



**CURSO:**

# **EMERGENCIAS CON GAS SF<sub>6</sub> APLICADO A EQUIPOS ELÉCTRICOS**

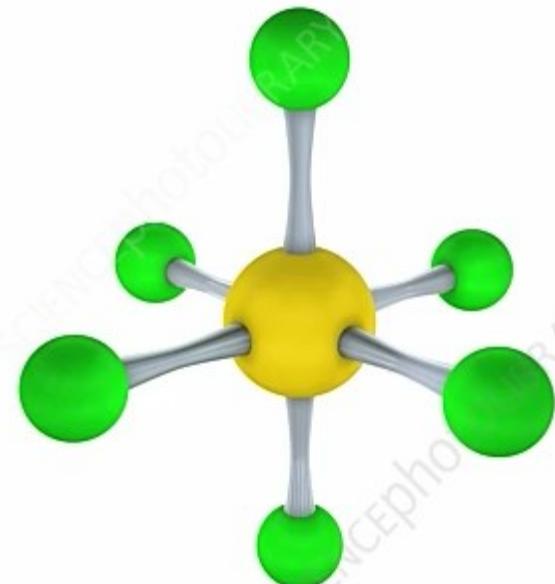
**Relator: Guido Blime Pardo**

# Objetivo



Entregar a los participantes el conocimiento requerido sobre los riesgos y prácticas recomendadas para la ejecución de trabajos que comprenda la manipulación del gas SF<sub>6</sub> en equipos eléctricos, esto bajo la normativa que apliquen según el caso.

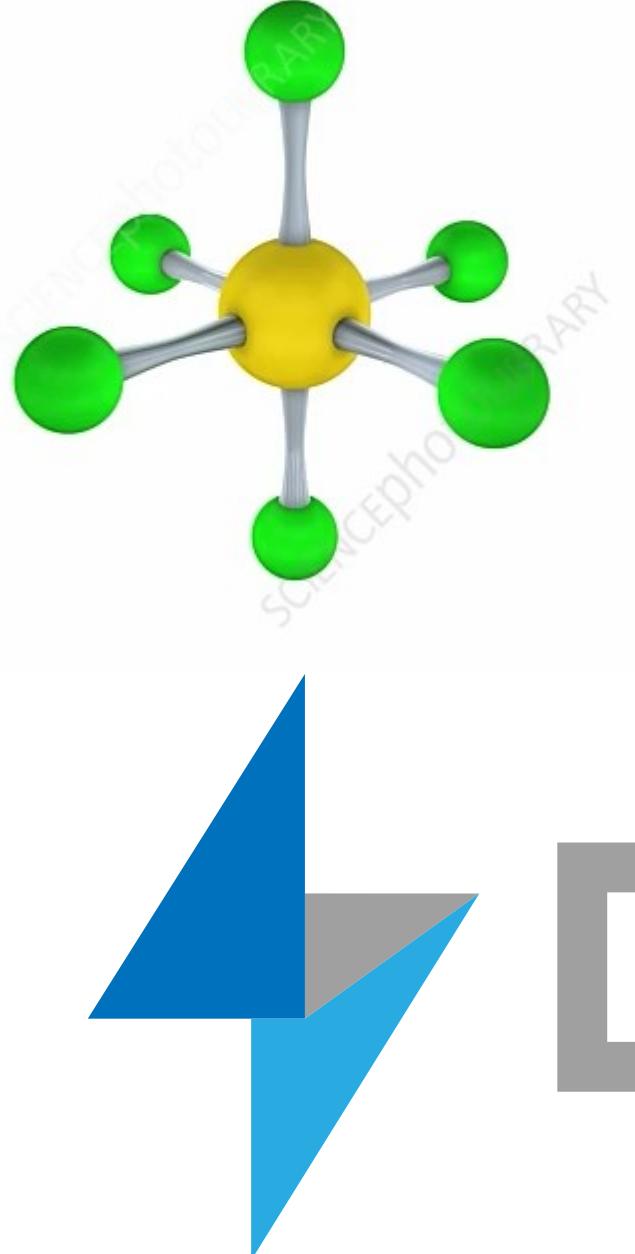
Gas SF<sub>6</sub>



Modulo	Descripción
1	<b>Introducción al Gas SF6</b>
2	<b>Riesgos asociados al Gas SF6 en equipos eléctricos</b>
3	<b>Emergencias con gas SF6</b>
4	<b>Manejo y controles en equipos eléctricos con gas SF6</b>
5	<b>Evaluación</b>

# Modulo 1

## Introducción al gas $SF_6$



# ¿Qué es el Gas SF<sub>6</sub>?



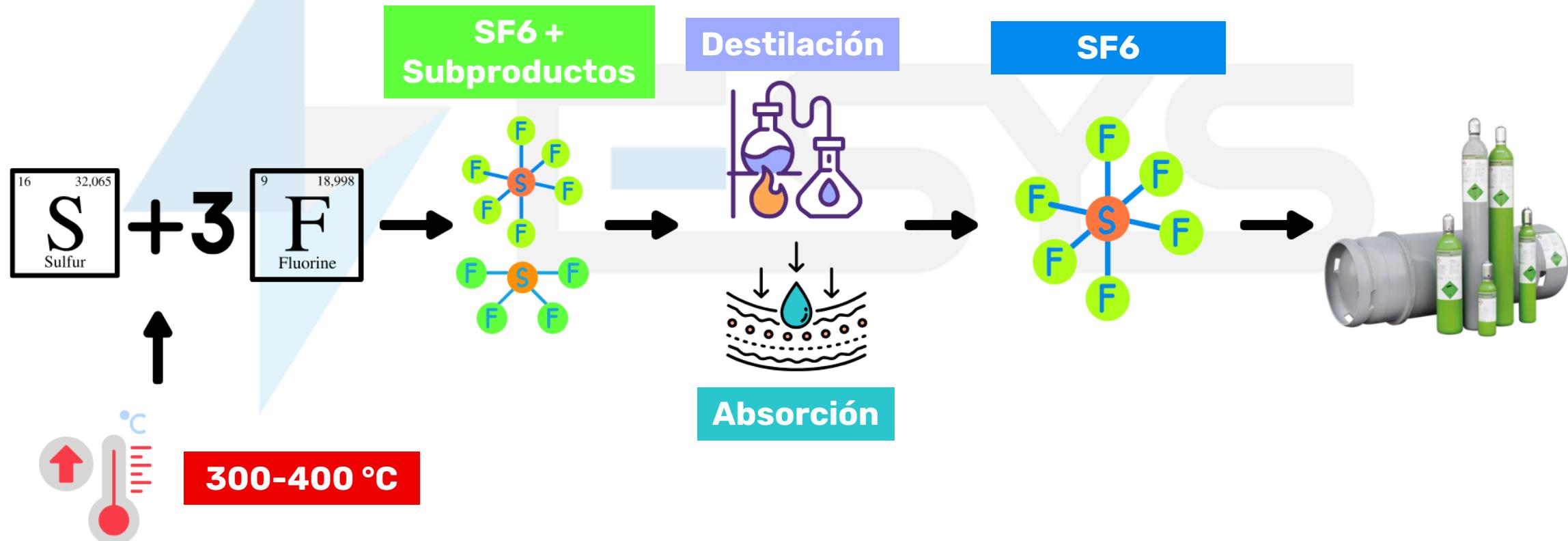
El SF<sub>6</sub> o Hexafluoruro de Azufre, es un gas que gracias a su rigidez dieléctrica y las excelentes propiedades de aislamiento se emplea como medio de aislación para componentes de media y alta tensión. Su excelente propiedad de extinción de arco eléctrico lo hace lo más utilizado a nivel mundial en las subestaciones eléctricas para los equipos de potencia, tales como interruptores, transformadores y subestaciones encapsuladas.



