una línea de transmisión verde, la cual se define como una estructura para el transporte de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables que incrementa la resiliencia de su sistema eléctrico asociado e implementa prácticas ambientales y sociales de excelencia. Las empresas nacionales encargadas de la transmisión han realizado estudios que han dado como resultado, nuevos diseños para las estructuras de transmisión y algunos distribuidores han modernizado sus especificaciones técnicas. Todo esto se convierte en un oportunidad de tomar el liderazgo desde el Comité SC – B2, para establecer la estrategia para el desarrollo de los objetivos específicos del grupo de trabajo y poder ser los abanderados en el sector de las líneas de transmisión poder contribuir al desarrollo Nacional en nuestro sector.

Como un primer WG del comité SC B2 se encuentra el WG B2.1 titulado: “Líneas de transmisión – Diseño de líneas”, el cronograma de las actividades se presenta en la **TABLA 4**.

TABLA 4. Grupos de trabajo del SC B3

#	Objetivo	Entregable	Inicio	Fin
1	Conformar y consolidar el grupo de trabajo del Comité B2	Listado de miembros del grupo.	01/03/2022	04/05/2022
2	Determinar en consenso el tema de trabajo del grupo	Acta de reunión		4/05/2022
3	Elaborar el documento conceptual de la problemática de líneas en Colombia	Reporte técnico	29/04/2022	04/11/2022
4	Reflexiones sobre el futuro de las líneas	Webinar	15/01/2023	28/02/2023
5	Elaboración de un manual de buenas prácticas	Manual	15/01/2023	6/06/2024
6	Información resultado de la revisión de las prácticas de diseño en líneas	Reporte Técnico	15/01/2023	10/11/2024

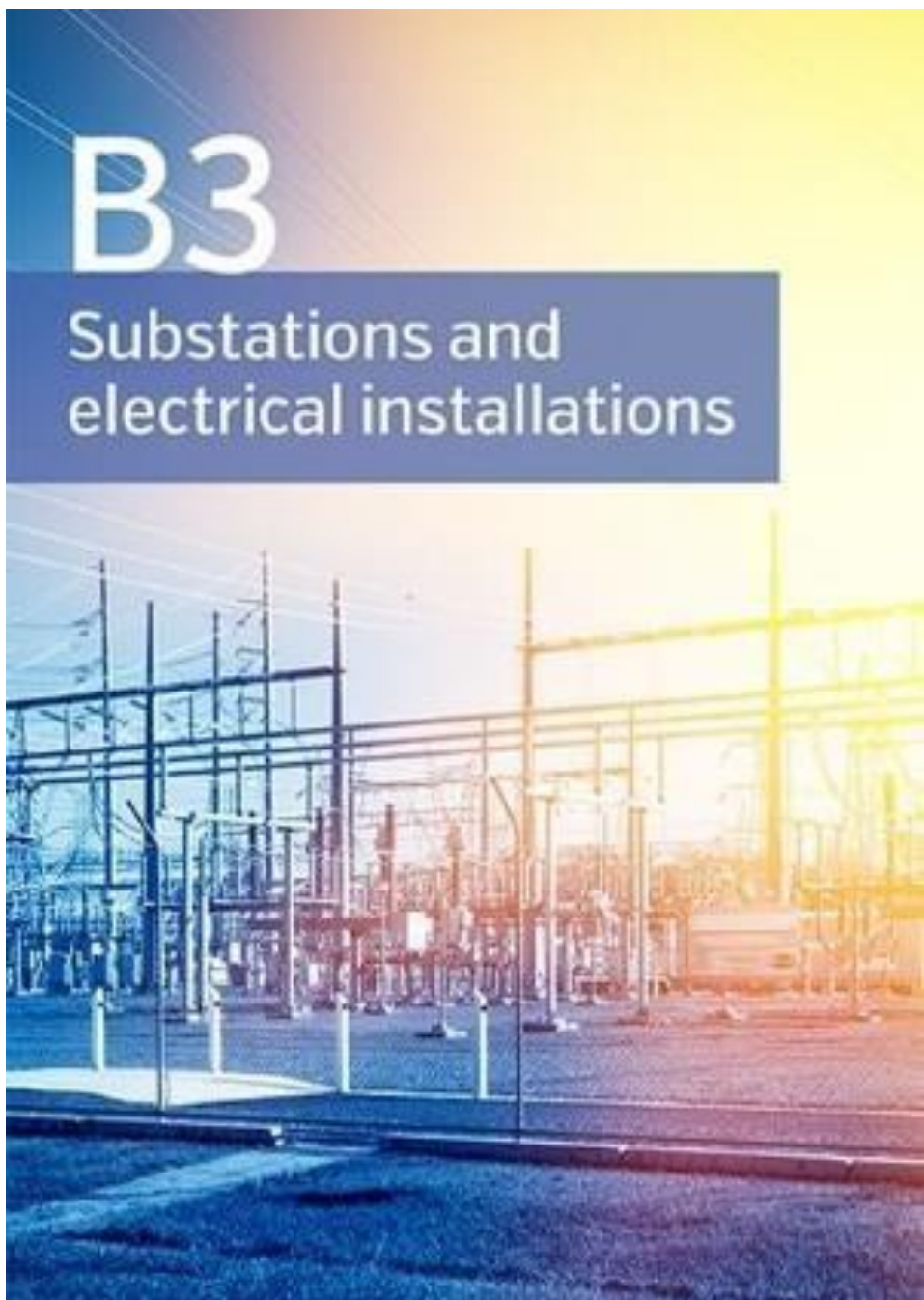


4. COMITÉ DE ESTUDIOS SC B3 - SUBESTACIONES E INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Desde hace algunos años se ha identificado como una herramienta fundamental en la implementación de los proyectos de construcción e infraestructura, incluidas las subestaciones, la metodología BIM (Building Information Modeling), que básicamente comprende un proceso colaborativo a través del cual se crea, comparte y usa información en un entorno digital durante todo el ciclo de vida de un proyecto desde la construcción, pasando por la gestión, operación y mantenimiento. Es así como desde el Comité de Estudios SC- B3 – Subestaciones e instalaciones eléctricas se ha identificado que este comité de estudios tiene la responsabilidad de liderar y buscar desarrollar la implementación de esta metodología en el contexto de las subestaciones eléctricas.

En nuestro País ya se han realizado desarrollos de este tipo de proyectos bajo la metodología BIM, experiencia que podrá ser potencializada por los actores de los diferentes grupos de trabajo.

Tomando en consideración la relevancia que ha tomado el desarrollo de proyectos de infraestructura bajo metodología BIM en todo el mundo, Colombia no puede ser ajena a esta nueva realidad y es por esto como en Noviembre de 2020 el Gobierno Nacional estableció la “Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026”, documento en el cual se traza la estrategia para la implementación de la metodología BIM en los proyectos públicos buscando un desarrollo adecuado de esta metodología en Nuestro País.



A continuación, se presentan en la Figura 1, los pilares de la estrategia definida por el Gobierno Nacional.



Figura 1. Pilares de la estrategia Nacional

Tomando en consideración la relevancia que ha tomado el desarrollo de proyectos de infraestructura bajo metodología BIM en todo el mundo, Colombia no puede ser ajena a esta nueva realidad y es por esto como en noviembre de 2020 el Gobierno Nacional estableció la “Estrategia Nacional BIM 2020 – 2026”, documento en el cual se traza la estrategia para la implementación de la metodología BIM en los proyectos públicos buscando un desarrollo adecuado de esta metodología en Nuestro País.

De acuerdo con este esquema, se observa la oportunidad de tomar el liderazgo desde el Comité SC – B3, con el apoyo del grupo de trabajo WG B3.2 y establecer la estrategia para el desarrollo de los objetivos específicos del grupo de trabajo y poder ser los abanderados en el sector de subestaciones y poder contribuir activamente al desarrollo de la estrategia Nacional en nuestro sector, de igual manera se visualiza un tercer Grupo de Trabajo WG B3.6 el cual hace referencia a los sistemas de puesta a tierra, en la **TABLA 5** se presenta una descripción de los WG del SC B3, los términos de referencia de estos grupos de trabajo se puede encontrar en: http://www.cigrecolombia.org/Pages/comites_grupos_trabajo.aspx.

TABLA 5. Grupos de trabajo del SC B3

Grupos de Trabajo (WG)	Líder	Empresa
WG B3.2. Metodología BIM en el diseño de subestaciones alta y extra alta tensión	Marcela Maya Gómez	HMV
WG B3.4 Experiencias en la ingeniería/instalación/operación de una GIS	Elkin Ceballos/Mario Montoya	HMV



El trabajo colaborativo liderado desde el WG B3.2 busca encaminar el trabajo en procura de desarrollar todas las capacidades que puedan aprovecharse en el desarrollo de las subestaciones; desde el diseño, construcción, operación, mantenimiento y gestión de activos, los resultados en este grupo de trabajo se presentarán. En este grupo de trabajo se generará un reporte técnico para junio de 2021, en el que se venía trabajando y se realizará un relanzamiento para un nuevo líder del grupo de trabajo, con el objeto de conseguir un trabajo más colaborativo de varias empresas del sector eléctrico del país.

Por otro lado, desde hace varios años en el país el desarrollo de proyectos de subestaciones aisladas en gas (GIS) se ha incrementado de forma considerable, donde su reducción en costos y el incremento en las restricciones sociales y ambientales han hecho que se vuelvan soluciones cada vez más atractivas en comparación con alternativas convencionales.

Así también el SC B3 visualiza un nuevo grupo de trabajo relacionado con los sistemas de puesta a tierra, dada la pertinencia de esta temática en los sistemas eléctricos de nuestro país.

