

AISLADORES DE VIDRIO TEMPLADO PARA APLICACIONES DE HVDC



Fabricamos

aisladores de vidrio templado de alta resistividad (HRTG)

A finales de la década de 1950, Sediver® fue uno de los primeros fabricantes en desarrollar aisladores para aplicaciones en líneas aéreas de transmisión de HVDC.

Gracias a esta experiencia única y sustancial en el campo y a los programas de investigación en curso con empresas de servicios públicos y expertos internacionales, el equipo de investigación de Sediver® introdujo un nuevo aislador de CC de vanguardia con vidrio templado de alta resistividad (HRTG) a mediados de la década de 1980.

Este desarrollo contribuyó significativamente a establecer un referente de alto desempeño en la industria, incluyendo criterios específicos introducidos posteriormente en la norma IEC 61325, que sigue siendo la única norma internacional que describe los requisitos de desempeño de HVDC.

Más de 11 millones de aisladores de Sediver® se utilizaron en líneas de HVDC con gran éxito.

Las aplicaciones cubren todas las condiciones climáticas y ambientales hasta 800 kV de CC.



¿Por qué vidrio?

El vidrio es completamente amorfo; es un líquido congelado. Esto significa que no tiene una estructura cristalográfica responsable del envejecimiento. Nuestro proceso de fabricación lo hace aún más confiable, estable y robusto. Contamos con décadas de conocimiento de este material, lo que nos permite ofrecer a nuestros clientes beneficios únicos durante todo el ciclo de vida de su línea de transmisión.

Nuestro proceso de fabricación propio y distintivo



- Un vidrio de **alta pureza** con una **composición química excepcionalmente homogénea**.
 - Una experiencia única que nos permite crear **formas de vidrio complejas** y productos de hasta 420 mm (16^{1/2}") de diámetro y más de 22 lbs (10 kg) de peso.
 - Un proceso de templado desarrollado por Sediver® genera una pre-tensión de compresión en la superficie de los cuerpos de vidrio, lo que les confiere una alta resistencia mecánica y aumenta su resistencia a los choques térmicos e impactos mecánicos, así como su inmunidad a los efectos del envejecimiento.
 - Un proceso de fabricación altamente automatizado, perfeccionado a lo largo de los años por Sediver®, garantiza altos niveles de calidad constantes en cuanto a materiales y ensamblaje final del producto.
- Un **sistema de calidad muy riguroso** que incluye controles e inspecciones sistemáticos de los aisladores durante la fabricación, todo ello **monitoreado constantemente y de modo automático** y supervisado por inspectores calificados.
- **Un proceso estandarizado en todas las plantas de producción garantiza un desempeño consistente del producto en todo el mundo.** Un sistema de control de calidad y unidades marcadas individualmente que garantizan la trazabilidad completa de todos los aisladores.
- **Un bajo ratio de rotura**, garantizado <1/ 10.000 al año gracias a la alta pureza de nuestro vidrio Sediver® y a un proceso excepcional.

Enfoque en vidrio binario



Carcasa intacta

- Ausencia garantizada de grietas internas y perforaciones eléctricas.
- 100 % de resistencia mecánica garantizada durante largos periodos, incluso en condiciones muy adversas.
- 100 % de resistencia eléctrica.



Arco sólo posible externamente, nunca internamente

Carcasa dañada

- Resistencia mecánica residual: 80 % de potencia mecánica garantizada durante largos periodos, incluso en condiciones muy adversas.
- Rigidez eléctrica residual: no hay perforación interna ni sobretensión forzada que induzca descargas externamente.

Por lo tanto

- Inspección más sencilla: no hay necesidad de escalar estructuras ni de utilizar instrumentos sofisticados.
- Mayor seguridad para los trabajadores en operaciones con línea viva.
- Inspección de bajo costo durante toda la vida útil de la línea.
- No hay riesgo de separación ni caídas de tensión.
- No es urgente sustituir una unidad con la carcasa rota.
- Ahorro a largo plazo en operaciones de mantenimiento.

