

A photograph of a high-voltage electrical substation. The central focus is a large, grey, cylindrical insulator assembly mounted on a metal frame. It is flanked by two similar but angled insulators. The background shows a complex network of metal structures and power lines under a clear blue sky. The overall scene is industrial and technical.

TRANSMISIÓN DE ENERGIA Y SF6

TRANSMISIÓN DE ENERGIA Y SF6

Subestaciones transformadoras elevadoras

Elevan la tensión generada de media a alta o muy alta para poder transportarla. Generalmente situadas al aire libre, al lado las centrales generadoras de electricidad. La tensión primaria de los **transformadores** suele estar entre 3 y 36kV. La tensión secundaria de los transformadores está condicionada por la tensión de la línea de transporte o de interconexión (66, 110, 220 o 380 kV).

Subestaciones transformadoras reductoras

Reducen la tensión de alta o muy alta a tensión media para su posterior distribución.

La **tensión primaria** de los transformadores depende de la tensión de la línea de transporte (66, 110, 220 o 380 kV). Mientras que la tensión secundaria de los transformadores está condicionada por la tensión de las líneas de distribución (entre 6 y 30kV).

Definición de Central Eléctrica

Por definición, una **central eléctrica**, también referida como una **planta de energía eléctrica** o **potencia eléctrica** y algunas veces como **estación de generación eléctrica** o **planta de generación eléctrica**, es una instalación industrial para la generación de energía eléctrica.

La mayoría de las centrales eléctricas contienen uno o más **generadores eléctricos**, es decir, máquinas giratorias que transforman **potencia mecánica** en **potencia eléctrica**.

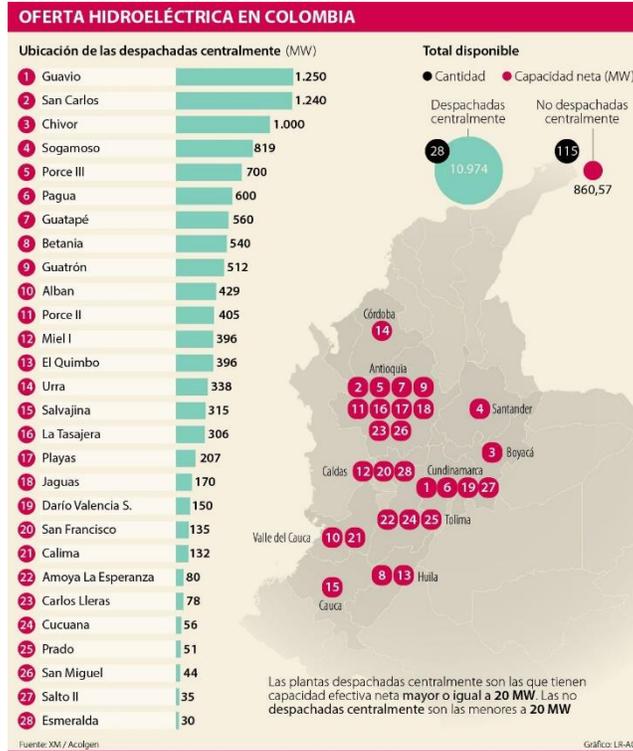


Subestación de Distribución de
5000 kva - 115 kv / 13,8 kv
Trifásico

Estas máquinas tienen un movimiento relativo entre un campo magnético y un conductor, creando una **corriente eléctrica**. La fuente de energía aprovechada para hacer girar el generador varía ampliamente. La mayoría de las centrales eléctricas quemar **combustibles fósiles** como el carbón, el petróleo y gas natural (los tres tipos de combustibles, son usados en Colombia) para generar electricidad. Aunque también hay otras que se basan en el uso de la **energía nuclear**, cada vez más habitual, o con **fuentes renovables** más limpias como la **solar**, la **eólica**, la **undimotriz** (energía proveniente del oleaje, generalmente del océano) y la **hidroeléctrica** (aprovechamiento de caídas naturales de agua o inducidas a través de métodos constructivos pre diseñados, por ejemplo, a través de represamientos inducidos).

La **generación de energía en Colombia** (de acuerdo con la capacidad instalada) proviene, aproximadamente, un 68,4% de recursos **hidráulicos**, mientras que el 30% viene de recursos térmicos como el Gas Natural (13,3%), Carbón (9,5%), Combustibles Líquidos (7,8%) fueloil y combustóleo y 1% de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable [FN CER], (Eólica, Solar y Biomasa). Al inicio de la década de 2020, la capacidad efectiva neta instalada en el Sistema Interconectado Nacional rondaba los 17.000 MW. El sector eléctrico se integra por tres fases en definidas: GENERACION – TRANSMISION – RED DE DISTRIBUCION.