Es así como dicha tendencia lleva consigo un aprendizaje en los diversos aspectos relacionados a este tipo de desarrollos, desde el diseño, pruebas y puesta en servicio, construcción, operación y mantenimiento, y aunque ya se han tenido varios aprendizajes de algunas empresas se identifica como fortaleza del trabajo colaborativo de nuestro grupo de trabajo poder desarrollar conocimiento alrededor de estos aprendizajes, determinando una serie de buenas prácticas en el entorno nacional al tiempo que se soporta en el desarrollo de prácticas internacionales, por este motivo se abre el WG B3.4, descrito en la **TABLA 6**.

Como resultados relevantes del SC B3, se tiene una encuesta que permitirá identificar que tópicos de los antes mencionados requieren un mayor desarrollo como País y así poder focalizar el trabajo de nuevos grupos de trabajo que ayuden al desarrollo de estas necesidades y fortalecer el sector eléctrico, todos estos nuevos grupos de trabajo dentro de SC B3, serán definidos y socializados en el 2021.

A continuación, se presentan en la **TABLA 6** el plan operativo del SC B3.

TABLA 6. Plan operativo del SC B3

	Objetivo	Entregables		Inicio	Fin
WG B 3.2	Se pretende generar un entregable que permita contar la experiencia de la implementación del diseño de una subestación de alta tensión siguiendo la metodología BIM. El diseño involucra las áreas electromecánicas y civiles	Reporte Técnico	X	30-05-2020	30-06-2022
		Artículo Técnico –			
		Seminario Cigre			
		Tutorial			
		Webinar			
WG B 3.4	Se pretende generar un entregable que permita contar la experiencia de la implementación del diseño de una subestación de alta tensión siguiendo la metodología BIM. El diseño involucra las áreas electromecánicas y civiles.	Reporte Técnico			
		Artículo Técnico –			
		Seminario Cigre			
		Tutorial			
		Webinar			
Otro: Encuesta	X	30-05-2020	30-06-2022		



5. COMITÉ DE ESTUDIOS SC B4 - HVDC Y ELECTRÓNICA DE POTENCIA

Debido a la transición energética, el sector eléctrico se ha visto en la necesidad de usar equipamiento de electrónica de potencia de alta capacidad y controlabilidad. Una solución para el transporte de la potencia, la constituyen los sistemas HVDC. Dichos sistemas se han implementado por décadas usando la tecnología clásica basada en tiristores (LCC, Line Commutated Converters), mientras que su versión basada en transistores bipolares de compuerta aislada, IGBTs (VSC, Voltage Source Converters) se viene implementado desde los años 90's.

En el mundo, países como Alemania, Estados Unidos, Inglaterra y La China, se encuentran planificando y construyendo grandes proyectos de generación eólica offshore. Particularmente, en Colombia se planea integrar altas cantidades de energía eólica desde el norte del país, considerándose proyectos en el mar, así como terrestres. Los sistemas de transmisión en corriente directa se caracterizan principalmente por su gran capacidad de

transporte de potencia y la posibilidad de conectar sistemas que se encuentran a gran distancia con bajas pérdidas en comparación con un sistema convencional de corriente AC.



Estos sistemas traen consigo algunos retos que se deben afrontar, como lo son:

- Control de flujo de potencia activa y reactiva.
- Control de tensión.
- Armónicos de Tensión: ca y cd
- Toma de decisiones sobre el uso de tecnología VSC o LCC
- Control de Inversión y Rectificación: tecnología VSC y LCC
- Interconexión con sistemas de baja capacidad de cortocircuito (SCR)
- Estabilidad del Sistema de Potencia.
- Protecciones: ca y cd. Impacto de fallas
- Soluciones con cable aislado
- Enlaces de Corriente Directa tanto en sistemas de transmisión como de distribución

Por otro lado, se requiere de soluciones que permita el transporte de la potencia, tal como lo ofrecen los sistemas FACTS (Flexible AC Transmission Systems) distribuidos, fijos y móviles, dichos sistemas se han venido implementado en años recientes en redes internacionales. Los sistemas en mención usan la electrónica de potencia con transistores bipolares de compuerta aislada, IGBTs (VSC, Voltage Source Converters). Los FACTS distribuidos permiten instalación estratégica para cambiar flujos de potencia, a través de corredores de transmisión deseados en función de la topología de red, de los usuarios y generación despachada. En ciertos términos, con estos dispositivos se “despacha” la transmisión. Combinados de manera adecuada con las líneas de transmisión y con otros recursos especiales como lo es el almacenamiento, se pueden lograr soluciones de construcción en tiempos mucho más inferiores que las soluciones tradicionales (nuevas líneas de transmisión, compensaciones serie y sistemas FACTS tradicionales). Es por ello que desde el SC B4, se requiere estudiar y analizar este tipo de soluciones a nivel técnico, regulatorio y económico con el fin de determinar su viabilidad, con adecuada relación Beneficio/Costo para ser implementadas en nuestro país.

Adicional a estos retos y desafíos por estar tecnologías, se deben plantear los económicos y logísticos, debido a múltiples factores como son el costo de las diferentes tecnologías, la infraestructura necesaria para implementarlas, la disponibilidad de espacios y rutas para transporte de los equipos de subestación donde se alojarán los centros de transformación.

La posibilidad de integrar las tecnologías HVDC y FACTS distribuidos en Colombia da lugar a concebir proyectos en la Guajira con Centroamérica y en otras parte del país, lo que será necesario explorar minuciosamente arquitecturas, topologías y esquemas de control básicos para los convertidores que integren la red de directa, es por ello que desde el SC B4 se tendrá como foco principal en su plan estratégico el estudios de este tipo de tecnologías articulados de igual manera con la UPME quien ya tiene en mente algunos proyectos donde se requiere este trabajo articulado con el SC B4 de CIGRE Colombia.



En la **TABLA 7** se presenta una descripción de los WG del SC B4, los términos de referencia de estos grupos de trabajo se puede encontrar en:

http://www.cigrecolombia.org/Pages/comites_grupos_trabajo.aspx..

TABLA 7. Grupos de trabajo del SC B4

Grupos de Trabajo (WG)	Líder	Empresa
WG B4.1. Sistemas HVDC híbridos	Jorge González Wilson	UPB
JWG B4.C2.2. Aspectos técnicos, regulatorios y económicos de los sistemas FACTS distribuidos	Jorge González/Jorge Andrés Mola Wilson	UPB/XM
WG B4.2 - Requerimientos para la incorporación de sistemas HVDC en Colombia	Henry Kindermann Smith	GERS

A continuación, se presentan en la **TABLA 8** el plan operativo del SC B4.

TABLA 8. Plan Operativo del SC B4

	Objetivo	Entregables		Inicio	Fin
WG B4.1	1. Modelo de Sistema HVDC híbrido en Power Factory DlgSILENT para realizar estudios de conexión.	Reporte Técnico	X	30-05-2020	30-05-2023
	2. Modelo de Sistema HVDC híbrido en PSCAD para análisis de comportamiento transitorio y de control.	Artículo Técnico – Seminario Cigre	X	30-05-2020	30-05-2023
	3. Marco teórico sobre sistemas de protección en corriente directa	Tutorial	X	30-05-2020	30-05-2023
	4. Análisis de Calidad de la potencia.	Webinar			
	5. Propuestas de esquemas de control para el enlace, con objetivos de estabilidad con la red de ca.	Otro			
	6. Pasos para la selección o descarte de soluciones híbridas desde lo técnico con mirada económica básica.				