# ¿Cómo se elabora el Gas SF<sub>6</sub>?



El gas **hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)** se produce mediante la reacción química entre **azufre (S)** y **flúor (F<sub>2</sub>)** en un entorno controlado.

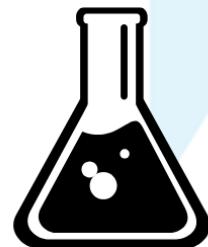


# Características Físico-Químicas



Inodoro e  
Incoloro

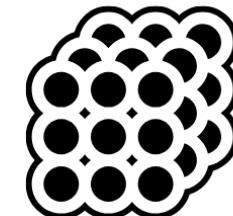
Químicamente  
Estable



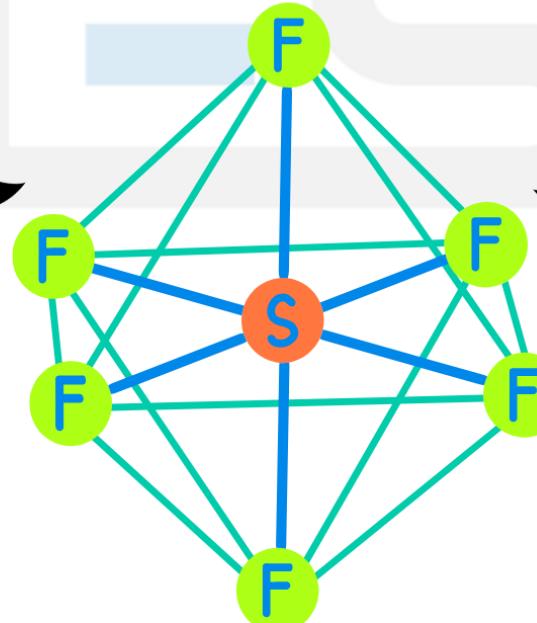
No Toxicos



Alta rigidez  
dieléctrica



Alta Densidad y  
No biodegradable



# Equipos eléctricos con gas SF<sub>6</sub>



## Interruptores de Potencia

**Extinguir** el arco eléctrico que se genera al abrir el circuito. Proteger en caso de **Sobretensión**.



## Subestaciones Blindadas GIS

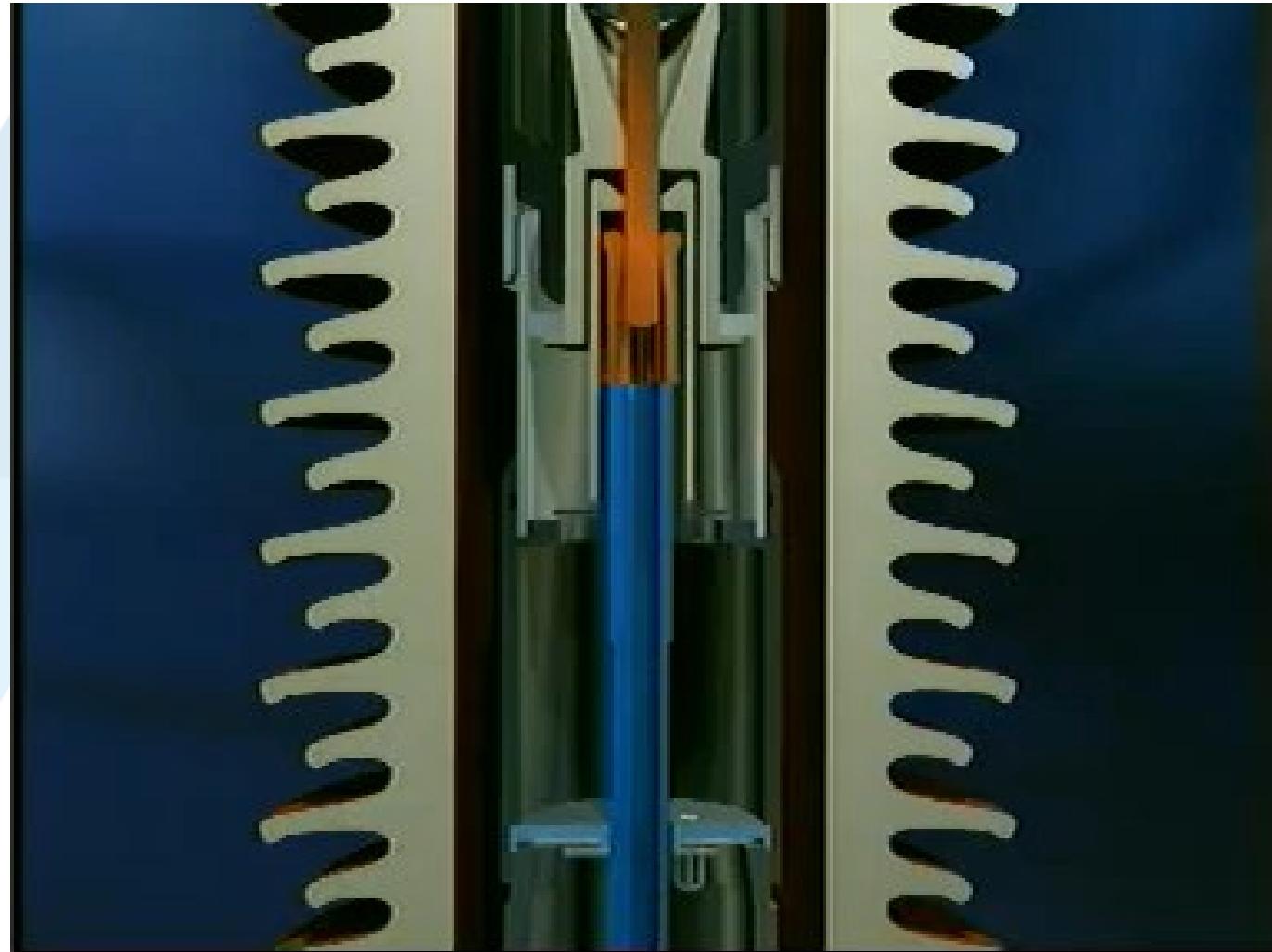
Actuar como medio **Aislante** y **Extinguir** el arco eléctrico, proporciona mayor compactación.