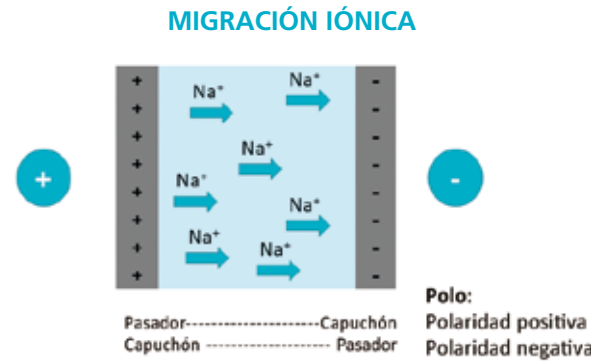
Tensiones específicas de HVDC

Los aislantes utilizados en líneas de HVDC deben soportar condiciones de tensión únicas y específicas asociadas con el campo eléctrico unidireccional y el flujo de corriente.

1. Migración iónica

En líneas de HVDC, la corriente es unidireccional y la polaridad polar es constante, lo que provoca la migración iónica.

La migración iónica crea el riesgo de formación de capas de agotamiento en materiales dieléctricos no diseñados específicamente para aplicaciones de CC o con una formulación inadecuada. Estas capas de agotamiento pueden debilitar el dieléctrico y provocar la perforación de la porcelana o la rotura del vidrio templado.



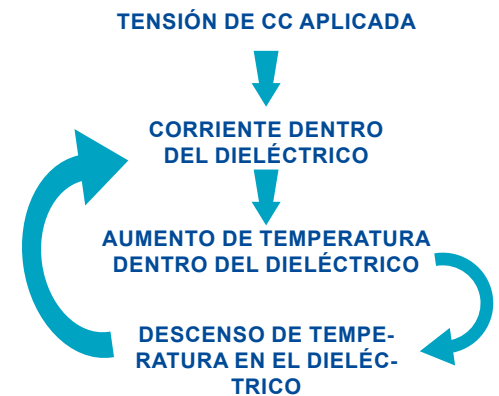
2. Fuga térmica

En aplicaciones de HVDC, la **corriente unidireccional puede causar un aumento significativo de la temperatura local en el dieléctrico**. Esto se denomina efecto Joule y se acentúa en ambientes cálidos.

Cuando la temperatura aumenta dentro del dieléctrico, su resistividad disminuye. Estos dos fenómenos pueden crear un bucle donde la pérdida de resistividad permite que fluya más corriente a través del aislador y que la temperatura aumente cada vez más.

Esto se denomina **fuga térmica**, y puede provocar la perforación de la porcelana o la rotura del vidrio templado.

CONCEPTO DE FUGA TÉRMICA



3. Acumulación de contaminación

En sistemas de HVDC, el campo electrostático a lo largo de una cadena de aisladores, combinado con los efectos del viento, provoca una acumulación constante de contaminantes en la superficie del aislador.

Esta acumulación de contaminación puede ser hasta diez veces más grave que en aisladores de HVAC comparables en el mismo entorno.

En sistemas de HVDC, la longitud de la cadena suele estar controlada por el nivel de contaminación más que por la conmutación y el desempeño de la iluminación.

4. Corrosión de las piezas metálicas

La corriente continua combinada con condiciones de humedad también acelera la corrosión de las piezas metálicas debido a los efectos electrolíticos.



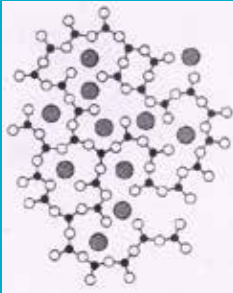
Para lograr un desempeño óptimo en CC y para hacer frente a estas 4 limitaciones adicionales, Sedi-ver® desarrolló un aislador de **vidrio templado de alta resistividad (HRTG)** con un **tipo especial de vidrio y diseño adaptado**.

Diseño del aislador de HRTG de Sediver®:

La respuesta a la confiabilidad de HVDC T/L

Para lograr un desempeño óptimo en CC y para hacer frente a estas cuatro limitaciones adicionales, Sediver® desarrolló un aislador de **vidrio templado de alta resistividad (HRTG)** con un tipo especial de vidrio y diseño adaptado.

Composición química del vidrio de CA



Si⁴⁺ O²⁻ Na⁺

Composición química del vidrio de CC



Si⁴⁺ O²⁻ Na⁺ K⁺



1. Vidrio templado de alta resistividad para solucionar los efectos de la corriente interna

El vidrio es un material amorfo. Su estructura atómica es una red básica de sílice-oxígeno a la que se agregan otros óxidos, ya sea para su procesamiento o para lograr propiedades específicas según la aplicación final.

En la química del vidrio en CA, se pueden utilizar óxidos como el sodio.