Generación	La energía sale de las centrales.
-------------------	-----------------------------------



EMPRESAS DETRÁS DE LAS HIDROELÉCTRICAS

Empresa	Algunos de los proyectos	Capacidad instalada (MW)	Total proyectos por empresa
	Hidroituango	1.200	37
	Porce III	770	
	Guatapé	560	
	Cadena Guatrón	512	
	Porce II	405	
	La Tasajera	306	
	San Carlos	1.240	20
	Sogamoso	819	
	Miel I	396	
	Jaguas	170	
	Alto y Bajo Anchicaya	429	19
	Salvajina	285	
	Calima	132	
	Cucuana	58	
	Hidroprado	51	
	El Guavio	1.250	12
	Betania	540	
	El Quimbo	396	
	Guaca	324	
	Paraíso	276	

Fuente: XM / Gráfico: LR-ST

FUENTE: www.larepublica.co

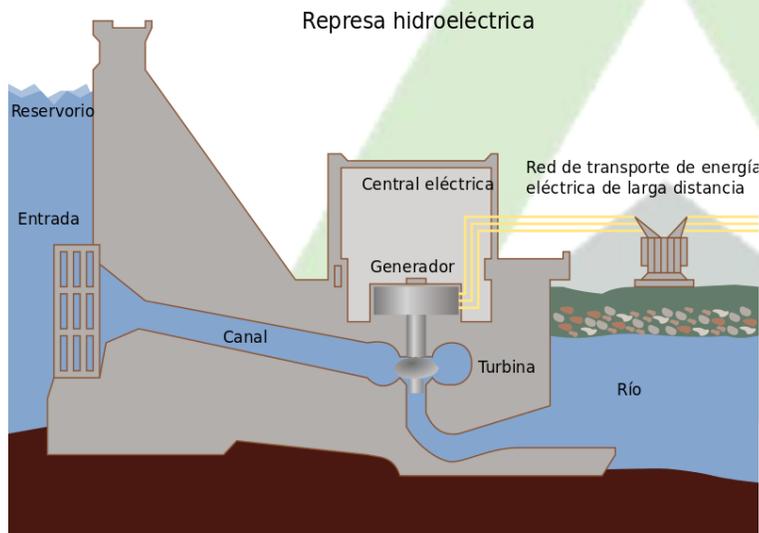
Este tipo de operación genera **11.834,57 MW**

DE acuerdo con cifras de la firma XM, operador del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y administrador del Mercado de Energía Mayorista de Colombia, la oferta de las compañías hidroeléctricas es de 11.834,57 megavatios (MW), sumando las plantas despachadas centralmente y las que no despachan centralmente. La cifra corresponde a 68% de la oferta energética del país.

El total de capacidad efectiva neta del país es mucho más alta, pues si se suman todos los tipos de generación energética llega a 17.319,59 MW. Dicha oferta incluye alternativas como las energías térmica y eólica, así como auto-generadores y cogeneradores.

Las plantas despachadas centralmente se caracterizan por tener una capacidad neta mayor o igual a 20 MW, mientras que las no despachadas centralmente abarcan menos de 20 MW, según información de XM.

Hoy en día, se encuentran en funcionamiento 28 plantas hidroeléctricas despachadas centralmente y 115 no despachadas centralmente. En las primeras, la capacidad neta asciende a 10.974 MW, mientras que el segundo grupo llega a 860,57 MW



En general, la **generación de energía eléctrica** consiste en transformar alguna clase de energía (química, cinética, térmica, lumínica, nuclear, solar entre otras), en **energía eléctrica**. Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, que ejecutan alguna de las transformaciones citadas. Estas constituyen el primer pitón del sistema de suministro eléctrico un **generador eléctrico**; si bien estos no difieren entre sí en cuanto a su principio de funcionamiento, varían en función a la forma en que se accionan.

Desde que se descubrió la corriente alterna y la forma de producirla en los alternadores, se ha llevado a cabo una inmensa actividad tecnológica para llevar la energía eléctrica a todos los lugares habitados del mundo, por lo que, junto a la construcción de grandes y variadas centrales eléctricas, se han construido

sofisticadas redes de transporte y sistemas de distribución. Sin embargo, el aprovechamiento ha sido y sigue siendo muy desigual en todo el planeta. Así, los países industrializados o del primer mundo son grandes consumidores de energía eléctrica, mientras que los países en vías de desarrollo apenas disfrutan de sus ventajas.