## Seccionadores

**Aislamiento** eléctrico entre los contactos cuando el circuito está abierto.

# Extinción del arco con gas SF<sub>6</sub>

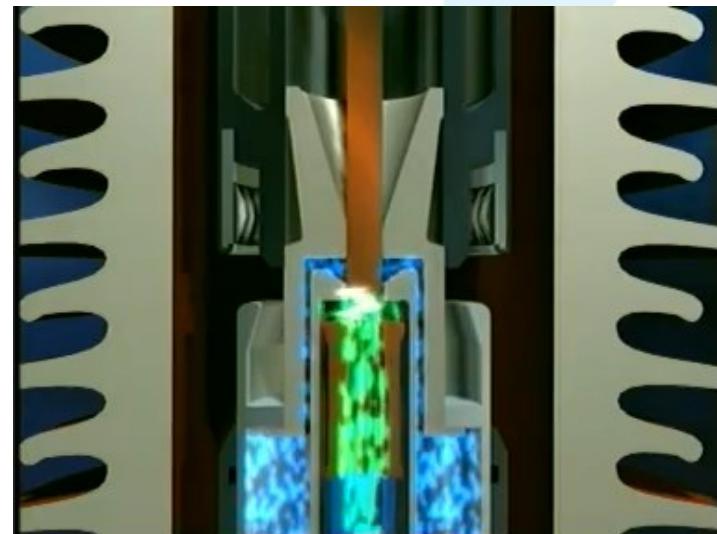


# Extinción del arco con gas SF<sub>6</sub>

## Funcionamiento de la extinción del arco eléctrico

### 1. Formación del arco voltaico

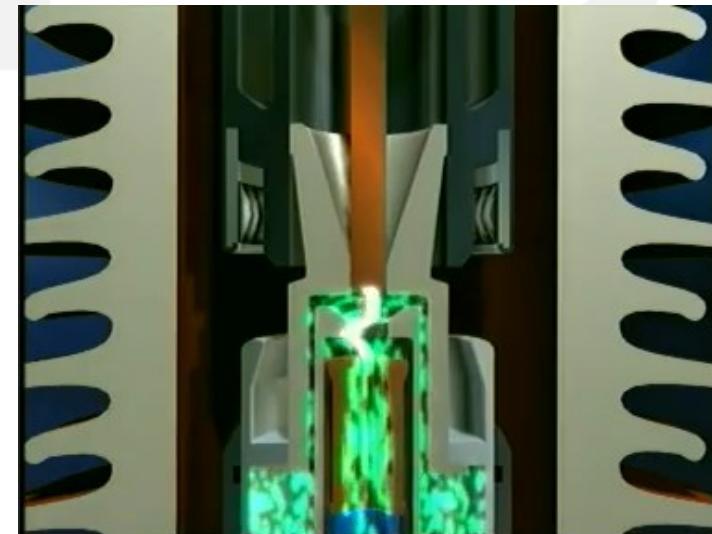
Cuando los contactos del interruptor se separan, **se genera un arco voltaico** debido a la ionización del aire o gas circundante.



### 2. Extinción del arco

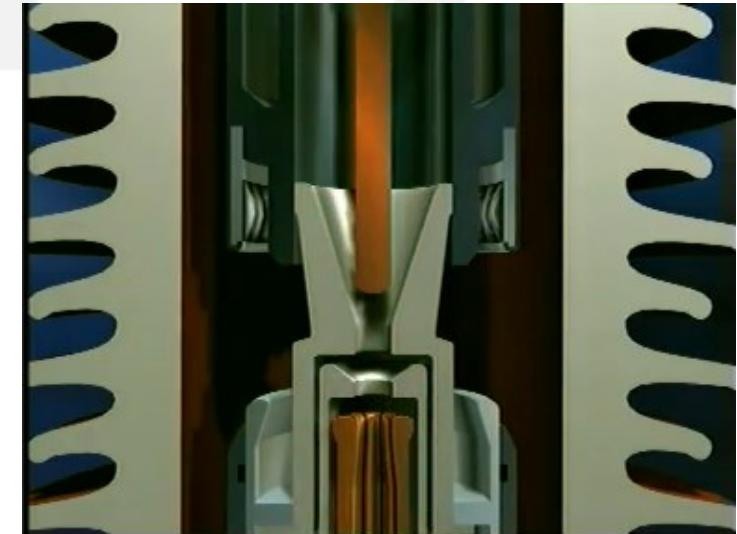
El SF<sub>6</sub> fluye hacia la cámara de extinción, donde absorbe electrones libres y reduce la ionización.

El gas SF<sub>6</sub> tiene alta afinidad por los electrones, lo que enfriá y des-ioniza el arco.