En este caso, el sodio, que no está ligado a la estructura atómica, puede moverse bajo un campo eléctrico y generar conductividad iónica.

En CC, esta conductividad iónica debe inhibirse.

Para reducir la migración iónica, se modifica la red atómica reemplazando algunos iones de sodio con cationes más grandes u otros con menor movilidad.

La movilidad del sodio en el material de vidrio resultante (HRTG) se ve **obstaculizada por estos cationes de mayor tamaño, lo que elimina el riesgo de fallos por migración iónica.**

2. Vidrio templado de alta resistividad para prevenir la fuga térmica

La **composición química del vidrio templado de alta resistividad** aumenta su resistividad eléctrica, que es aproximadamente 100 veces mayor en comparación con el vidrio de CA, **lo que evita el riesgo de fallos por fuga térmica.**

Además, Sediver® desarrolló un proceso de fabricación especial capaz de producir carcasas de vidrio con un alto grado de pureza, lo que reduce la acumulación iónica.

3. Nuevo diseño de carcasa de vidrio para contrarrestar la acumulación de contaminación

Las **condiciones específicas de contaminación en aplicaciones de CC requieren aisladores capaces de reducir la acumulación excesiva de polvo** resultante de campos eléctricos unidireccionales (véase IEC 60815 parte 4).

Las pruebas de laboratorio y la experiencia práctica demostraron ampliamente que la base del aislador es fundamental en este sentido. Los mejores aisladores ofrecerán una distancia de fuga adaptada, distribuida de forma que se evite tanto la formación de nidos de polvo como de arcos eléctricos entre nervaduras.

Sediver® adaptó con éxito la forma de su carcasa de vidrio a los requisitos de CC mediante procesos específicos de moldeado y endurecimiento del vidrio que reducen el riesgo de formación de arcos eléctricos.

4. Protección de los terminales metálicos contra la corrosión

Pasadores de los aisladores de servicio



Pasador corroído sin manguito de zinc
Pasador con manguito de zinc

Protección de los pasadores

Bajo tensiones de CC, el recubrimiento galvanizado del pasador se deteriora con el tiempo, provocando su corrosión, lo que, a largo plazo, puede reducir significativamente su resistencia mecánica.

Para evitar este daño en los pasadores, los aisladores de HVDC de Sediver® están equipados con un manguito anticorrosivo de zinc de alta pureza.

Protección del capuchón

En HVDC, también pueden producirse arcos y corrosión alrededor del capuchón, lo que crea depósitos de óxido en la superficie superior del faldón.

Aunque esto no supone ningún riesgo mecánico, la generación de una ruta conductora en los aisladores puede reducir sustancialmente la distancia total de fuga de toda la cadena y, por lo tanto, su desempeño eléctrico.

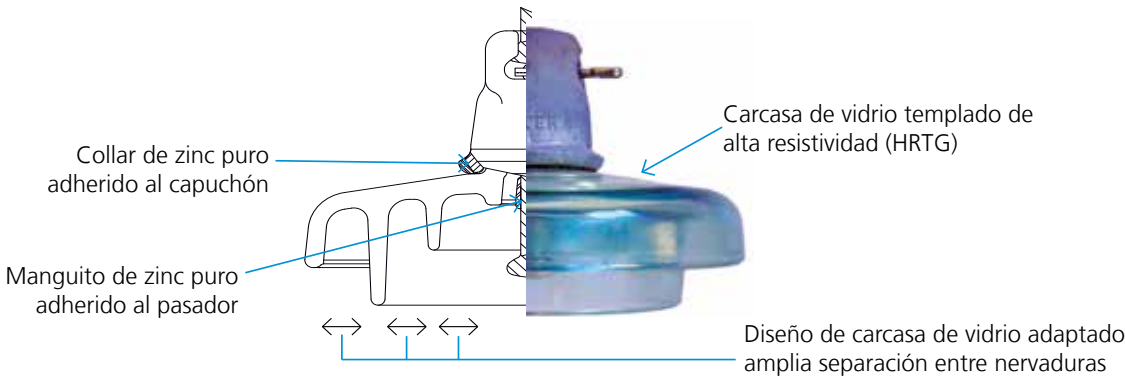
Para evitar este tipo de corrosión, Sediver® superó las especificaciones de la IEC a principios de los años 80 y patentó un diseño específico de collar de zinc para proteger el capuchón.