EJEMPLO DE UNA CENTRAL HIDROELECTRICA: EL GUAVIO

La central hidroeléctrica del Guavio es la primera central en funcionamiento más grande de Colombia con una capacidad instalada de **1250 MW** distribuidos en 5 unidades, es subterránea y está ubicada a 120 km al noreste de Bogotá, su embalse abarca los municipios de Ubalá, Gachalá, Gachetá, Gama y Junín, entró en operación el 15 de diciembre de 1992, cuenta con la infraestructura necesaria para la instalación de tres unidades adicionales, las cuales no fueron instaladas por falta de recursos económicos, si se instalaran estas unidades sería capaz de generar **1900 MW**, convirtiéndola en la de mayor capacidad instalada del país.



Vistas del Embalse y la Presa



Casa o Caverna de Máquinas - Sub estación de Distribución de 5000 kva

INFORMACION GENERAL

- Tipo galería de expansión longitud 319 m, sección en herradura y diámetro de excavación 8,4 m
- Pozo de carga de 545 m de longitud
- Túnel inferior de carga de 1430 m de longitud
- Túnel de fuga de 5260 m de longitud
- Caverna de máquinas de dimensiones en planta de 234 m por 17 m y de una altura de 35 m
- Cinco Turbinas Pelton de 230 MW cada una
- Salto nominal: 1100 m
- Caverna de transformadores de dimensiones en planta de 201 m por 14 m y de una altura de 21 m
- Veinticuatro transformadores monofásicos.
- Líneas de transmisión de 230 kV y 127 km de longitud.



Acceso a Casa de Máquinas

DEFINICIONES BASICAS:

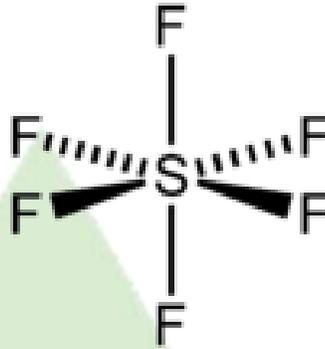
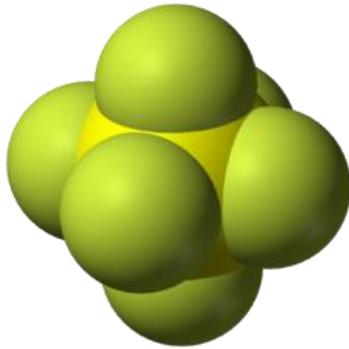
ESTRUCTURA BASICA: Galería de expansión (320 m) en herradura con Diámetro de 8,4 m – Pozo de carga: 545 m – Turbinas Pelton - Túnel de Carga Inferior: 1430 m – Túnel de Fuga: 5260 m – Caverna de Máquinas: 139.230 m³ — Líneas de Transmisión: 230 kV x 127 km

TURBINA PELTON (x 8) – Q=25 m ³	TRANSFORMADORES (24 Monofásicos)	LINEAS DE TRANSMISION (230 kV – L = 127 km)
Turbina Hidráulica Turbomáquina motora, de flujo tangencial	Caverna de Trafos (x24): 59.094 m ³	Presa: Enrocado h = 243 m

<p>(transversal), admisión parcial y de acción. Consiste en una rueda (rodete o rotor) dotada de cucharas en su periferia, las cuales están especialmente realizadas para convertir la energía de un chorro de agua que incide sobre las cucharas.</p> <p>Salto Nominal: 1100 m.</p>	<p>Generación por Unidad: 240 Mw y 13,8 kV a 450 RPM</p> <p>Generadores: $Q = 25 \text{ m}^3$</p>	<p>Embalse útil: $950 \times 10^6 \text{ m}^3$</p> <p>$Q_{\text{Río}}$ = $62 \text{ m}^3/\text{S}$</p> <p>Túnel de desvío = 1160 m</p> <p>Rebosadero = 2 x 600 m y vertedero</p> <p>Túnel de desviación al embalse = 2230 m y 2190 m a ríos Batatas y Chivor</p> <p>Túnel superior de carga de 13.315 m</p> <p>Subestaciones:</p> <p>En superficie: Encapsulada (Monofásica) a 230kV en SF₆</p> <p>Subterránea: Encapsulada a 115 kV en SF₆ de barraje sencillo.</p>
--	--	--