### 3. Recuperación dieléctrica

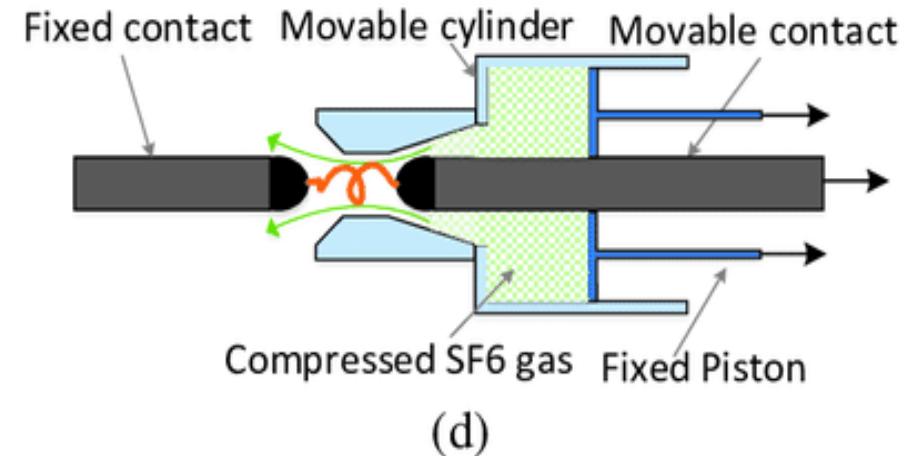
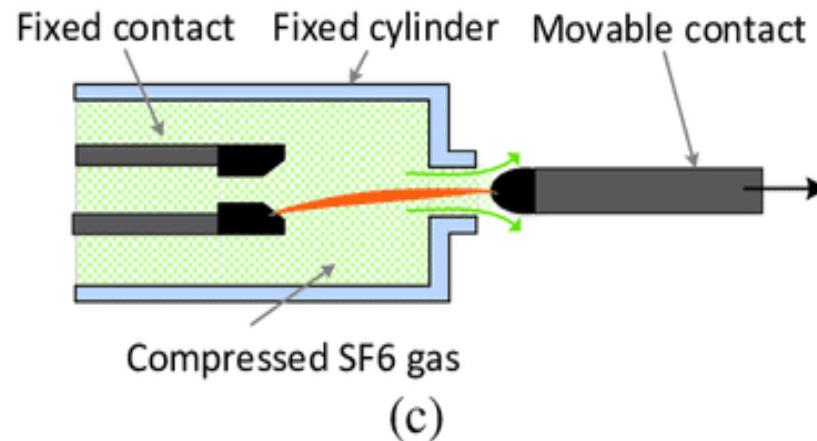
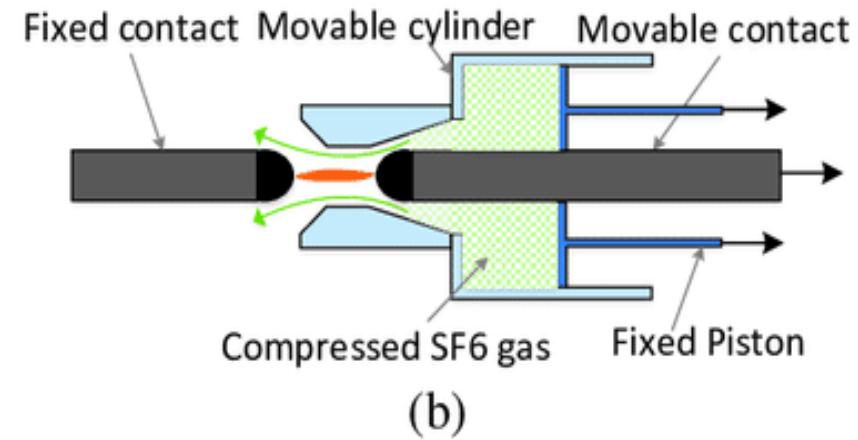
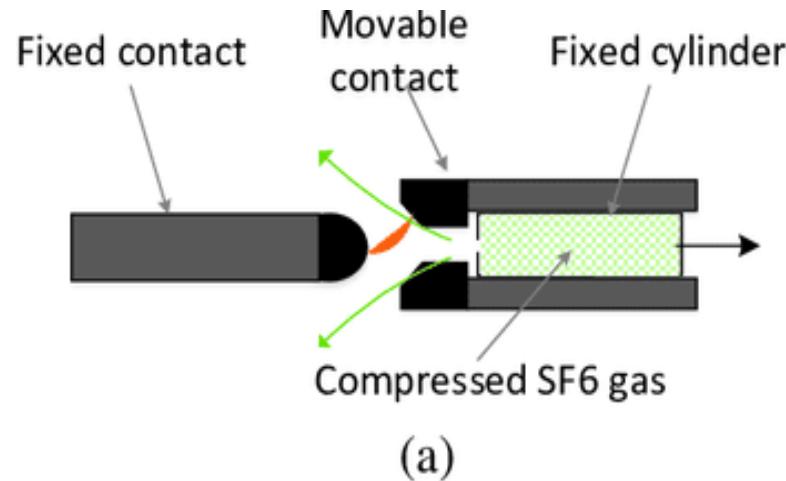
Después de extinguir el arco, el SF<sub>6</sub> restablece rápidamente la rigidez dieléctrica, evitando reigniciones.



# Extinción del arco con gas SF<sub>6</sub>



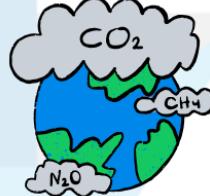
## Diferentes mecanismos de interrupción



# Características Ecológicas



Alta potencial de calentamiento global  
(2500 veces mayor que el CO<sub>2</sub>)