Observaciones en campo



El óxido aparece en el capuchón debido a la corriente superficial

Características y ventajas para el usuario de HRTG de Sediver®



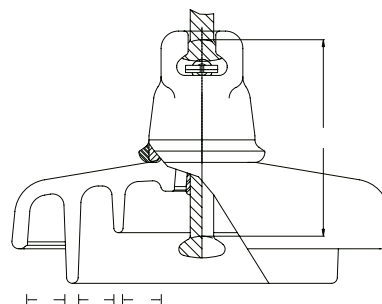
	Consecuencia de la tensión de HVDC	Riesgo	Solución de HRTG de Sediver®	Beneficio para el usuario
Corriente interna	Migración iónica	Ruptura dieléctrica	Vidrio templado de alta resistividad que soporta tensiones de flujo iónico	No hay perforaciones = menor mantenimiento
	Fuga térmica	Ruptura dieléctrica	Vidrio templado de alta resistividad de alta pureza que ofrece alta resistencia a las tensiones térmicas localizadas	No hay perforaciones = menor mantenimiento
Corriente externa	Acumulación de contaminación	Descarga súbita de la cadena	Diseño de carcasa de vidrio específico para HVDC para un mejor desempeño en presencia de contaminación	Alta eficiencia frente a la contaminación = menor mantenimiento
	Corrosión de las piezas metálicas	Descarga súbita de la cadena Fallo mecánico	Protección de los herrajes metálicos con collar de zinc puro adherido al capuchón y manguito de zinc puro adherido al pasador	Mayor vida útil

El estado de los aisladores de CC de Sediver®, tras 30 años de servicio, se supervisó en colaboración con las compañías eléctricas. Millones de aisladores de HRTG de Sediver® demostraron su excelente desempeño y confiabilidad en todo tipo de condiciones ambientales.

Aisladores de suspensión de vidrio templado de Sediver®

Tipo campana - Perfil de niebla de CC

IEC



		Perfil de tipo niebla de CC				
CATÁLOGO ANTIGUO N.º		F160P/C170DR	F210P/C170DR	F300PU/C195DR	F420P/C205DR	F550P/C240DR
CATÁLOGO NUEVO N.º		F160PS/C170DC	F210PP/C170DC	F300PU/C195DC	F420PQ/C205DC	F550CT/C240DC
Clase según IEC ⁽¹⁾		U160BL	U210BP	U300BP		
Tamaño de los herrajes metálicos ⁽²⁾		20	20	24	28	32
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS						
Resistencia mecánica y eléctrica combinada	kN	160	210	300	420	550
Resistencia al impacto	N-m	45	45	45	45	45
Prueba de tensión	kN	80	105	150	200	275
DIMENSIONES						
Diámetro (D)	mm	330	330	360	380	360
Espaciamiento (S)	mm	170	170	195	205	240
Distancia de fuga	mm	550	550	635	630	635
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS ⁽³⁾						
Tensión de resistencia de CC						
- En seco un minuto ±	kV	150	150	170	170	170
- En mojado un minuto ±	kV	65	65	65	70	70
Resistencia al impulso de rayos secos	kV	140	140	140	140	150
Tensión de resistencia a la perforación de CC SF6kV		225	225	225	225	255
DATOS DE EMPAQUE Y ENVÍO						
Peso neto aprox. por unidad	kg	8,8	9,9	13,4	14,7	17,5
N.º de aisladores por caja		6	6	5	4	2
Volumen por caja	m³	0,062	0,062	0,135	0,132	0,063
Peso bruto por caja	kg	31,7	34,6	78	82	43

También disponemos de productos personalizados no mostrados aquí

(1) IEC 60305

(2) IEC 60120

(3) IEC 61325

Contribución de Sediver® a los comités internacionales de normalización

Sediver® contribuye activamente a los siguientes comités y grupos de trabajo:

Comités:

- **IEC:** Comisión Electrotécnica Internacional
- **CIGRE:** Consejo Internacional de Grandes Redes Eléctricas
- **IEEE:** Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

Grupos de trabajo

- CIGRE: B2, D1, C4
- IEEE: OHL SC
- CSA 411
- ANSI NEMA C29
- IEC TC36



Publicaciones internacionales sobre HVDC y actividades de investigación de Sediver® sobre aisladores de HVDC

George JM, Lepley D, "HVDC OVERHEAD LINE INSULATORS : BASICS AND PERFORMANCE", 2024 CIGRE PARIS, 25 aug. - 30 aug. 2024, Paris, France