NOTA DESTACADA

EL HEXAFLUORURO DE AZUFRE - SF₆



Fuente: Wiki

El **hexafluoruro de azufre (SF₆)** es un gas inodoro, incoloro, ininflamable y no tóxico que, debido a sus cualidades dieléctricas, es el principal fluido que se incorpora en los aparatos electrotécnicos. El SF₆ garantiza todas las funciones de corte y aislamiento eléctrico en alta tensión. Asimismo, las características del SF₆ permiten generalmente volver a utilizar las cantidades recuperadas del gas tanto en nuevos procesos de fabricación, como en operaciones de rellenado y mantenimiento de equipos en servicio. Para el uso del SF₆ en la industria eléctrica la norma europea **EN 62271-1** distingue dos tipos de sistemas de presión con grados de estanqueidad diferentes: sistemas de presión sellados y sistemas de presión cerrados. En los equipos para tensiones de servicio entre 1 kV y 52 kV (rango de tensiones que comúnmente se llama media tensión) se utilizan sistemas de presión sellados (popularmente “sellados de por vida”). En ellos, el llenado con SF₆ se realiza en fábrica y el gas está confinado sin que se requiera la existencia de un dispositivo con el que se pueda intervenir sobre la carga de gas durante todo el tiempo de vida del aparato. En este caso, el usuario no se enfrenta a operaciones de mantenimiento y su intervención se limitará a las indicaciones para la eliminación del aparato. Por su parte, en los equipos para tensiones de servicio superiores a 52 kV (rango de tensiones que comúnmente se llama alta tensión) se utilizan sistemas de presión cerrados. Estos sistemas están equipados con un dispositivo de control y alarma en caso de disminución de la presión del SF₆, permitiendo así intervenir en la carga de SF₆ a lo largo de la vida útil del equipo.¹ El riesgo ambiental que representa la liberación a la atmósfera de SF₆ se debe a su elevado Potencial de Calentamiento Atmosférico (el PCA o GWP, en sus siglas en inglés, del SF₆ es **22.800 veces superior al del CO₂**).

Datos de factores de emisión SF₆

Emisión en instalación (sólo Alta Tensión)	Fugas en el llenado	0,2%		
Tasa de fugas durante la vida útil Alta Tensión (Generación 0)	2%	Alta Tensión (Generación 1)	1%	
Alta Tensión (Generación 2)	0,5%	Media Tensión (Generación 0)	0,2%	
Media Tensión (Generación 1)	0,1%	Emisión en servicio y mantenimiento (sólo Alta Tensión)	Fugas por la extracción y rellenado	0,6%
Emisión en fin de vida (sólo Alta Tensión)	Fuga de fin de vida	0,4%		

Datos de Factores de Emisión	SF ₆
Emisión en instalación (sólo Alta Tensión)	
Fugas en el llenado	0,2%
Tasa de fugas durante la vida útil	
Alta Tensión (Generación 0)	2,0%
Alta Tensión (Generación 1)	1,0%
Alta Tensión (Generación 2)	0,5%
Media Tensión (Generación 0)	0,2%
Media Tensión (Generación 1)	0,1%
Emisión en servicio y mantenimiento (sólo Alta Tensión)	
Fugas por la extracción y rellenado	0,6%
Emisión en fin de vida (sólo Alta Tensión)	
Fuga de fin de vida	0,4%

CALCULO DE EMISIONES

Considerando un parque anual promedio en AT en el año 1990³ de 132,9 t de SF₆, se calculan las emisiones en servicio aplicándole un factor de emisión del 2% (Generación 0):

Emisiones de SF₆ = 132,9 x 0,02 x 2,62 t

A esta cantidad se le añaden las **emisiones en instalación** y en mantenimiento de ese año para estimar las emisiones totales.

Año	SF ₆ (t)						
1990	2,79	1997	6,68	2004	8,72	2011	10,41
1991	3,06	1998	6,91	2005	9,23	2012	9,57
1992	3,20	1999	7,34	2006	10,08	2013	9,29
1993	3,38	2000	8,17	2007	10,34	2014	9,11
1994	3,71	2001	7,12	2008	10,68	2015	9,62

1995	4,41	2002	7,86	2009	10,05	2016	9,96
1996	4,87	2003	7,63	2010	10,18		

³ Los datos desglosados de media y alta tensión se consideran confidenciales, por lo que en el anexo se presentan agregados.