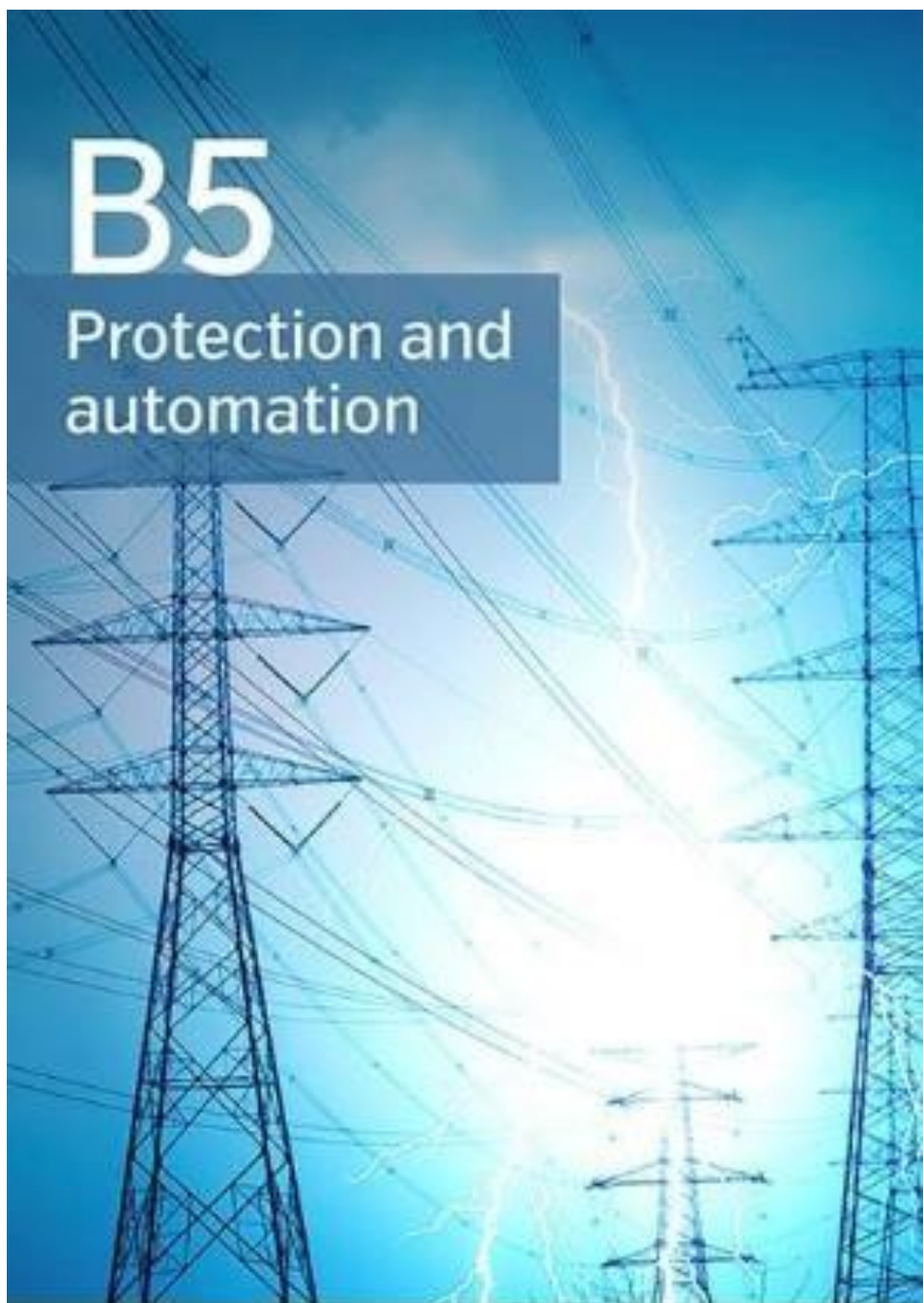


6. COMITÉ DE ESTUDIOS SC B5 - PROTECCIONES Y AUTOMATISMOS

El sistema interconectado nacional (SIN) está enfrentando en la actualidad una de sus mayores etapas de transición. La generación no convencional es el mayor motor de la transición actual, sin embargo, el cambio más significativo de la época tiene un mayor trasfondo en la electrónica de potencia y el cambio tecnológico hacia los sistemas de corriente directa. Lo anterior en combinación con la tendencia hacia la digitalización suponen el pilar de la transición de los sistemas de potencia convencionales de AC hacia sistemas híbridos donde los criterios de Protección y de Automatización requieren ser repensados completamente.

Los recientes eventos a nivel mundial que han llevado a apagones y dónde se han evidenciado nuevos comportamientos de los sistemas de potencia suponen otro pilar de su transformación y en particular para el SIN, los requerimientos de confiabilidad y seguridad deben cambiar y esto se está impulsando desde el Ministerio de Minas y Energía y también a nivel CREG con el propósito de realizar los cambios necesarios en la regulación.

Una de las direcciones estratégicas de CIGRE con el Comité SC B5 es entender e influir en el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas en todos los niveles de voltaje y todo tipo de sistemas y con esa misma orientación los grupos de trabajo actuales del SC B5 en Colombia han comenzado a realizar trabajos para soportar la transformación descrita, los cuales se describen en la **TABLA 9**.



Los términos de referencia de estos grupos de trabajo se pueden encontrar en:

http://www.cigrecolombia.org/Pages/comites_grupos_trabajo.aspx.

TABLA 9. Grupos de trabajo del SC B5

Grupos de Trabajo (WG)	Líder	Empresa
WG B5.1. Transformadores de Medida - Protección	José Jaramillo Serna	ieb
WG B5.2. Protección de terciarios de Transformadores	Oswaldo Arenas Crespo	INTERCOLOMBIA
JWG B5.7. Pruebas secundarias usando simulación en tiempo real para validar esquemas de protección	Juan Carlos Serna	PTI
WG B5.14. Documentación Protecciones	Alexander Ávila Franco	ISA

Revisiones del estado del arte, estandarización, análisis de problemáticas y planteamientos sectoriales para la evolución se están trabajando para repensar el rol de la Automatización en los aspectos relacionados con la Protección, el Control y el Monitoreo y la Medición del SIN de cara a los nuevos criterios requeridos.

En Colombia ya se ha iniciado el tránsito en la transición energética, pero se requiere considerar que el país tiene una brecha importante a superar y que debe involucrar el conocimiento y la regulación a nivel de procesos que se enfoquen en la resiliencia y la alta confiabilidad para la operación segura del SIN. El SC B5 puede desarrollar un aporte clave para el futuro del SIN y para articular la transformación con los diferentes actores del sector. En la automatización de hoy del mañana se está en el momento de la verdad para cambiar y hacer realidad la llegada de las subestaciones digitales con base en IEC 61850. La tecnología ya está, pero falta que los procesos de las diferentes empresas se adapten definitivamente y sean capaces de articular conocimiento para aplicarlo efectivamente.

En cuanto a sistemas de protección, los nuevos requerimientos de confiabilidad en los sistemas de protección para evitar apagones están llevando a modificar los criterios actuales al igual que los nuevos comportamientos por la evolución del SIN. Como base de lo anterior es necesario repensar esquemas de protección, tiempos de despeje de falla, respaldos locales y remotos y por supuesto la redundancia requerida para proteger el SIN adecuadamente y minimizar los eventos de gran magnitud.



Desde la planeación, el diseño, los estudios y hacia la construcción, la operación y el mantenimiento, todos los procesos que involucran la Automatización y Protección deben repensarse iniciando con esa identificación de brechas que precisamente los grupos de trabajo están abordando. El sector aún tiene un nivel de manualidad importante o de consideraciones que aún no se tienen en el radar. Es urgente de cara al futuro que CIGRE B5 promueva e impulse las revisiones y cambios necesarios y que no sean precisamente los apagones parciales o totales los que impulsen lo que se requiere. La Inteligencia artificial y las demás disciplinas que vienen surgiendo como Analítica de Datos, deben guiarnos a consolidar un conocimiento efectivamente aplicado en el sector. En este último punto hay un último reto de cara al futuro, los profesionales bien formados que constituyen la palanca para la transformación del sector, actualmente inquieta la situación de que, a pesar de contar con tanta información disponible, cada vez hay menos profesionales formados de manera profunda para soportar los procesos. CIGRE B5

A continuación, se presentan en la **TABLA 10** el plan operativo del SC B5.

TABLA 10. Plan operativo del SC B5.

	Objetivo	Entregables	Inicio	Fin	
WG B 5.1	1. Simplificada, para CTs en media y baja tensión (<15 kV), exceptuando aplicaciones de generación.	Reporte Técnico	X	30-01-2020	30-11-2022
	2. Normalizada, para aplicaciones generales de CTs de protección en diferentes esquemas	Artículo Técnico – Seminario Cigre Tutorial			
	3. Avanzada, para verificación de CTs existentes, aplicaciones de generación o en casos particulares que así lo requieran	Webinar Otro:			
WG B 5.2	1. Documento con lineamientos básicos en el cual se presenten esquemas propuestos para protección de los devanados terciarios de transformadores con los pros y contras de cada uno de ellos.	Reporte Técnico Artículo Técnico – Seminario Cigre (POR DEFINIR)	X	30-11-2019	30-12-2022
	2. Esquemas propuestos dependiendo de las topologías: esquemas ejemplo 87G (zig-zag), 59N, 27-59, (revisión del estado del arte).	Tutorial Webinar	X	30-11-2019	30-12-2022
	3. Criterios de ajuste para las funciones de protección en devanados terciarios.	Otro:			



Continuación de la **TABLA 10**

	Objetivo	Entregables	Inicio	Fin	
WG B 5.7	1. Simplificada, para CTs en media y baja tensión (<15 kV), exceptuando aplicaciones de generación.	Reporte Técnico	X	30-01-2020	30-12-2022
	2. Normalizada, para aplicaciones generales de CTs de protección en diferentes esquemas	Artículo Técnico – Seminario Cigre Tutorial			
	3. Avanzada, para verificación de CTs existentes, aplicaciones de generación o en casos particulares que así lo requieran	Webinar			
		Otro:			

	Objetivo	Entregables	Inicio	Fin	
WG B5.14	1. Diagrama Unifilar de Protecciones	Reporte Técnico	X	01-04-2020	30-12-2022
	2. Identificación de información consignada en las Placas de Equipos.	Artículo Técnico – Seminario Cigre			
	3. Consideraciones para Cableado Secundario				
	4. Información asociada a Transformadores de Corriente (Curvas, burden, relación, ALF, etc).	Tutorial			
	5. Señalización SOE y RdF.				
	6. Pruebas FAT, SAT.				
	7. Estudio de Protecciones.	Webinar	X	01-04-2020	30-12-2022
	8. Manuales técnicos.				
	9. Diagramas de Principio y Diagramas Esquemáticos de detalle	Otro: Plantilla para Diagrama Unifilar Interruptor y Medio			
	10. Información mínima para memorias de cálculo de cargabilidad de CT's y PT's.		X	01-04-2020	30-12-2022



7. COMITÉ DE ESTUDIOS SC C2 - OPERACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA

En la actualidad, la situación operativa del Sistema Interconectado Nacional (SIN) es que se encarece y compromete la operación debido a las restricciones dadas por las sobrecargas de algunos elementos de la red. Igualmente, muchos proyectos de construcción o repotenciación de líneas de transmisión presentan grandes retos en el proceso de licenciamiento ambiental, lo que redundará en largos plazos de planeación, ejecución y puesta en servicio, pudiendo afectar negativamente la operación del sistema de potencia en el corto y mediano plazo. En este contexto, los dispositivos FACTS representan una alternativa atractiva para solucionar estas problemáticas puesto que mejoran la controlabilidad, estabilidad y capacidad de transferencia de potencia en los sistemas de transmisión. Similarmente, dado el contexto mundial actual en el que se vislumbran inminentes retos para la planeación y operación del SIN, derivados del



crecimiento y transformación del sector eléctrico, el cual implica la expansión de los sistemas actuales, inclusión de nuevos tipos de tecnologías en la generación y transmisión, retos en la operación, supervisión y control de los sistemas de potencia en tiempo real. Por lo que se hace necesario estudiar las tendencias en la supervisión de sistemas en tiempo real, herramientas de análisis eléctrico y el uso de técnicas de análisis y visualización de datos.