Generación de subproductos tóxicos

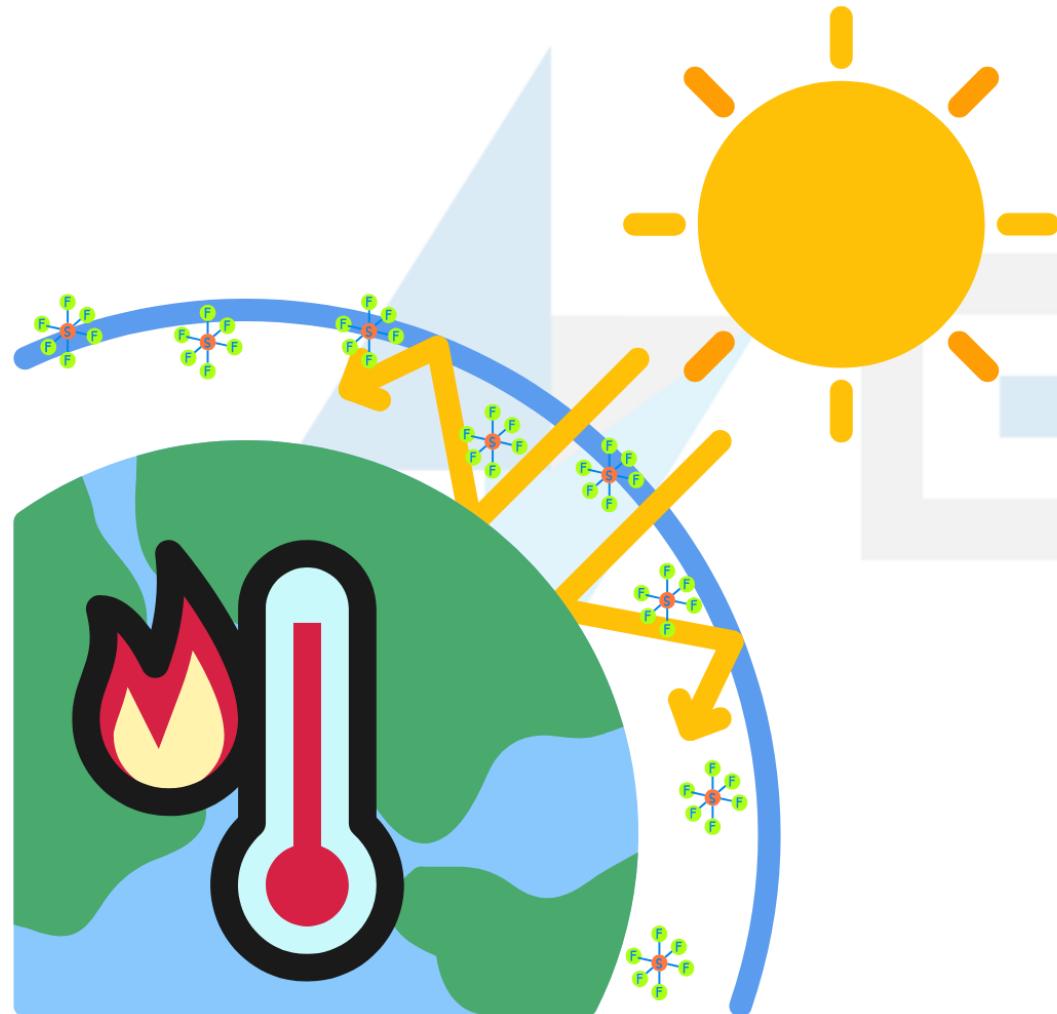


3200 Años para su descomposición

# Impacto el medio ambiente



## SF6 como gas de efecto invernadero y su regulación

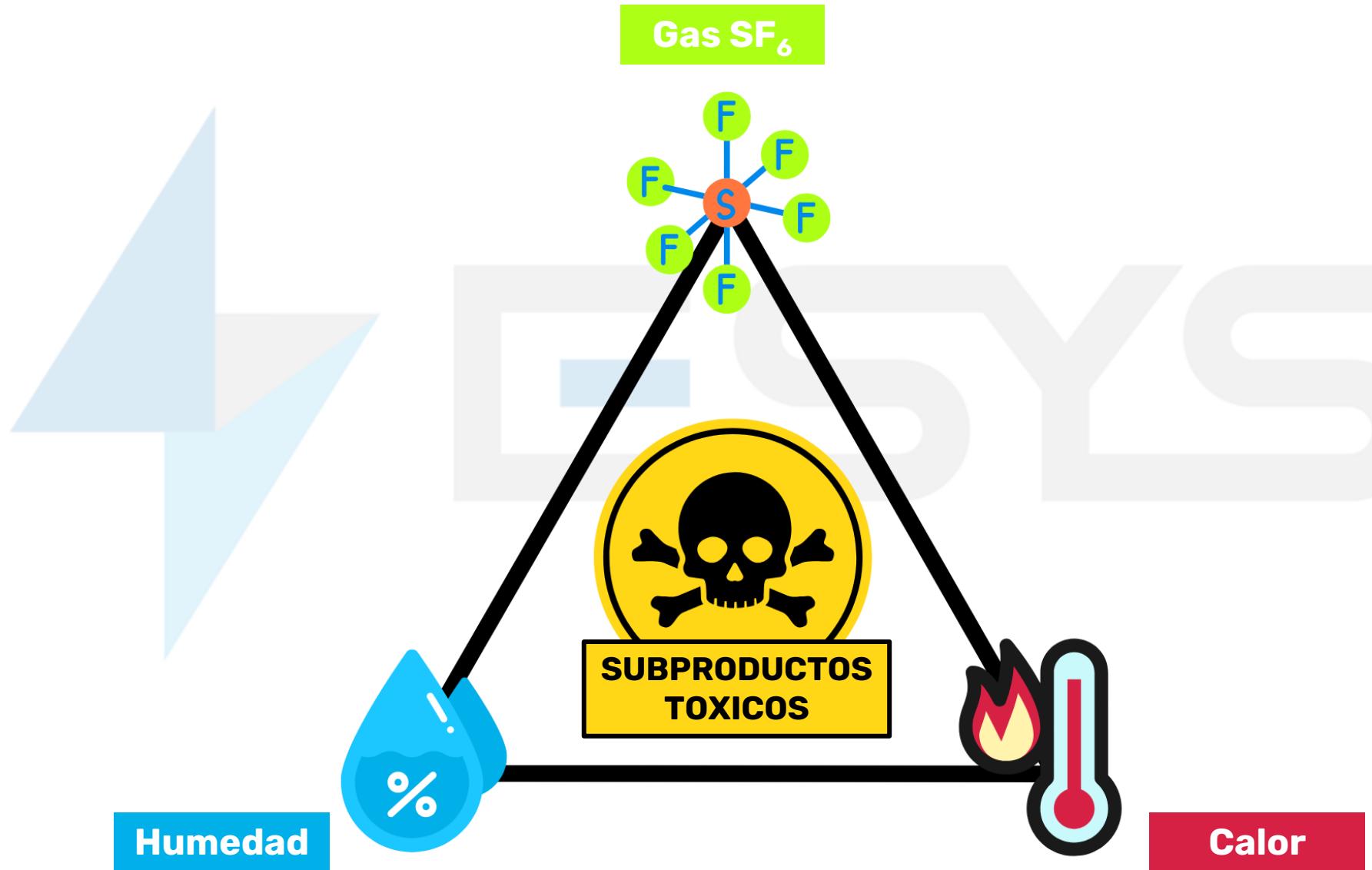


**Potencial de Calentamiento Global (PCG):** 23,500 veces mayor que el CO<sub>2</sub>.

**Larga vida atmosférica** lo convierten en un gas con un impacto desproporcionado en el calentamiento global.

Se estima que el SF6 **contribuye con un 0.1%** del total de emisiones de gases de efecto invernadero.

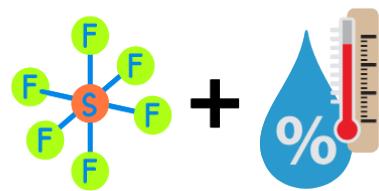
# Triangulo fatal del gas SF<sub>6</sub>



# Descomposición del gas SF<sub>6</sub>

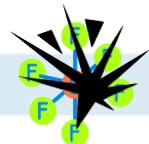


Combinación Peligrosa  
(SF<sub>6</sub> + Humedad)

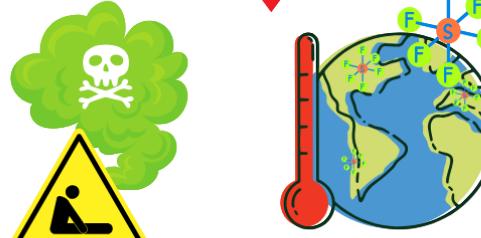


Energía eléctrica  
liberada en operación

Destrucción de la  
moléculas de SF<sub>6</sub>



Sub productos tóxicos:  
Gas y sólidos



Liberación de gases  
invernadero  
altamente  
controlado

# Propiedades del SF<sub>6</sub> para su uso en equipos eléctrico

**Requisitos del gas nuevo o regenerado para su utilización como aislamiento de equipos de potencia acorde a las normativas IEC y ASTM**

Impureza máxima permitida en el gas SF <sub>6</sub> utilizado en equipos de potencia			
Contaminante	Nivel máximo permitido por IEC 376	Nivel máximo permitido por ASTM D.2472-00	Método de prueba
CF <sub>4</sub> [% peso]	0,05	0,05	ASTM D-2685 IEC 376
Aire: O <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> [%P peso]	0,05	0,05	ASTM D-2685 IEC 376
Contenido de agua [ppm]	15	8	ASTM D-2029 IEC 376
Acidez máxima [ppm HF]	0,3	0,3	ASTM D-2284 IEC 376
Pureza mínima [% peso]	-----	99,8	ASTM D-2685 IEC 376



## Modulo 2

Riesgo asociados  
al Gas SF<sub>6</sub> en  
equipos  
eléctricos



# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



## ¿Cuál es el riesgos asociado al uso del gas SF<sub>6</sub>?

El SF<sub>6</sub> se puede descomponer bajo esfuerzo eléctrico y condiciones ambientales desfavorables, generando **subproductos tóxicos y corrosivos que afectan la salud**. Además, estos subproductos reducen la capacidad de aislamiento y extinción de arco, lo que puede **causar explosiones y la liberación de gases nocivos al ambiente**, contribuyendo al calentamiento global. También pueden generar fallas en la red eléctrica, provocando **blackout**.