USO DE SF₆ EN LOS EQUIPOS ELECTRICOS

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA

NOMENCLATURA CÓDIGO

SNAP 97 06.05.07 CRF 2G1 NFR --

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
SNAP 97	06.05.07
CRF	2G1
NFR	-

DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS GENERADORES DE EMISIONES

A continuación, se recogen las emisiones de hexafluoruro de azufre (SF₆) que se producen en los equipos eléctricos de media y alta tensión. El hexafluoruro de azufre (SF₆) es un gas inodoro, incoloro, ininflamable y no tóxico que, debido a sus cualidades dieléctricas, es el principal fluido que se incorpora en los aparatos electrotécnicos. El SF₆ garantiza todas las funciones de corte y aislamiento eléctrico en alta tensión. Asimismo, las características del SF₆ permiten generalmente volver a utilizar las cantidades recuperadas del gas tanto en nuevos procesos de fabricación, como en operaciones de rellenado y mantenimiento de equipos en servicio. Para el uso del SF₆ en la industria eléctrica la norma europea **EN 62271-1** distingue dos tipos de sistemas de presión con grados de estanqueidad diferentes: sistemas de presión sellados y sistemas de presión cerrados. En los equipos para tensiones de servicio entre 1kV y 52 kV (rango de tensiones que comúnmente se llama media tensión) se utilizan sistemas de presión sellados (popularmente “sellados de por vida”). En ellos, el llenado con SF₆ se realiza en fábrica y el gas está confinado sin que se requiera la existencia de un dispositivo con el que se pueda intervenir sobre la carga de gas durante todo el tiempo de vida del aparato. En este caso, el usuario no se enfrenta a operaciones de mantenimiento y su intervención se limitará a las indicaciones para la eliminación del aparato. Por su parte, en los equipos para tensiones de servicio superiores a 52kV (rango de tensiones que comúnmente se llama alta tensión) se utilizan sistemas de presión cerrados. Estos sistemas están equipados con un dispositivo de control y alarma en caso de disminución de la presión del SF₆, permitiendo así intervenir en la carga de SF₆ a lo largo de la vida útil del equipo¹.

El **riesgo ambiental que representa la liberación a la atmósfera de SF₆** se debe a su elevado Potencial de **Calentamiento Atmosférico** (el PCA o GWP, en sus siglas en inglés, del SF₆ es **22.800** veces superior al del CO₂).

¹ Extraído del documento “Sobre las buenas prácticas con el SF₆ durante el ciclo de vida de los equipos eléctricos de MT & AT” elaborado por AFBEL (Asociación de Fabricantes de Bienes de Equipo Eléctricos).

Evaluando los datos de la **variable de actividad**, (acorde con el Sistema Español y los datos disponibles) en el Inventario de Emisiones Metodológicas de estimación de Emisiones, se observa que:

Año	SF ₆ en Fabricación (t)	Stock de SF ₆ en equipos en funcionamiento (t)	SF ₆ en equipos al final de su vida útil (t)
1990	8,0	141,9	0
1991	6,7	148,6	0
1992	6,1	154,7	0
1993	11,4	166,1	0
1994	15,7	181,7	0
1995	28,8	210,5	0
1996	23,3	233,6	0
1997	25,2	258,6	0,04
1998	30,3	288,7	0,02
1999	38,4	324,6	0,08
2000	71,6	392,9	2,17
2001	68,7	460,2	3,04
2002	82,5	541,1	0,93
2003	82,3	622,7	0
2004	136,1	757,8	0,18
2005	144,0	900,7	0
2006	136,7	1036,2	0
2007	145,3	1179,9	0.20

2008	159,3	1327,9	0,67
2009	105,2	1428,6	2,87
2010	94,8	1517,9	3,87
2011	71,8	1582,9	4,94
2012	65,8	1639,1	7,50
2013	51,7	1685,4	3,55
2014	54,9	1735,5	2,89
2015	53,9	1785,5	1,81
2016	51,2	1829,8	4,53

Como gas de efecto invernadero, el hexafluoruro de azufre (SF_6) es un destructor de ozono. De hecho es el más potente de todos los gases de efecto invernadero conocidos: **un kilogramo de hexafluoruro de azufre contribuye al calentamiento global lo mismo que 23.900 kilogramos de CO_2** . No obstante, por sus características como gas aislante, resulta indispensable para el transporte y distribución de electricidad. La manipulación de SF_6 en celdas eléctricas y otros componentes similares es una actividad muy delicada y los equipos utilizados para el mantenimiento de equipos con SF_6 deben cumplir con los correspondientes requisitos de seguridad.

Desde un punto de vista químico, el SF_6 es muy inerte, por lo que es un material muy duradero; **si este gas se libera al exterior, deben transcurrir unos 3200 años hasta que sus moléculas, extremadamente estables, se descompongan debido a la radiación ultravioleta en las capas más elevadas de la atmósfera**. Debido a sus propiedades negativas, el SF_6 figura como **uno de los seis gases de efecto invernadero relacionados en el protocolo de Kioto**. De acuerdo con dicho convenio, los países industrializados deben reducir de manera significativa sus emisiones de gases de efecto invernadero tomando como referencia el año 1990; la solución más sencilla sería, evidentemente, sustituir el SF_6 por un material menos peligroso para la atmósfera; sin embargo y desafortunadamente, no se dispone de tal sustituto en cantidad suficiente para poner en marcha un cambio exhaustivo a nivel mundial.