En la inclusión de nuevos tipos de tecnología, el marco regulatorio nacional establece en la regulación CREG 060 de 2019 los lineamientos que deben cumplir el control de las plantas eólicas y solares. Para esto, resulta de mucho interés para las empresas del sector eléctrico, el aporte del CIGRE para estructurar un informe guía para validación de modelos preliminares antes de la entrada en operación de la planta al SIN.

Sin embargo, el futuro del comité se visualiza aportando en las grandes oportunidades de mejora que presenta el sector eléctrico en temas de restablecimiento de sistemas de potencia, entrenamiento de operadores y el acogimiento del análisis de los datos e Inteligencia Artificial (IA) para la Operación y planeación de sistemas de potencia.

Lo anterior está sustentado en los eventos eléctricos en el SIN en el 2020, en los cuales se expuso una alta relevancia del entrenamiento de los operadores de los centros de control regionales y centralizado. Esto toma más fuerza en el futuro inmediato con las nuevas tecnologías que se incorporarán al sistema y el cambio de paradigma en la operación que estas implican. De igual manera, la construcción de un sistema resiliente y robusto debe considerar las mejores prácticas de restablecimiento para acortar los tiempos de desatención; lo cual, con un sistema de potencia que constantemente incrementa en complejidad, el restablecimiento se hace un campo en los temas arduos y necesarios de indagar para cualquier sistema de transmisión.

Por su parte, la IA juega un papel fundamental en la sociedad actual, y según todos los pronósticos de la comunidad científica y del gremio mundial de transmisores y operadores del sector eléctrico, los beneficios de la IA se aplicarán en la operación para el procesamiento de grandes cantidades de datos provenientes de un sector cambiante con nuevos agentes en niveles de tensiones inferiores a los acostumbrados, y a dinámicas más rápidas provenientes de fuentes de generación con electrónica de potencia, lo cual brindará soporte en la toma de decisiones en la planeación y operación de los sistemas de potencia.

La **TABLA 11** presenta los nuevos grupos de trabajo para el SC C2, los TOR de los grupos de trabajo pueden ser encontrados en el siguiente link:

http://www.cigrecolombia.org/Pages/comites_grupos_trabajo.aspx.

TABLA 11. Nuevos Grupos de trabajo del SC C2

Grupos de Trabajo (WG)
WG C2.4. Identificación composición y características de respuesta estática y dinámica de las cargas del Sistema Interconectado Nacional.
WG C2.5. Restablecimiento de sistemas de potencia
WG C2.6. Análisis de los datos e Inteligencia Artificial para la Operación y planeación de sistemas de Potencia



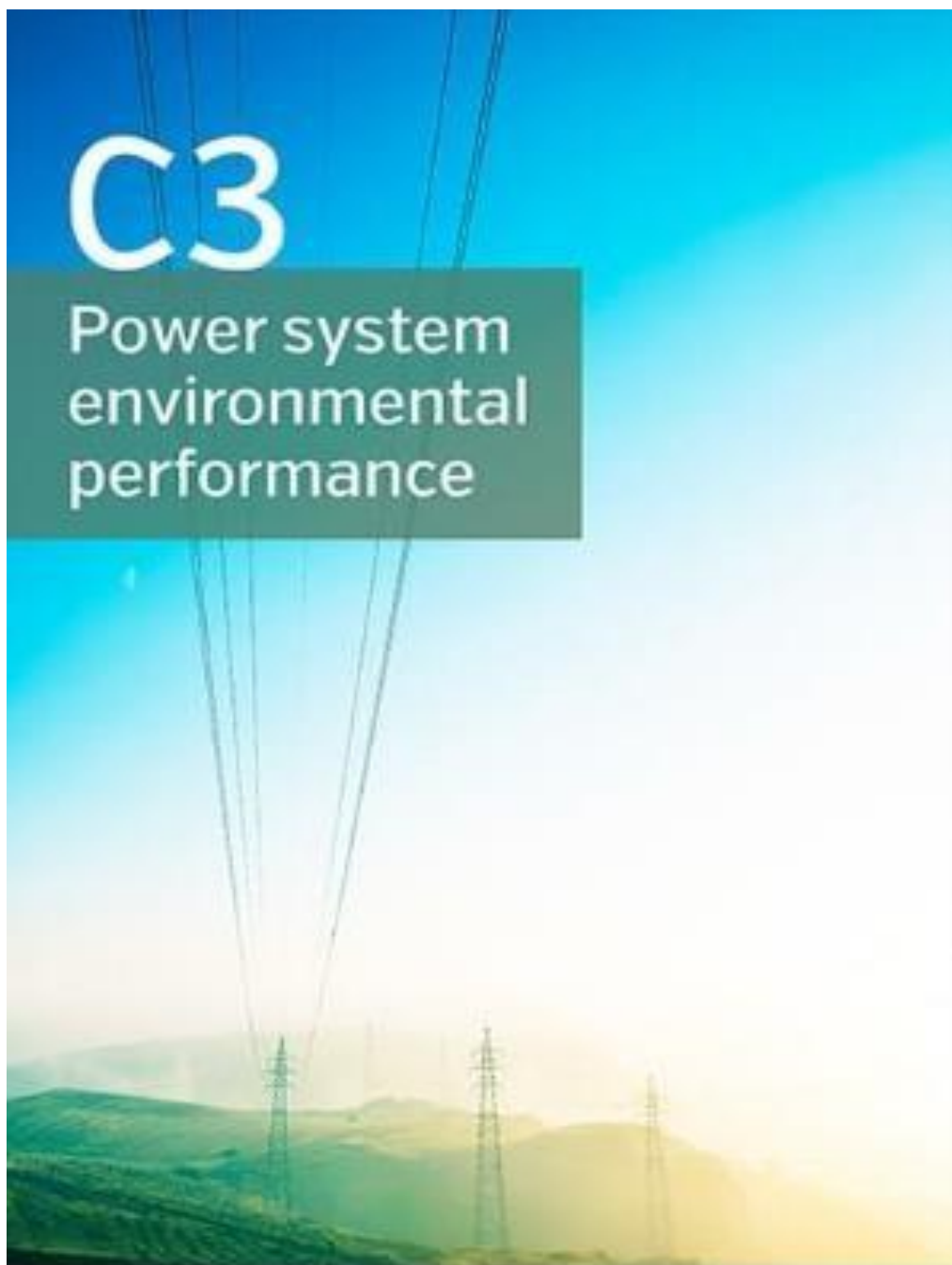
8. COMITÉ DE ESTUDIOS SC C3 - COMPORTAMIENTO MEDIOAMBIENTAL DEL SISTEMA

Dado los actuales retos ambientales/sociales en materia de planeación e implementación de proyectos energéticos en nuestro país, es necesario contar con grupos de trabajo interdisciplinarios que permitan encontrar soluciones a estos desafíos.

Los conceptos de gestión social y ambiental han evolucionado en el sentido que hoy son parte de un todo denominado “sostenibilidad”, así el direccionamiento de la gestión debe permear este concepto en doble vía, como contribución a la sostenibilidad del entorno, pero también como contribución a la sostenibilidad de los negocios.

En el entorno social y ambiental del siglo XXI el Desarrollo Sostenible es un propósito cada vez más lejano, es por esto que los Estado, las Empresas y la Sociedad en general están renovando el alcance de las

acciones con las que pretenden contribuir al Desarrollo Sostenible ampliando el ámbito de sus competencias y responsabilidades. En este contexto las empresas de talla mundial buscan nuevas esferas de trabajo, nuevos socios o aliados y nuevas estrategias para lograr minimizar sus impactos o gestionar sus riesgos con independencia de particularidades sociales, económicas, políticas y ambientales propias de los países en los que se asientan o emplazan.



Los temas que se deben abordar desde este comité SC C3 y que han sido priorizados por el sector son:

- ✓ Comunicación y participación con la sociedad desde el planeamiento de los proyectos eléctricos. Mejores prácticas para la aceptación pública de emprendimientos del sector eléctrico.
- ✓ Evaluación económica de los impactos sociales y ambientales, análisis de riesgos socioeconómicos y ambientales.
- ✓ Evaluación del impacto ambiental y socioeconómico desde el planeamiento a la operación de los sistemas eléctricos con el uso de indicadores.
- ✓ Impactos ambientales y sociales en la evaluación del abastecimiento de energía eléctrica en áreas aisladas.
- ✓ Indicadores de sostenibilidad para la generación y transmisión de energía eléctrica.
- ✓ Aspectos relacionados con los campos eléctricos y magnéticos y su influencia en el entorno de emprendimientos del sector eléctrico.
- ✓ Gestión de conflictos institucionales, legales, sociales, técnicos, etc. en el proyecto, instalación y operación de instalaciones del sector eléctrico.
- ✓ Gestión de pasivos ambientales en las empresas del sector eléctrico.
- ✓ Cambio climático, influencia en proyectos, operación y mantenimiento de sistemas eléctricos.
- ✓ Interacción del sector eléctrico con las comunidades tradicionales.
- ✓ Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU. Cómo integran los organismos públicos y privados relacionados con la Generación, Transmisión y Distribución de energía eléctrica, los ODS en sus estrategias de operación y planificación para contribuir a sus logros. De qué manera se benefician las empresas al integrar los ODS en sus estrategias comerciales.

El grupo de trabajo que abordará el SC C3, se describe en la **TABLA 12**.

TABLA 12. Grupos de trabajo del SC C3

Grupos de Trabajo (WG)	Líder	Empresa
WG C3.1. Impactos ambientales en la fabricación, uso y disposición final de baterías para el almacenamiento de energía eléctrica en Colombia, bajo el concepto de economía circular.	Luz Natalia Mejía	PTI



EL plan operativo del SC C3 desde su WG C3.1 se presenta en la **TABLA 13**.