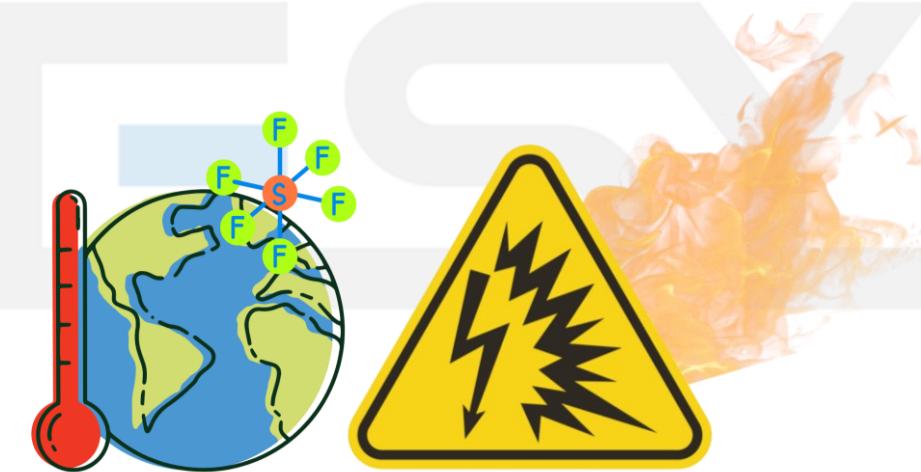
# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



¿Cómo las emergencia de gas SF<sub>6</sub> afecta en las operación segura de los equipos?



Subproductos tóxicos y corrosivos que afectan la salud



Explosiones y la liberación de gases nocivos al ambiente

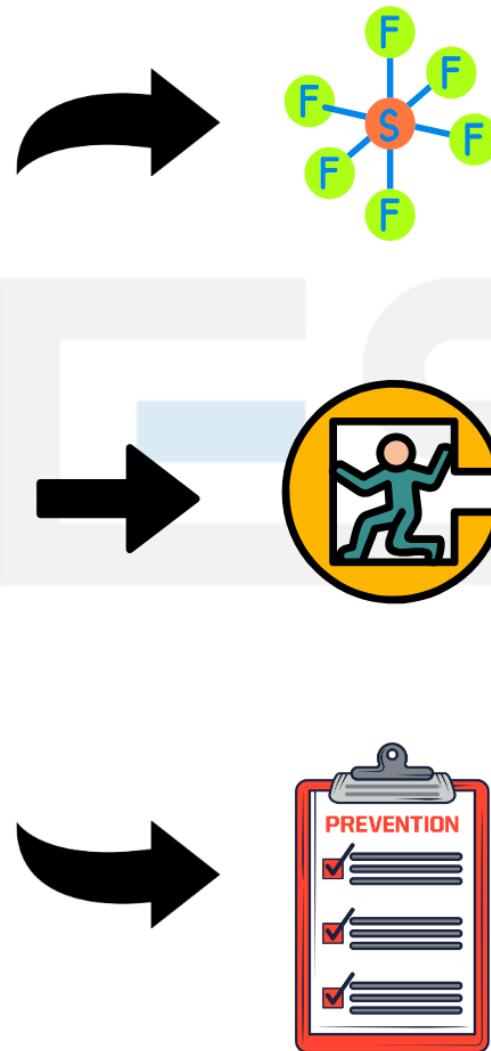


Blackout

# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



## Riesgo de Asfixia



**Características Físico-Químicas del SF6**

**Usado en espacios confinados y herméticos**

**Importancias de las medidas preventivas y los procedimientos específicos**

# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



Riesgo del SF<sub>6</sub> descompuesto o ionizado por arco eléctrico



## Regulación de la OSHA

- **Valor límite umbral**  
(TLV, por sus siglas en inglés)
- **Límite de exposición permisible**  
(PEL, por sus siglas en inglés)

## Valores máximos de exposición al gas SF<sub>6</sub>

- SF<sub>6</sub> < 1000 PMM<sub>V</sub>
- SO<sub>2</sub> < 5 PMM<sub>V</sub>
- HF < 3 PMM<sub>V</sub>



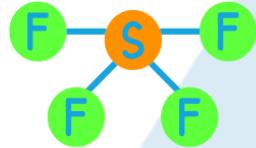
**Implementación de sistemas de monitoreo y alarma disponible**

# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



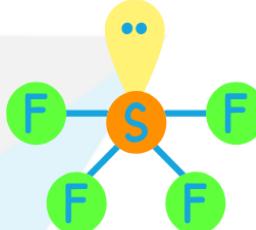
## Riesgo del SF<sub>6</sub> descompuesto o ionizado por arco eléctrico

### Subproductos Solidos (Polvo) y en vapor



SF<sub>6</sub>:  
Fluoruro de azufre

S<sub>2</sub>F<sub>4</sub>:  
Tetrafluoruro de azufre



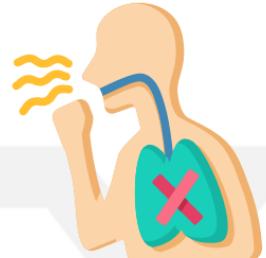
SO<sub>2</sub>:  
Dióxido de azufre

HF:  
Fluoruro de hidrógeno



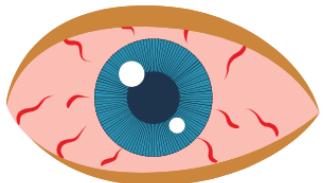
(Olor: Quemado, Agrio)