El uso de gas SF_6 en celdas eléctricas

Por lo tanto, debido a sus propiedades químicas exclusivas, el SF_6 continúa utilizándose como gas aislante y refrigerante, principalmente en el transporte y distribución de electricidad y en la ingeniería eléctrica. Además de emplearse en el grabado y en la limpieza de cámaras en la industria de los semiconductores, su principal aplicación es en celdas de alta tensión (> 52 kV) y media tensión (< 52 kV); también se utiliza en cables de alta tensión, transformadores, transductores, aceleradores de partículas y sistemas de cableado de frecuencia ultra alta.

El SF_6 sirve como medio aislante destinado a la prevención total de corrientes de cortocircuito; permite a su vez reducir los espacios entre los alojamientos y los componentes conductores en comparación a

cuando se usan otros medios aislantes; además, este gas apaga los potentes arcos que se forman durante la conmutación.

Las excelentes propiedades que exhibe como gas aislante tienen como contrapartida los riesgos de manipulación. La seguridad constituye el tema dominante cuando se trata del **SF₆**; los usuarios de este gas deben contrarrestar el peligro de las emisiones que se producen, por ejemplo, al rellenar celdas nuevas antes de la puesta en marcha o al evacuar **SF₆** de cara a tareas de mantenimiento; no se trata solamente de proteger la atmósfera: con el funcionamiento a largo plazo de la celda, el **SF₆** puede descomponerse y liberar sustancias como el dióxido de azufre y el fluoruro de hidrógeno, muy peligrosas para la salud y capaces de producir daños irreversibles.

Equipos de manejo de gas SF₆

Durante muchos años, los suministradores han proporcionado a la industria de transporte y distribución eléctrica equipos dedicados al **SF₆**; ahora bien, aunque las normas y las directrices orientadas a las celdas se han actualizado con el transcurso de los años, solamente algunas modificaciones afectan los equipos de manipulación. Sin embargo, con la unidad de procesamiento de gas, como por ejemplo el GPU-2000, WIKA ofrece ahora lo mejor de su experiencia aplicada a una nueva generación de equipos de llenado y manipulación.

El propósito de estos nuevos equipos de mantenimiento es suministrar un sistema seguro que reduzca las emisiones a un mínimo, elimine virtualmente cualquier fallo en la aplicación y, al mismo tiempo y debido a sus prestaciones, se pueda utilizar en múltiples tareas. Para gestionar dichas tareas, en la GPU-2000 se combinan un compresor de **SF₆**, una bomba de vacío de **SF₆** una bomba de vacío, un depósito de almacenamiento, un sistema higrométrico y, además, un filtro con el que el gas, sea durante la evacuación, sea durante el llenado, se puede limpiar de partículas, humedad o productos de descomposición.