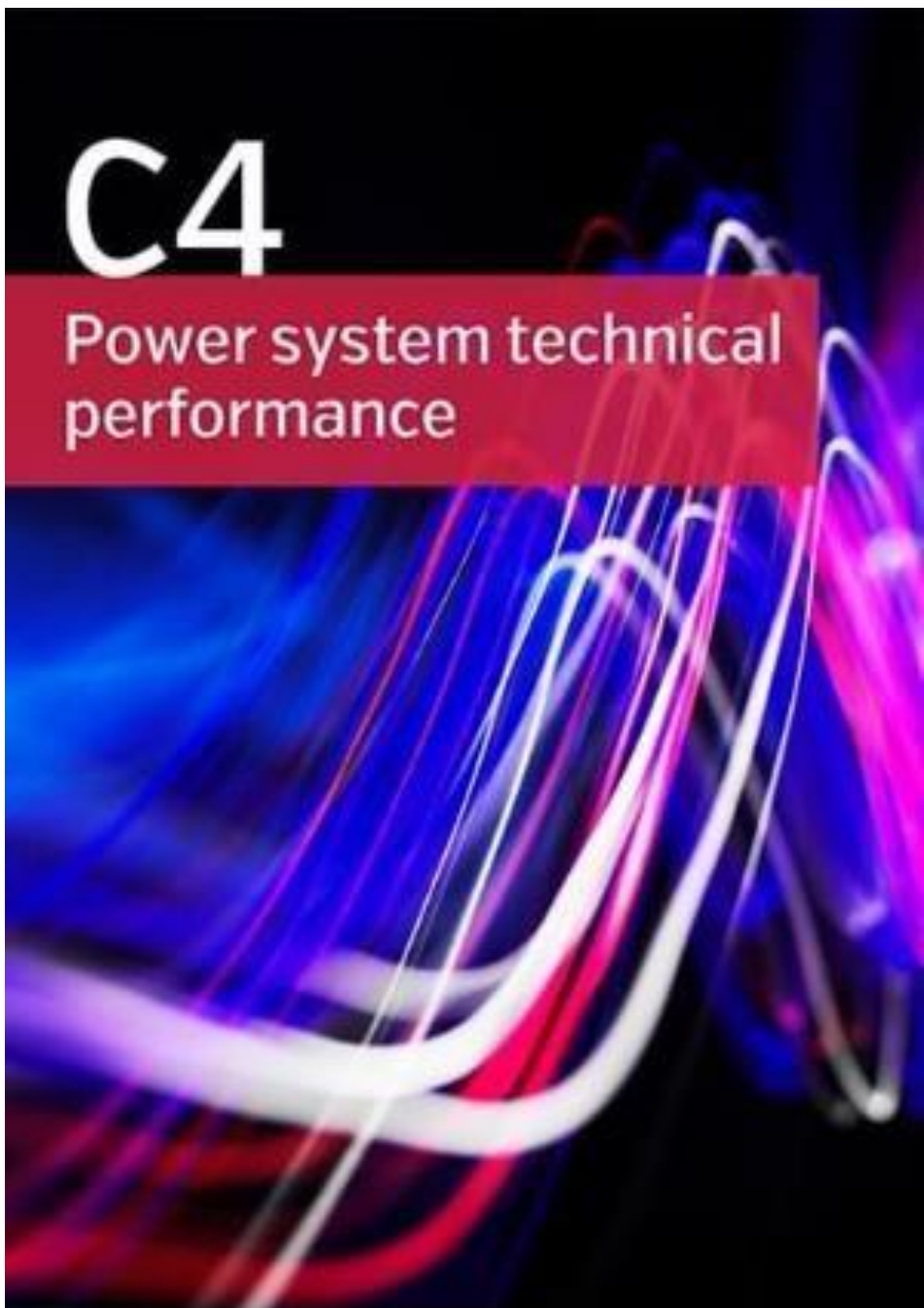
TABLA 13. Grupos de trabajo del SC C3

	Objetivo	Entregables	Inicio	Fin	
WG C3.1	1. Se realizará el Análisis de ciclo de vida siguiendo la metodología estipulada por la ISO 14040, por medio del cual se espera obtener los siguientes resultados:	Reporte Técnico (Paper) para Seminario CIGRE Colombia C2	X	30-08-2020	30-12-2022
	✓ Identificar aquellas etapas del ciclo de vida de las baterías donde se tienen los mayores impactos ambientales.	Reporte para Electra	-		
	✓ Identificar pérdidas energéticas, exceso de insumos, materias primas que causan daños a la salud, ecosistemas y uso de recursos, emisiones liberadas al suelo y al agua	Artículo			
	✓ Identificar e implementar estrategias de economía circular: Minimización de recursos no renovables, Integración de residuos a la cadena de suministro y valor, comparación de tecnologías y determinación de la tecnología más sostenible ambientalmente.	Tutorial Webinar			
	✓ Análisis técnico económico. Viabilidad	Otro			
	✓ Satisfacción de las necesidades sociales				



9. COMITÉ DE ESTUDIOS SC C4 - DESEMPEÑO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Los sistemas eléctricos son considerados infraestructura crítica y de la cual muchos otros sistemas dependen de él. En este sentido, por su importancia, se busca constantemente analizar y mejorar su confiabilidad, eficiencia y seguridad. La confiabilidad, seguridad y eficiencia de los sistemas eléctricos, está relacionada con el buen funcionamiento del equipo en sí, y su interacción con el resto del sistema para una operación coordinada y armoniosa. Diferentes fenómenos son importantes de analizar, como lo son las dinámicas propias de operación de los equipos al igual que su compatibilidad e interferencia electromagnética. La actual transición energética está generando un mayor uso de electricidad para ciertos consumos, como el transporte y por otro lado nuevas fuentes de generación basadas principalmente en energía solar y energía eólica. Estas nuevas tecnologías hacen que se necesite evaluar constantemente las características de los nuevos equipos y su interacción con el sistema actual para garantizar el correcto funcionamiento. A nivel nacional la incursión rápida de generación eólica y solar, al igual que baterías, hace que nuevas dinámicas eléctricas se perciban en el sistema, por un lado, la intermitencia de la generación y por otro el uso de masivo de electrónica de potencia.



Este tipo de tecnología es muy reciente en el país y hace necesario, un especial estudio en sus dinámicas y en el desempeño de los mismos en el sistema eléctrico.

Estas nuevas consideraciones hacen que se deban realizar esfuerzos importantes para poder analizar el efecto de estos sistemas en el sistema eléctrico, con guías para simulación e interpretación de estos nuevos equipos, analizar el efecto que tienen estos dispositivos en el desempeño de equipos ya instalados, debido al incremento de superarmónicos, cambios de inercia del sistema, bajo aporte de corrientes de corto circuito, entre otros.

Otro tema en el cuál Colombia debe trabajar dado su ubicación, situado en una zona de alta actividad atmosférica, es el análisis de compatibilidad electromagnética ante este tipo de interferencias con el fin de analizar las mejores prácticas de diseño, construcción y operación del sistema los cuales son temas claves que se vienen trabajando desde el SC C4.

Todos los aspectos anteriormente mencionados son cubiertos por los 3 grupos de trabajo del SC C4, los cuales se vienen trabajando ante los requerimientos y necesidades actuales del sector, en la **TABLA 14** se presenta una descripción para cada WG, los términos de referencia de estos grupos de trabajo se puede encontrar en http://www.cigrecolombia.org/Pages/comites_grupos_trabajo.aspx.

TABLA 14. Grupos de trabajo del SC C4.

Grupos de Trabajo (WG)	Líder	Empresa
WG C4.2. Simulación de estabilidad dinámica y de transitorios electromagnéticos en sistemas eléctricos de potencia con fuentes de energía renovables no convencionales (FERNC)	Julián Vega	ieb
WG C4.4. Características del desempeño de líneas de transmisión y distribución por descargas eléctricas y atmosféricas	Ernesto Pérez González	UNAL
JWG C4.B5.3. Impacto en los sistemas de protección de los SDL con la incorporación de FERNC.	Juan David Granada	EPM

El grupo de estudio WG C4.2 se relaciona con las buenas prácticas de modelado de los sistemas eléctricos con alta participación de elementos basados en electrónica de potencia, en especial analizar las estrategias de modelado en el dominio EMT y RMS, el segundo WG C4.4 analiza las salidas de línea a partir de eventos atmosféricos, recopilando buenas prácticas de diseño y generando indicadores de desempeño de los mismos, el tercer y último grupo de trabajo JWG C4.B5.3 están relacionados con el desempeño de protecciones eléctricas con la incursión de generación basada en inversores, a continuación la **TABLA 15** presenta el plan operativo del SC C4.



TABLA 15. Plan operativo del SC C4

	Objetivo	Entregables	Inicio	Fin	
WG C4.2	1. Generar el estado del arte en lo referente a simulación de estabilidad dinámica y de transitorios electromagnéticos en sistemas eléctricos de potencia con FERNC.	Reporte Técnico	X	30-10-2020	30-12-2022
	2. Crear una guía de modelos en lo referente a simulación de estabilidad dinámica y de transitorios electromagnéticos en sistemas eléctricos de potencia con FERNC.	Artículo Técnico – Seminario Cigre			
	3. Establecer los estudios y características particulares de los equipos eléctricos a utilizarse en los sistemas eléctricos de potencia con FERNC.	Tutorial			
	4. Establecer posibles recomendaciones en la operación de los sistemas eléctricos de potencia asociados a la estabilidad dinámica y los transitorios electromagnéticos generados por las FERNC.	Webinar Otro:	X	30-10-2020	30-12-2022
WG C4.4	1. Recopilar las metodologías y criterios empleados por los diferentes operadores para identificar las causas de las fallas de las líneas de transmisión y distribución.	Reporte Técnico	X	30-10-2020	30-12-2022
	2. Realizar una encuesta entre operadores de red para identificar el uso a la información de localización de rayos.	Artículo Técnico – Seminario Cigre			
	3. Recopilar información entre las empresas colombianas la información de salidas de línea en diferentes niveles de tensión debido principalmente a impactos de rayo	Tutorial			
	4. Identificar las diferentes prácticas entre las empresas colombianas para mitigar el impacto de rayos en los sistemas eléctricos	Webinar	X	30-10-2020	30-12-2022
	5. Analizar los datos e identificar la proporción de salidas por rayos de líneas en diferentes niveles de tensión.	Otro:			



Continuación **TABLA 15** Plan operativo del SC C6.