George JM, "POLLUTION OF OVERHEAD LINE INSULATORS: UPDATE ON STANDARDS AND INSULATORS PERFORMANCE UNDER SEVERE CONTAMINATION FOR AC AND DC LINES, 2024 EDM, International Conference on Overhead Lines, April 15-18, 2024, Fort Collins, U.S.A

George JM, Lepley D, Virlogeux F, "Pollution and insulators", 2023 INMR World Congress, 12-15 Nov. 2023, Bangkok, Thailand

George JM, Lepley D, "AC and DC pollution testing methods: accuracy and limitations", 2022 INMR World Congress, 16-19 Oct. 2022, Berlin, Germany

Marzinotto M, George JM, Pirovano G, "Field experience and laboratory results on the application of RTV coating on HVDC line" CIGRE 2020 PARIS CIGRE e-session 48, 24 Aug.-3 Sep. 2020

George JM, Ferreira LF, "HVDC overhead line insulators selection and design update features" RVPAL 2018, XXXI Reunión Internacional de Verano de Potencia, Aplicaciones Industriales y Exposición Industrial IEEE, 15-20 Jul. 2018, Acapulco, Mexico

George JM, Brocard E, Virlogeux F, Lepley D, "DC pollution performance: current approximations & future needs" INMR 2017 World Congress, 5-8 Nov. 2017, Barcelona, Spain

Virlogeux F, George JM, "Key parameters for HVDC overhead lines insulators" GCC POWER 2017, 13th International Conference for GCC, 16-18 Oct. 2017, Muscat, Sultanate of Oman

Virlogeux F, Brocard E, George JM, "Correlation assessment between actual pollution performance of insulator strings in DC and theoretical models", INSUCON 2017, 13th International Insulation Conference, 16-18 May 2017, Birmingham, UK

George JM, Brocard E, Virlogeux F, Lepley D, "DC pollution performance: current approximations & future needs" INMR 2017 World Congress, 5-8 Nov. 2017, Barcelona, Spain

George JM, "HVDC insulators", INMR World Congress 2015, Munich, Germany 2015

Klassen D, Zoghby E, Kieloch Z, "Assessment of toughened glass insulators removed from HVDC lines after more than 40 years in service", CIGRE Canada Conference 2015

Nolasco JF, Ferreira LFP, "Aspectos especiais de projeto e ensaios de isoladores para LT's de corrente continua", CIGRE XV ERIAC 2013

CIGRE WG C4.303, "Outdoor Insulation in Polluted Conditions: Guidelines for Selection and Dimensioning -Part 2 : The DC Case", CIGRE Technical Brochure 518, 2012

George JM, "Long term Performance Evaluation of Toughened Glass Insulators and the consequences for UHV and DC Applications", International Conference on UHV Transmission, Beijing, China, 21-22 May 2009

Ferreira LF, George JM, "HVDC Toughened Glass Insulators", INMR Rio de Janeiro 2007

George JM, Del Bello E, "Assessment of electrical and mechanical performance of Toughened Glass Insulators removed from existing HV Lines", CIGRE Regional Meeting 27-28 Aug. 2007, Calgary Canada

Dumora D, Parraud R, "Reliability of Toughened Glass Insulator on HVAC and HVDC Transmission Lines: Design Improvements, Field Experience and Maintenance", CBIP International Conference Recent Trend in Maintenance Technologies of EHV, 29-30 Apr. 2002, New Delhi, India

Parraud R, Dumora D, Joulie R, Lumb C, "Improvement in the Design and the Reliability of Toughened Glass Insulators for AC and DC Transmission Lines", CEPIS, 21-25 Oct. 1996