### Consecuencias de la exposición



Irritación  
respiratoria

Quemaduras  
por ácido



Irritación  
ocular

Riesgo graves  
para la salud



# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



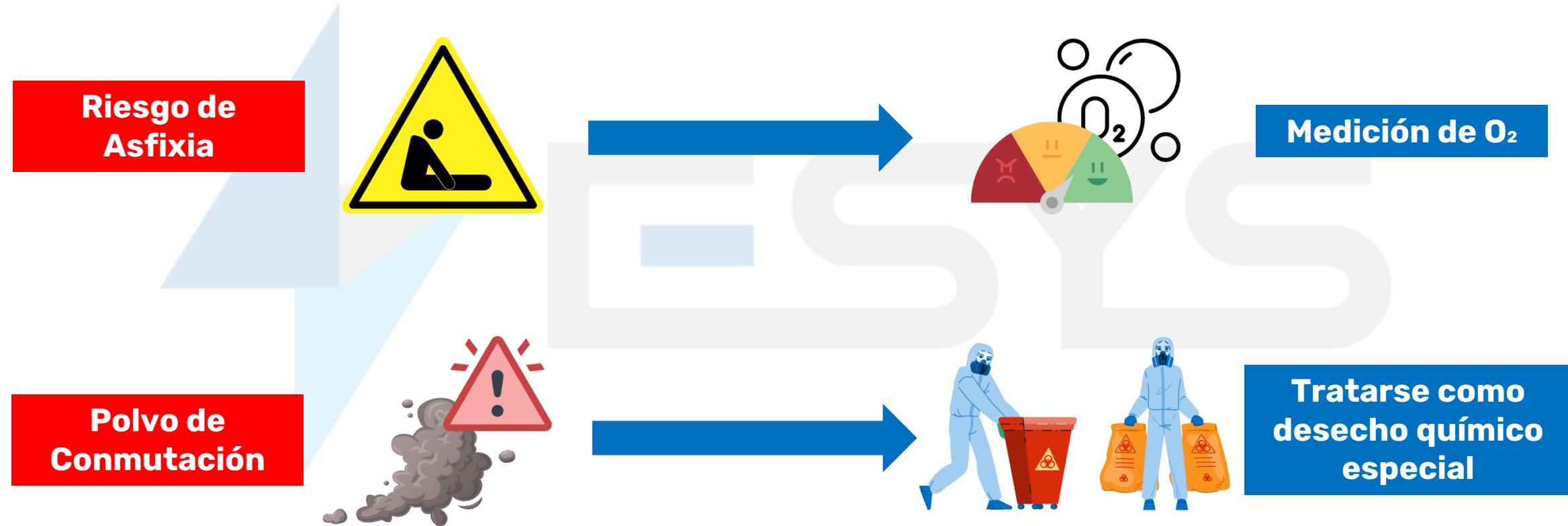
¿Qué aspecto tienen los subproductos sólidos?



# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



Recomendaciones generales de seguridad, *IEEE C37.122.3*



# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



Recomendaciones generales de seguridad, *IEEE C37.122.3*



## Asfixia

**El personal debe ser consciente del peligro de asfixia en áreas mal ventiladas, o sin ventilación, canalización de cables y pozos de inspección.**



## Quemaduras por Congelación

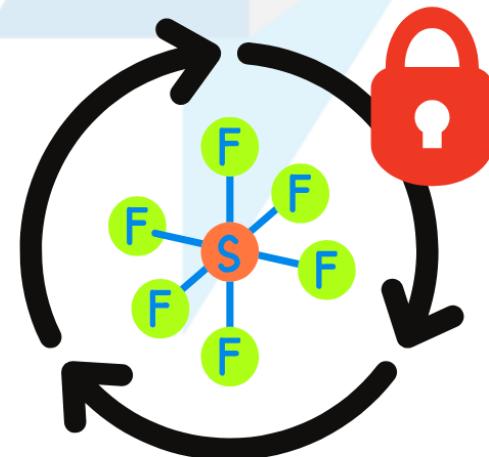
**El persona debe ser consciente del peligro de quemaduras por congelación si el gas es liberado rápidamente en grandes cantidades. Si esto ocurre, se debe detener inmediatamente el llenado.**

# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



Impacto ambiental, IEEE C37.122.3

El impacto ambiental de cualquier aplicación específica debe evaluarse y/o compararse utilizando el enfoque de evaluación del ciclo de vida (LCA), tal como regula la norma ISO 14040.

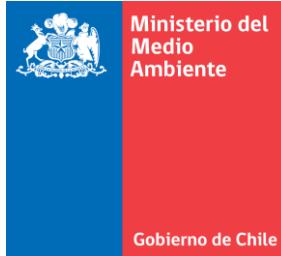


El SF<sub>6</sub> debe utilizarse en ciclos cerrados. Cuando sea necesario extraer el gas de un contenedor, se debe implementar procedimientos de manipulación adecuados para evitar cualquier liberación a la atmósfera.

# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



## Liberación del gas SF6 en el ambiente, regulación y sanciones



**Ley 20.920: Responsabilidad Extendida del Productor (REP):**  
Obliga a las empresas a gestionar adecuadamente los residuos peligrosos, incluyendo el gas SF6.

**Ley 20.417: Creación del Ministerios del Medio Ambiente y la Superintendencia del Medio Ambiente:**

- Título III de las Infracciones y Sanciones.

**Certificación ISO 14001:** El Ministerio del Medio Ambiente de Chile ha establecido estándares específicos para la manipulación y almacenamiento de este gas, requiriendo que las empresas implementen sistemas de gestión ambiental certificados bajo normas como ISO 14001.

**Acuerdos de París:** El Acuerdo incluye compromisos de todos los países para reducir sus emisiones y colaborar a fin de adaptarse a los impactos del cambio climático,

# Falla en interruptor por falta de Gas SF<sub>6</sub>



# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



## Peligro de arco eléctrico, NFPA 70E

Una fuente de posibles heridas o daños a la salud asociados con la liberación de energía causada por un arco eléctrico.



# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



## ¿Qué sucede si se produce un arco eléctrico por falla en un equipo con SF<sub>6</sub>?

Si se produce un arco eléctrico por una falla de cortocircuito en un equipo con SF<sub>6</sub>, el gas actúa inicialmente para extinguir el arco, pero si la falla es grave o prolongada, pueden ocurrir varios efectos negativos.



### 1. Sucede la falla

Sucede un corto circuito, se forma un arco eléctrico entre los contactos o dentro de la celda del GIS



### 3. La falla persiste

Si la corriente de cortocircuito es muy alta o la falla persiste, el SF<sub>6</sub> podría no disipar la energía lo suficientemente rápido.



### 2. Extinción del arco

El SF<sub>6</sub> se ioniza, absorbiendo la energía del arco y disipándola rápidamente.