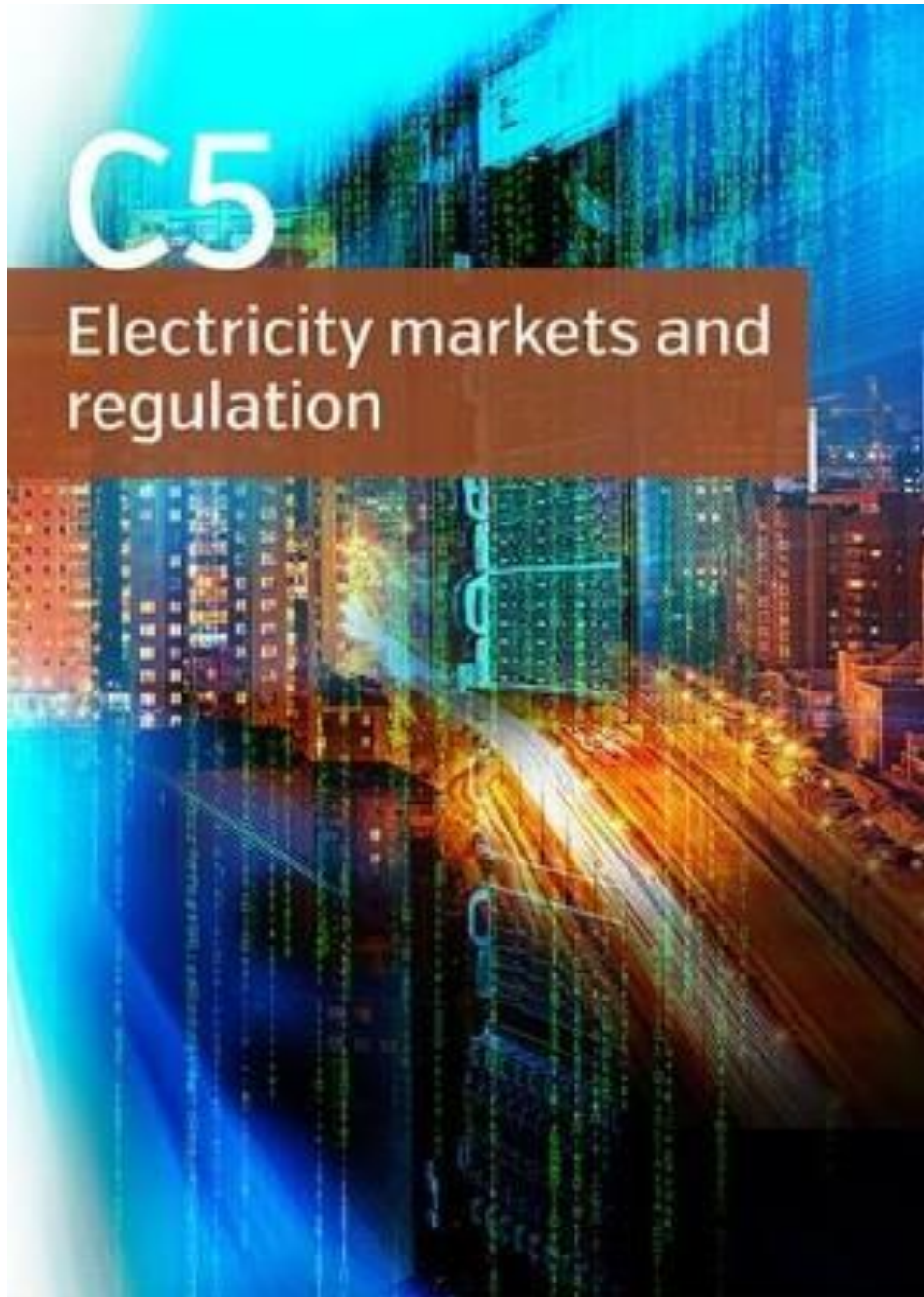
JW C4.B5.3	1. Caracterizar y analizar los principios básicos del funcionamiento de las tecnologías más utilizadas en las FERNC para poder estudiar su impacto sobre los SEP.	Reporte Técnico	X	30-10-2020	30-11-2021
	2. Afectación con respecto al bajo aporte de secuencia negativa.	Artículo Técnico – Seminario Cigre			
	3. Esquemas de protección básico de un sistema FERNC.	Tutorial			
	4. Análisis eléctricos necesarios para conocer el impacto.	Webinar	X	30-10-2020	30-11-2021
	5. Análisis del Fault Ride Through (FRT) ofrecido por el OR en el PCC vs. El soportado por los equipos del Agente Generador.	Otro:			



10. COMITÉ DE ESTUDIOS SC C5 - MERCADOS DE ELECTRICIDAD Y REGULACIÓN

Los Mercados de energía están sometidos a riesgos financieros como son el riesgo de mercado, crédito, de contraparte y sistémico. La materialización de estos riesgos puede llevar al colapso de los mercados, generando blackout y el desabastecimiento de energía a los usuarios finales.

Considerando lo anterior, es vital que los mercados eléctricos cuenten no solo con buena salud financiera sino con adecuadas herramientas que permitan que los participantes del mercado gestionen sus riesgos adecuadamente. Así mismo son necesarios adecuados mecanismos de seguimiento y monitoreo del riesgo financiero de los mercados eléctricos que permitan dar las señales oportunas para evitar la materialización de riesgos, así como la identificación e implementación de medidas regulatorias que cubran al mercado de riesgos sistémicos. En Colombia desde hace varios años se vienen estudiando, proponiendo e implementando medidas para la gestión de este riesgo. Es por ello que se debe hacer seguimiento a las medidas implementadas y proponer alternativas que permitan su adecuada gestión.



La transformación energética que se está dando en Colombia, impulsada por las políticas del Gobierno Nacional, llevará a un aumento en la penetración de generación renovable en Colombia, esta situación nos lleva a que sea necesario construir un diseño de Mercado que nos permita que esta masiva integración de renovables se realice de manera eficiente, buscando que la disminución de los costos de la FNCER, se traduzca en esquemas que generen precios eficientes para los usuarios finales.

Para lograr lo anterior, es necesario cambiar el diseño de mercado de corto plazo buscando que se den las adecuadas señales de mercado, que brinden opciones para una mejor gestión de riesgos, que mejore la información, incentive mejores pronósticos que disminuyan la incertidumbre de sus fuentes y que dé la posibilidad de reflejar posibles cambios en las cantidades a generar. Considerando lo anterior, es necesario crear mecanismos que permitan acercar el mercado a la operación en tiempo real, a través de una formación eficiente de precios, generando mayor flexibilidad y asegurando la confiabilidad y que permita la participación de la demanda dándole posibilidades de reaccionar ante señales de precio. Todo esto debe reflejarse en esquemas de mercado intradiario y servicios complementarios.

Por otro lado, las nuevas tecnologías como el Blockchain permiten la mejora en proceso, eficiencia, seguridad entre otros aspectos. Permitiendo realizar transacciones seguras entre participantes del mercado, disminuyendo la centralización y potencializando el uso de plataformas electrónicas.

Todos los aspectos anteriormente mencionados son cubiertos por los grupos de trabajo actuales y tres grupos de trabajo que se abrirán a futuro, muy pertinentes para los requerimientos y necesidades actuales de Colombia, en la **TABLA 16**, se presenta una descripción del WG C5.1, los términos de referencia del grupo de trabajo se puede encontrar en: http://www.cigrecolombia.org/Pages/comites_grupos_trabajo.aspx.