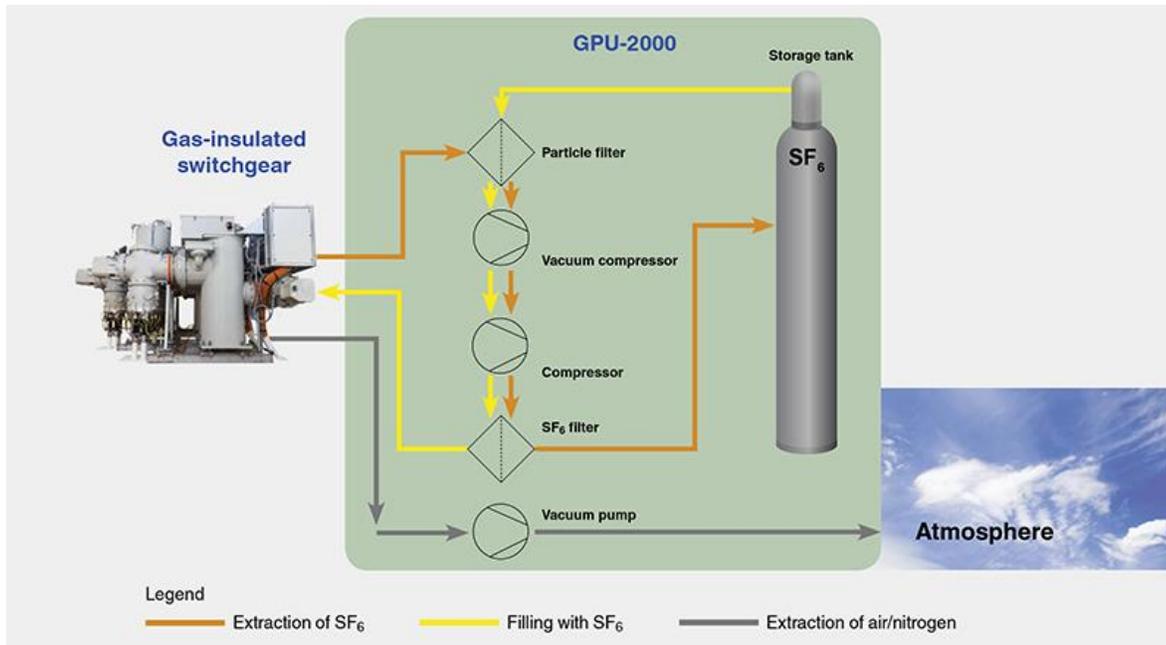


Imagen cedida por: @wika_kin - Estalis.com

Los procesos que se desarrollan en la GPU gozan de una estricta cobertura de seguridad. Los mecanismos de protección empiezan en los elementos de control: a efectos de evitar cualquier error de introducción de datos, el instrumento dispone de una pantalla táctil de diez pulgadas con menús intuitivos. El propio proceso de manipulación del SF₆ está sujeto a un control de seguridad basado en componentes SIL-2; queda así excluida cualquier posibilidad de que la GPU incurra en fallos.

Los componentes SIL-2 comprenden los sensores de presión, la báscula que registra el contenido del depósito y el detector de gas, de tecnología infrarroja; este último detecta emisiones en un rango de 0 hasta 2000 ppmv; si se superan los límites del emplazamiento, el detector sitúa automáticamente el sistema en estado seguro y avisa al operador.

WIKA ha prestado especial atención, en lo que se refiere al concepto de seguridad, a la protección contra un sobrellenado del depósito. Teóricamente, los depósitos de gas se pueden llenar al máximo con SF₆ licuado a una temperatura constante determinada. La realidad, no obstante, raramente es así; en el caso del SF₆, un aumento de temperatura puede tener consecuencias graves, por ejemplo en depósitos exteriores expuestos a la insolación; la presión del depósito aumenta y el gas puede escapar por la válvula de seguridad.

Para reducir al mínimo la posibilidad de tal fuga, el paro del llenado de la GPU-2000 se activa por debajo de la norma aplicable de 0,8 kg/l (IEC 62271-4); esta función de protección cubre una gama de temperaturas más amplia de lo habitual: hasta 40 °C en operación de la planta y hasta 60 °C en almacenamiento. El sistema de seguridad de este nuevo desarrollo de WIKA no funciona, en caso alguno, a expensas de la eficiencia; en comparación a los modelos anteriores, el vaciado y el llenado de las plantas de SF₆ a una potencia del compresor casi constante se acelera en hasta un veinte por ciento; los filtros y el tipo de tuberías seleccionados posibilitan, entre otros factores, este resultado.

Como en todas las aplicaciones convencionales con SF₆, esta GPU funciona sin lubricación. Si bien con ello se elimina una posible contaminación del gas con el lubricante, también aumenta el desgaste y, a su vez, el mantenimiento necesario; por este motivo, tanto el diseño de la GPU como los materiales utilizados se han concebido de cara a prolongar los periodos operativos y a limitar a un mínimo los periodos de parada; el compresor solo necesita mantenimiento después de 2500 horas de funcionamiento.

En conclusión: Las industrias eléctrica y de generación buscan una alternativa al SF₆. Puede pasar mucho tiempo antes de que se pueda introducir a nivel global una sustancia con las propiedades adecuadas; incluso entonces, no todos los sistemas que utilizan este gas de efecto invernadero se podrán adaptar inmediatamente. Por lo tanto, el SF₆ seguirá presente bastante tiempo y tanto los operadores de las plantas como los suministradores deben continuar abordando los aspectos técnicos de seguridad y de reducción de emisiones.