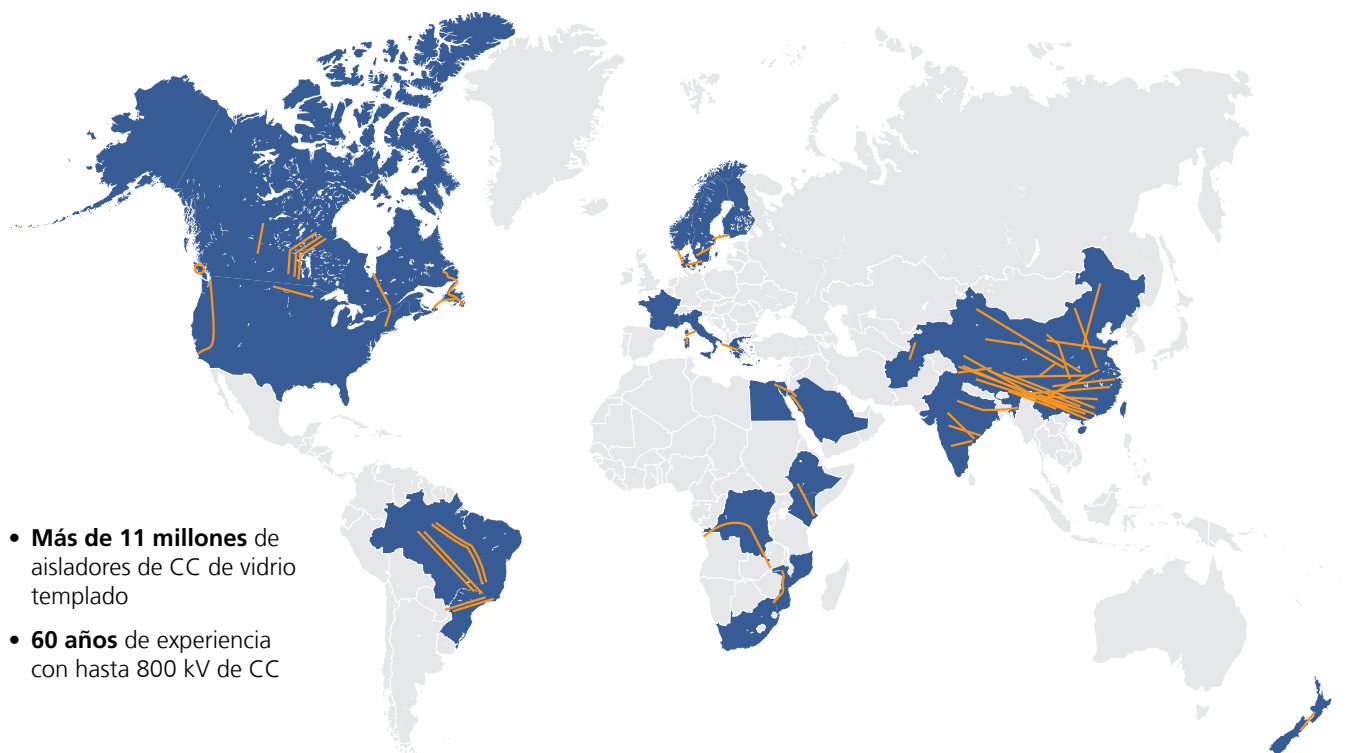
O'Brien M, Burleigh C, Gleadow J, "New Zealand ± 250 KV 600 MW HVDC Link Reliability, Operating Experience and Improvements", CIGRE Colloquium on HVDC, New Delhi, 9-11 Sep. 1991

Pargamin L, "Contaminated Insulator Performance on HVDC Lines and Substations", IEEE T&D Panel Session 1989

Pargamin L, Parraud R, "A key for the choice of insulators for DC transmission lines", IEEE HVDC Transmission, Madras, 1986

Pargamin L, De Decker D, Dumora D, "Improvement of the Performances of HVDC Toughened Glass Insulators", HVDC Insulator Symposium Los Angeles, 19-21 Nov. 1985

Amplia experiencia en HVDC a nivel mundial



- **Más de 11 millones** de aisladores de CC de vidrio templado
- **60 años** de experiencia con hasta 800 kV de CC