TABLA 16. Grupo de trabajo del SC C5

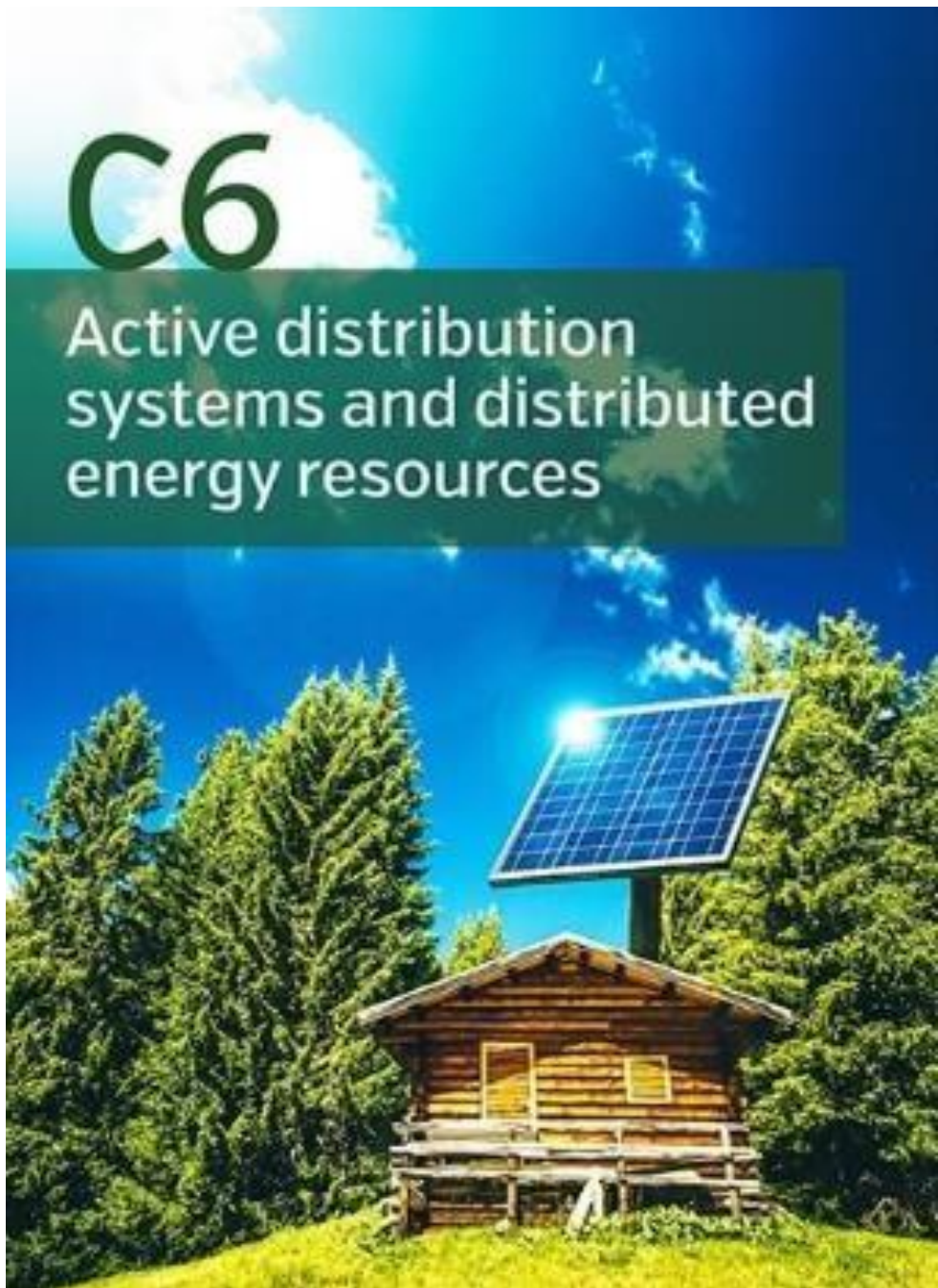
Grupos de Trabajo (WG)	Líder	Empresa
WG C5.1. Riesgo Financiero en Mercados de Energía	Julian Cardona	XM
WG C5.2 Mercados de corto Plazo: Intradiarios y servicios complementarios	Diana Perez	XM
WG_C5.3 Valoración financiera en proyectos de generación no convencional de energía eléctrica	Diego Fernando Manotas	Univalle
WG C5.5 Blockchain en Mercados Eléctricos	Julian Cardona	XM



11. COMITÉ DE ESTUDIOS SC C6 - SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN Y GENERACIÓN DISPERSA

La necesidad de integrar fuentes de energía renovables no convencional (FERNC) y recursos de energía distribuida (DER) de forma eficiente y confiable en las redes eléctricas se hace cada vez más pertinente y necesario, dadas las exigencias que tienen las redes eléctricas modernas, donde el aumento de la demanda y la integración de nuevas tecnologías es cada vez más acelerado. En Colombia se ha comenzado con grandes iniciativas y reglamentaciones para la integración de FERNC y DER desde el 2014 con la expedición por parte del Ministerio de Minas y Energía (MME) de la ley 1715, a partir de esta fecha la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) ha emitido un gran número de regulaciones las cuales han permitido ir unificando el concepto varios conceptos, en cuanto a lo que respecta a: Generación Distribuida (GD) [CREG 030-2018, CREG (Consulta) 170-2020], [CREG 038-2018], Almacenamiento [GREG 098-2019], Medición Inteligente

[CREG (Consulta) 219-2020] y Respuesta de la Demanda [CREG 069-2020], junto con todos los acuerdos emitidos por el Consejo Nacional de Operación y XM donde se marcan



las pautas necesarias para una correcta operación del Sistema Interconectado Nacional (SIN), lo que conlleva a un nuevo código de redes para nuestro país.

De igual manera desde La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) ha colocado a disposición los estudios realizados en el marco de la cooperación técnica con el Banco Interamericano de Desarrollo - BID, el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, el mapa de ruta para la implementación de redes inteligentes en Colombia, donde se expone claramente cuáles son las tecnologías a implementar en nuestro país lo que conlleva a una adecuada implementación de DER, FERNIC y Microrredes Eléctricas el cuál es un concepto que apenas se viene consolidando fuertemente en nuestro país.

Sin embargo, vemos como se vienen impulsado desde varios sectores la implementación de Microrredes Eléctricas (MRs) y es así como con la Iniciativa de Colombia Inteligente se realizó un referenciamiento con el objetivo de identificar factores que aporten a la sostenibilidad de las soluciones energéticas, especialmente utilizando MRs y sistemas independientes, que permitan combinar las tendencias tecnológicas disponibles con los modelos productivos y financieros en torno a las comunidades en zonas remotas. Adicionalmente, se construyó un documento con los lineamientos estratégicos para la implementación de MRs sostenibles en el país, estos lineamientos fueron construidos por diferentes actores a nivel nacional, en ejercicios de trabajo colaborativo [Colombia Inteligente, 2019].

Otras iniciativas para la implementación de MRs en nuestro país son las que se vienen promoviendo desde el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, MINCIENCIAS, donde a través del Programa Ecosistema Científico se vienen articulando los desarrollos de la academia nacional e internacional con las necesidades del sector industrial; estas iniciativas parten de las alianzas que concentran sus esfuerzos en proyectos con el propósito de definir estrategias de transformación en el sector energético Colombiano las cuales contribuyen al desarrollo de energía sostenible y la implementación de MRs piloto, dentro de las alianzas se tiene lo realizado por Energética 2030 liderado por la Universidad Nacional de Colombia y la alianza SENECA liderado por la Universidad de Antioquia.

Dado este panorama nacional y las grandes iniciativas que se vienen desarrollando dentro de todos los diferentes actores que hacen parte de la cadena de energía en Colombia para la implementación y estudio de MRs, CIGRE Colombia, desde su comité de estudios C6 - Sistemas de Distribución y Generación Dispersa, viene impulsando desde sus grupos de trabajo (Ver TABLA 17) la articulación de la industria con la academia con el fin de avanzar en cada uno de los requerimientos y necesidades que se tienen al momento de implementar MRs, dando las pautas y reportes técnicos necesarios sirviendo como referencia para las empresas nacionales y de la región que planeen implementar MRs en el corto, mediano o largo plazo.

En la TABLA 17, se presenta una descripción de cada uno de los grupo de trabajo del SC C6, los términos de referencia de estos grupos de trabajo se puede encontrar en http://www.cigrecolombia.org/Pages/comites_grupos_trabajo.aspx.



TABLA 17. Grupos de trabajo del SC C6

Grupos de Trabajo (WG)	Líder	Empresa
WG C6.1. Impacto en la red por conexión de DER	Eduardo Marlés Sáenz	UNIVALLE

A continuación, se presenta en la TABLA 18, el plan operativo del SC C6, el cual será llevado a cabo en el 2021 y 2022.

TABLA 18. Plan operativo del SC C6.

	Objetivo	Entregable	Inicio	Fin	
WG C6.1	1. Analizar, evaluar y describir las soluciones que se han implementado, en otros países, a las problemáticas mencionadas	Reporte Técnico			
	2. Analizar las posibles alternativas de solución y evaluar su efectividad.	Artículo Técnico – Seminario Cigre Tutoria	X	01-03- 2020	15-12- 2022
	3. Presentación de conclusiones y recomendaciones	Webinar Otro:	X	01-03- 2020	10-12- 2022
	4. Modelos y esquemas de control para el diseño de microrredes aisladas. (Feb 2022)	Webinar Otro:	X	01-02- 2020	30-12- 2022