USO DE SF₆ EN LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS – PRO´s y CONTRA´s

Descripción de los procesos generadores de emisiones En la presente ficha se recogen las emisiones de hexafluoruro de azufre (SF₆) que se producen en los equipos eléctricos de media y alta tensión. El hexafluoruro de azufre (SF₆) es un gas inodoro, incoloro, ininflamable y no tóxico que, debido a sus cualidades dieléctricas, es el principal fluido que se incorpora en los aparatos electrotécnicos. El SF₆ garantiza todas las funciones de corte y aislamiento eléctrico en alta tensión. Asimismo, las características del SF₆ permiten generalmente volver a utilizar las cantidades recuperadas del gas tanto en nuevos procesos de fabricación, como en operaciones de rellenado y mantenimiento de equipos en servicio. Para el uso del SF₆ en la industria eléctrica la norma europea **EN 62271-1** distingue dos tipos de sistemas de presión con grados de estanqueidad diferentes: sistemas de presión sellados y sistemas de presión cerrados. En los equipos para tensiones de servicio entre 1kV y 52 kV (rango de tensiones que comúnmente se llama media tensión) se utilizan sistemas de presión sellados (popularmente “sellados de por vida”). En ellos, el llenado con SF₆ se realiza en fábrica y el gas está confinado sin que se requiera la existencia de un dispositivo con el que se pueda intervenir sobre la carga de gas durante todo el tiempo de vida del aparato. En este caso, el usuario no se enfrenta a operaciones de mantenimiento y su intervención se limitará a las indicaciones para la eliminación del aparato. Por su parte, en los equipos para tensiones de servicio superiores a 52kV (rango de tensiones que comúnmente se llama alta tensión) se utilizan sistemas de presión cerrados. Estos sistemas están equipados con un dispositivo de control y alarma en caso de disminución de la presión del SF₆, permitiendo así intervenir en la carga de SF₆ a lo largo de la vida útil del equipo.¹ El riesgo ambiental

que representa la liberación a la atmósfera de SF₆ se debe a su elevado Potencial de Calentamiento Atmosférico (el PCA o GWP, en sus siglas en inglés, del SF₆ es 22.800 veces superior al del CO₂).

Variables de actividad del SF₆

Variable	Descripción
SF ₆ en Fabricación	Cantidad de SF ₆ (expresada en kg) gestionado en la fabricación de aparatos de Media Tensión. En España no tiene lugar la fabricación de Alta Tensión
SF ₆ en Instalación	Cantidad de SF ₆ (expresada en kg) gestionado en los equipos de tipo “sistema de presión cerrado”
SF ₆ durante la operación de los equipos instalados	Cantidad de SF ₆ en el parque anual promedio y cantidades de SF ₆ emitidas por fugas (Alta y Media Tensión) y en el mantenimiento anual (Alta Tensión). Se conocen también, en caso de producirse, los fallos que conducen a fugas totales de SF ₆
SF ₆ en la eliminación y uso final de los equipos	Cantidad de SF ₆ contenida en los equipos retirados de servicio

Nota: Se conoce una PROPUESTA DE ELABORACIÓN DEL PROTOCOLO DISTRITAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF₆) EN EL SECTOR ELÉCTRICO, presentado como trabajo de Grado de dos Estudiantes de la Universidad DE LA SALLE en 2020, aspirantes al título de INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA, pero carecemos de la(s) respectiva(s) autorización(es) para disponer en parte o totalmente del mismo. Sin embargo, es público a nivel de la WEB.

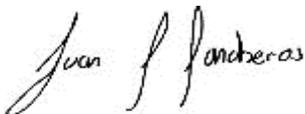
Composición del parque de generación de energía en Colombia en 2018

- Hidráulica de gran escala (66,3%)
- Térmica - Gas (9,4%)
- Térmica - Carbón (8,2%)
- Térmica - Otros combustibles (11,3%)
- Plantas Menores - Hidráulicas (3,7%)

- Plantas Menores - Térmica (0,4%)
- Plantas Menores - Eólica (0,1%)
- Cogeneradores (0,5%)

Capacidad efectiva neta del SIN (2018)⁹

Recurso	Capacidad (MW)	Participación (%)	Variación (%) 2018-2017
Hidráulicos	10 974	63,39%	0,28 %
Térmicos	5 087	29,38%	7,57%
Gas	2 129	12,30%	0,00%
Carbón	1 612	9,31%	21,29%
Combustóleo	272	1,57%	45,45%
ACPM	766	4,42%	-1,03%
Jet1	44	0,25%	-4,35%
Gas-Jet A1	264	1,52%	0,00%
Menores	1 049,388	6,06%	10,65%
Hidráulicos	859,068	4,96%	10,26%
Térmicos	171,9	0,99%	21,91%
Eólica	18,42	0,11%	0,00%
Solar		0,00%	-100,00%
Cogeneradores	149	0,86%	21,63%
Autogeneradores	53,14	0,31%	47,61%
Total SIN	17 312	100,00%	3,18%



Juan Carlos Lancheros Rueda – CILA, BC's Mech Eng, BC's B.A, M.I.A, P.M.S, F.M.S.
C.E.O.