1. ± 300 kV CC, Dinamarca-Suecia, Konti-Skan 1; 2 y 3, 1965/1988	30. ± 300 kV de CC, Suecia, enlace suroeste, parte sur, 2012
2. ± 260 kV de CC, Canadá, Islas de Vancouver, 42 km, 1967	31-32. ± 600 kV de CC, Brasil, Río Madeira I y II, 2 x 2 500 km, 2012/13
3. ± 200 kV de CC, Italia-Francia, Córcega-Cerdeña-Italia, 264 km, 1967/1992	33. ± 500 kV de CC, RD del Congo, Inga-Shaba, 1.700 km, 2013/2017
4. ± 500 kV de CC, EE.UU., Pacific Intertie, 1.360 km, 1969/2014/2017-2019	34. ± 500 kV de CC, Canadá, Alberta Oriental, 500 km, 2013
5-6-7. ± 450 y 500 kV de CC, Canadá, Kettle Winnipeg Nelson River, 2x870 km Bipolo I, II y Bipolo III, 1.364 km, 1972 y 2014-15	35. ± 800 kV de CC, China, Hami-Zhengzhou, 2.208 km, 2013
8. ± 250 y 350 kV de CC, Dinamarca Noruega, Skagerrak 217 km, 1 y 2; 3 1975/1993	36. ± 350 kV de CC, Labrador-Terranova-Cataratas Muskrat, 1.300 km, 2014
9. ± 500 kV de CC, EE.UU., Dickinson - Coal Creek, 687 km, 1978	37. ± 500 kV de CC, China, Jinzhong-Guangxi, 577 km, 2015
10. ± 500 kV de CC, Mozambique, Cahora Bassa, 1.420 km, 1978	38. ± 500 kV de CC, China, Distrito de Guanyinyan, 700 km, 2015
11. ± 500 kV de CC, USA, EE. UU., Nueva Inglaterra, 85 km, 1984	39. ± 800 kV de CC, Brasil, Belo Monte I, 2.000 km, 2015-17
12. ± 450 kV de CC, Canadá, Quebec-Nueva Inglaterra, 1.100 km, 1988	40. ± 200 kV de CC, Canadá, enlace marítimo, 2016
13-14. ± 600 kV de CC, Brasil, Itaipú 1 y 2, 2 x 800 km, 1984/87	41. ± 500 kV de CC, interconexión Etiopía-Kenia, 1.045 km, 2016-17
15. ± 500 kV de CC, India, Rihand Dadri, 814 km, 1987	42. ± 800 kV de CC, China, Dianxibei, 1.928 km, 2017
16. ± 500 kV de CC, Finlandia-Suecia, Fenno Skan 1 y 2, 136 km, 1988/2009	43. ± 800 kV de CC, China, Ximeng-Taizhou, 1.620 km, 2017
17. ± 350 kV de CC, Nueva Zelanda, Isla Norte Sur, 535 km, 1990	44. ± 800 kV de CC, Brasil, Belo Monte II, 2.300 km, 2017
18. ± 500 kV de CC, India, Chandrapur Padghe, 752 km, 1997	45. ± 800 kV de CC, China, Zhallute-Qingzhou, 1.320 km, 2017
19. ± 400 kV de CC, interconexión Italia-Grecia, 110 km, 1999	46. ± 800 kV de CC, China, Hami-Zhengzhou, 1.135 km, 2019
20. ± 500 kV de CC, China, Tianshengqiao-Guangzhou, 1.050 km, 2001/2004	47. ± 800 kV de CC, China, Qinghai-Henan, 1.575 km, 2019
21. ± 500 kV de CC, China, Guizhou-Guangdong 1 y 2, 2.007 km, 2003	48. ± 800 kV de CC, China, Wudongde-Guangxi, 1.490 km, 2019
22. ± 500 kV de CC, China, Yunnan-Guangdong, 1.418 km, 2008	49. ± 500 kV de CC, China, interconexión Yunnan-Guizhou, 1.283 km, 2019
23. ± 500 kV de CC, India, Ballia Bhiwadi, 780 km, 2008/2009	50. ± 500 kV de CC, Tayikistán-Afganistán, de Sangtuda a Deh Salah, 162 km, 2020
24. ± 500 kV de CC, China, Deyang-Baoji, 534 km, 2009	51. ± 800 kV de CC, China, Baihetan-Jiangsu, 2.269 km, 2021
25. ± 500 kV de CC, China, Gezhouba-Shanghai, 1.929 km, 2009	52. ± 800 kV de CC, China, Baihetan-Zhejiang, 2.193 km, 2021
26. ± 800 kV de CC, India, Biswanath Agra, 1.825 km, 2010/11/12	53. ± 800 kV de CC, China, Jinshang-Hubei, 1.961 km, 2024
27. ± 800 kV de CC, China, Jinping-Sunan, 2.089 km, 2011	54. ± 800 kV de CC, China, Longdong-Shandong, 1.040 km, 2024
28. ± 800 kV de CC, China, Nuozhadu-Guangdong, 1.413 km, 2012	55. ± 500 kV de CC, Egipto - Arabia Saudita, Badr-Tabuk 228 km, 2024
29. ± 500 kV de CC, China, Xiluodu-Guangdong, 1.251 km, 2012	56. ± 500 kV de CC, Arabia Saudita, Nic South-Yanbu Central, 604 km, 2024