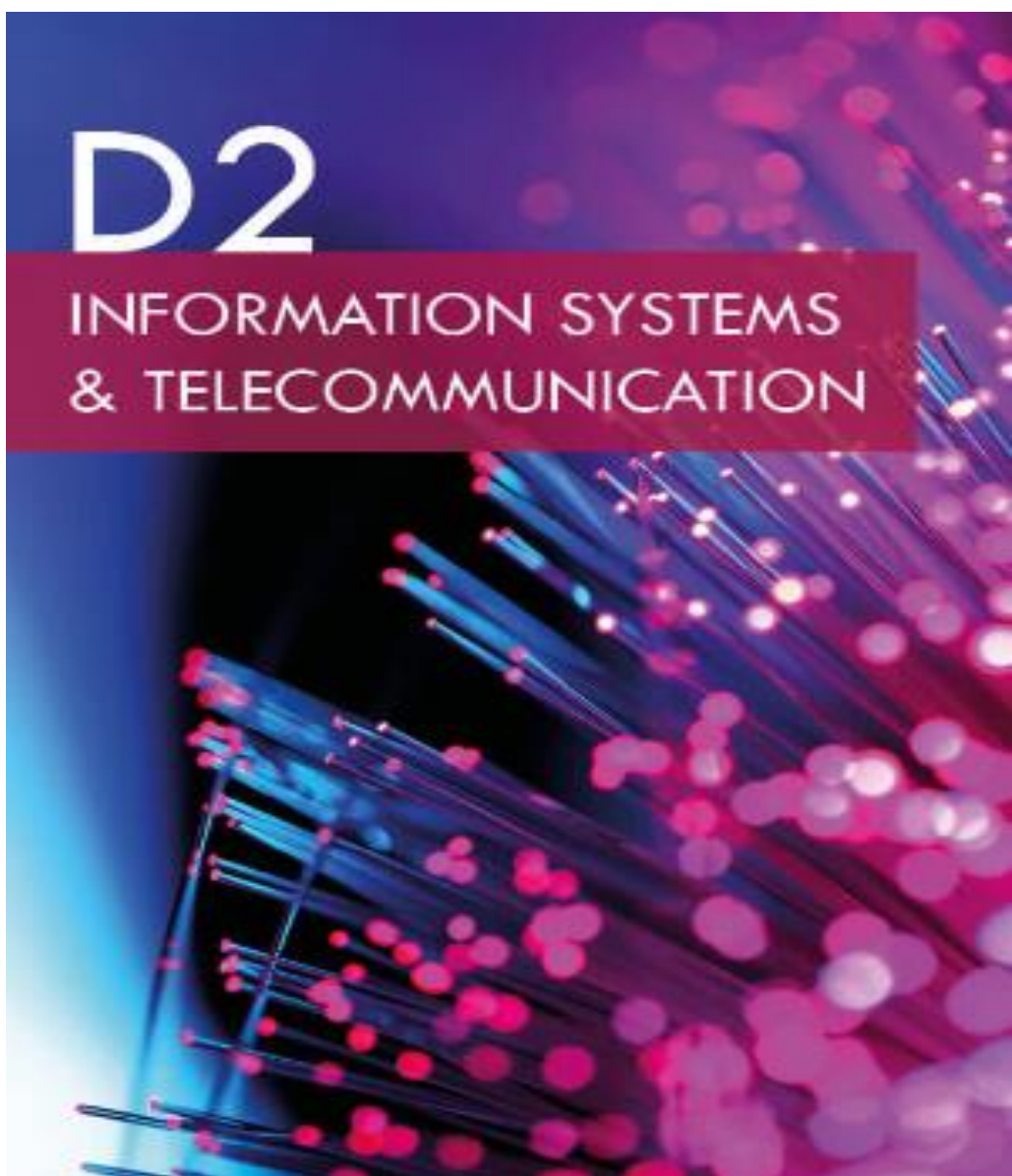


12. COMITÉ DE ESTUDIOS SC D2 - SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

El comité de estudios SC D2 tiene como Misión facilitar y promover el progreso de en sistemas de información y telecomunicaciones para sistemas eléctricos de potencia, así como el intercambio internacional de información y conocimiento en esos campos. Agregar valor a esta información y conocimiento mediante la síntesis de prácticas de vanguardia y el desarrollo de recomendaciones, y sensibilizar a los gerentes, tomadores de decisiones y reguladores (entre otras partes interesadas) en el sector EPI (Industrias de Energía Eléctrica) de su trabajo.¹

En este sentido este capítulo en Colombia propenderá por el desarrollo y adopción de las practicas que permitan a la industria colombiana de energía eléctrica aprovechar de manera eficiente y segura las tecnologías de información y comunicaciones que están disponibles en el mercado para apalancar el desarrollo de un sistema interconectado

nacional resiliente, competitivo y que responda a las necesidades de todos los ciudadanos a la vez que aporta conocimiento a la comunidad internacional de acuerdo con las experiencias y



¹ <https://d2.cigre.org/GB/about-sc-d2/scope-of-work>



capacidades del entorno nacional.

En Colombia la adopción de tecnologías de información y comunicaciones para el sector eléctrico ha tenido un desarrollo amplio en las últimas décadas, llevando la mayoría de los procesos de

gestión y operación del sistema eléctrico interconectado nacional a estar soportado en tecnologías de operación, que permiten una eficiente gestión del servicio; pero a su vez requieren un mantenimiento adecuado y un debido cuidado en cuanto a su seguridad y resiliencia.

Debido a esto el desarrollo de las estrategias de gestión basadas en tecnologías de información y comunicaciones ha venido de la mano de múltiples iniciativas sectoriales y nacionales que han buscado que el sector electricidad como infraestructura crítica vital para el país pueda continuar siendo un servicio confiable, seguro y económico y que los efectos del estar inmersos en un entorno cada vez más digital sólo sean positivos, gestionando adecuadamente los riesgos y oportunidades que se presentan.

Desde el 2008 un analista de la CIA planteo que habían ocurrido apagones producidos por ciberataques, pero estos no fueron reconocidos por sus víctimas, en los años 2015 y 2016 Ucrania fue objeto de ataques cibernéticos que generaron apagones en múltiples ciudades y su capital Kiev y los métodos pudieron ser investigados por la comunidad internacional quien determino que los ataques habían estado limitados y que habían cometido errores y hubiesen podido ser peores incluso con la posibilidad de daño de equipos de generación, lo que evidencio el riesgo de este tipo de sistemas ante amenazas cibernéticas avanzadas y el interés de los actores de conflicto en tener posiciones dominantes desde el punto de vista cibernético en las redes eléctricas nacionales.

Desde el 2011 se ha venido en Colombia y en el sector eléctrico desarrollando medidas de ciberseguridad acordes con el nivel de riesgo país, lo que se ha visto en la evolución de los documentos CONPES 3701 de 2011, 3854 de 2016 y 3995 de 2020 que establecieron los lineamientos de Ciberseguridad nacional y los acuerdos del Consejo Nacional de Operación del Sector eléctrico colombiano sobre ciberseguridad donde se destacan el 701 de 2014 sobre ciberseguridad para la medida, el 788 de 2015 donde se adopta la guía de ciberseguridad emitida en 2012 y los posteriores que han ido mejorando y adaptando estos a través de los años por acuerdos como el 1004 y 1043 del 2018 en cuanto a la medida y el 1241 de 2019, 1347 del 2020 y el 1502 de 2021 en ciberseguridad.

Con los recientes acontecimientos mundiales, es requerido entender los escenarios de alto impacto para el sector eléctrico que pueden ser provocados desde el mundo digital generando riesgos para la confiabilidad del sistema eléctrico y contar con estrategias de protección adecuadas que puedan ser recomendadas a los diferentes agentes del sector. Esto apoyaría además los esfuerzos del gobierno nacional quien emitió directiva presidencial y borrador de decreto en la materia donde se menciona la protección de las infraestructuras críticas como una necesidad del estado.

Es por esto que es imperativo para CIGRE concentrar sus esfuerzos para el 2022 del Capítulo Colombia D2 en la apertura de la vertiente de ciberseguridad con el interés de estudiar este fenómeno y las alternativas que pudieran ser útiles a la comunidad nacional e internacional.

En esta tarea, además es muy importante el trabajo conjunto con instituciones como el Centro de Ciberseguridad Industrial, el cual tiene objetivos congruentes con esta iniciativa y puede aportar desde su capítulo Colombia y el apoyo internacional conocimiento experto en la materia mientras



que el CIGRE puede aportar su conocimiento en el sector y los efectos que podría tener.

Para los años subsiguientes y con la entrada de nuevos miembros que apoyen este WG se recomienda la apertura de grupos de trabajo en tecnologías de operación y telecomunicaciones, redes industriales.

El primer grupo de trabajo del SC D2 es el WG D2.1 el cual estará dedicado al campo de la ciberseguridad.



13. NEXT GENERATION NETWORK (NGN)

La profunda transformación que están viviendo los sistemas eléctricos alrededor del mundo requiere de una evolución que sobrepasa los aspectos técnicos y que involucran las habilidades blandas y formación académica rigurosa de todas las personas que hacen posible la transición energética.

Conscientes de los retos actuales y futuros que afrontamos como sector eléctrico, CIGRE Colombia creó en 2020 el grupo Next Generation Network (NGN) para facilitar una transición exitosa de los estudiantes a la industria y brindar oportunidades a los profesionales jóvenes hasta 35 años proporcionando recursos técnicos y una red mundial de expertos que favorezcan el desarrollo personal y profesional. Los objetivos del grupo NGN son:

- ✓ Garantizar que los intereses de los nuevos miembros estén representados dentro de CIGRE, tanto para su propio beneficio como para la sostenibilidad futura de CIGRE.
- ✓ Organizar y promover actividades, tales como visitas técnicas, tutoriales y reuniones.
- ✓ Organizar eventos de relacionamiento entre los miembros y con externos.
- ✓ Participar en los Grupos de Trabajo (WG) activos de CIGRE, los cuales tienen alcance nacional e internacional.

Desde sus inicios, el grupo NGN ha tenido una participación activa en diferentes escenarios nacionales e internacionales a través de webinars, propuestas de artículos, contribuciones a los Comités de Estudio, apoyo al Comité Ejecutivo Internacional de NGN, y presencia en la Sesión de París (Global Next Generation Network Presentation Showcase 2021) y el COP26 – UN Climate Summit a través del Youth Conference, entre otros.

La membresía para estudiantes de las universidades vinculadas a CIGRE Colombia es gratuita. De igual forma, los jóvenes profesionales de las empresas que hacen parte de la red de CIGRE pueden obtener todos los beneficios como miembros colectivos. Todos los interesados pueden contactarnos a través del perfil @CIGRE NGN Colombia en las redes sociales LinkedIn e Instagram.

Para este año 2022 y el próximo, los esfuerzos del grupo CIGRE NGN Colombia se concentrarán en los siguientes propósitos:

- ✓ Generar espacios de intercambio de conocimiento especializado que contribuyan a la formación profesional rigurosa de nuestros miembros. Para este fin tendremos:
- ✓



webinars públicos y conferencias para audiencias específicas; visitas técnicas presenciales o virtuales; y reuniones para conectar la industria y la academia.

- ✓ Aumentar la presencia del grupo NGN en las comunidades locales de las universidades del país que están formando los futuros profesionales del sector de la energía eléctrica.
- ✓ Conformar un Comité Directivo multidisciplinario y diverso que se encargue de la gestión del grupo y los diferentes frentes de acción que se tienen.
- ✓ Hacer crecer el número de miembros y fortalecer la comunidad NGN.
- ✓ Garantizar la presencia del grupo CIGRE NGN Colombia en las actividades y eventos que organiza en Comité Ejecutivo Internacional de NGN.





Comité Nacional CIGRE Colombia
informacion@cigrecolombia.org
Medellín-Colombia / Teléfono: (57) 310 849 4042