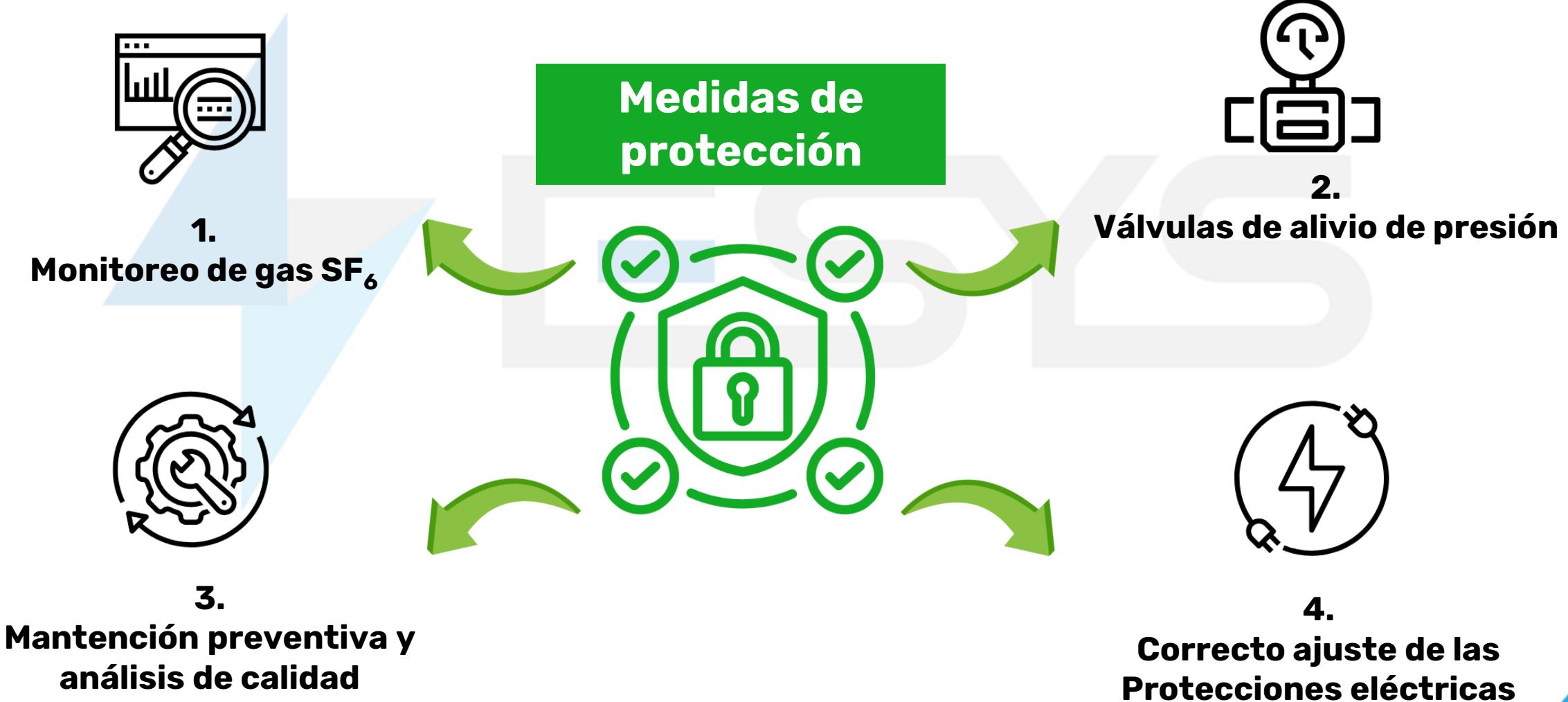
### 4. Consecuencias

- Desconexión del sistema.
- Daño en la GIS o el interruptor.
- Riesgo para el personal.
- Liberación de SF<sub>6</sub> a la atmósfera.

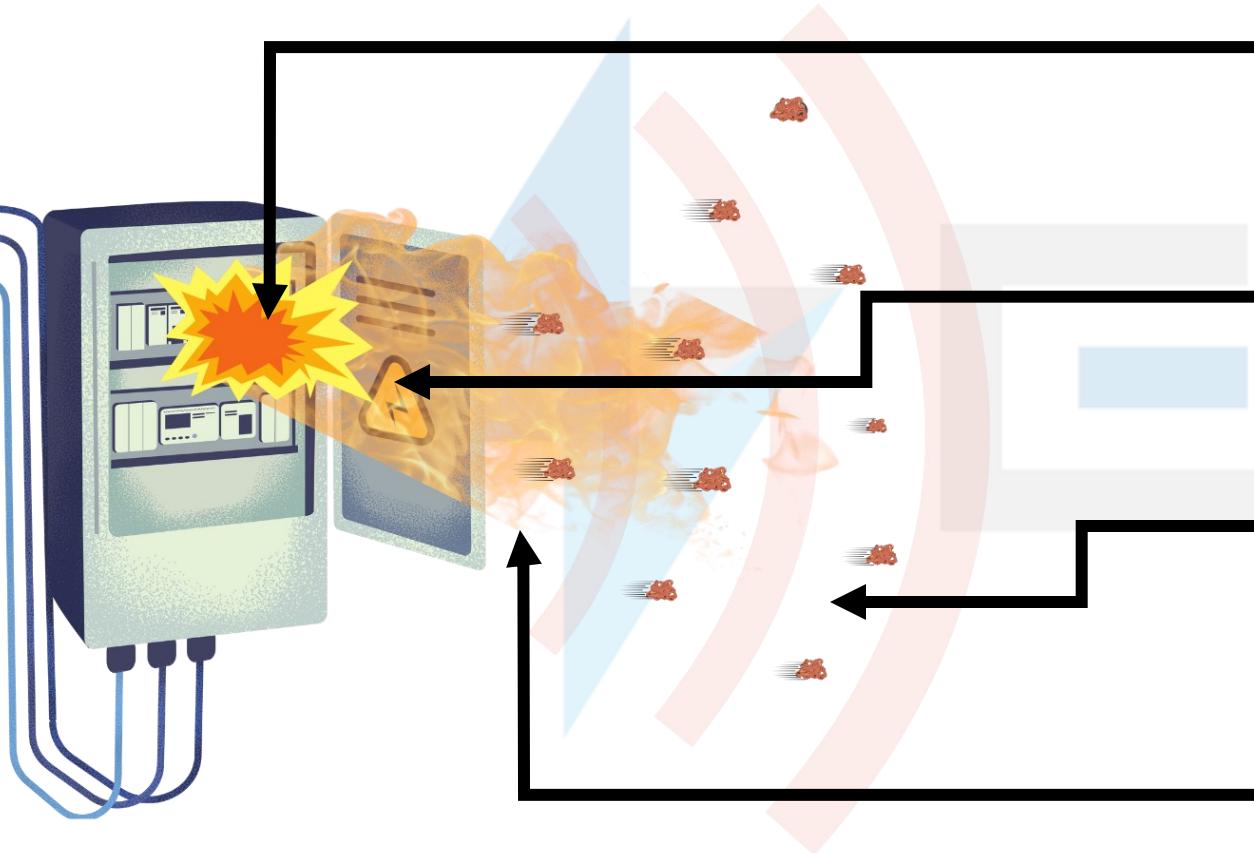
# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



¿Qué sucede si se produce un arco eléctrico por falla en un equipo con SF<sub>6</sub>?



# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



**Liberación de energía térmica:** Temperaturas extremadamente altas (hasta 35,000 °F o 19,400 °C), capaces de causar quemaduras graves e incendios.

**Radiación luminosa:** Emisión de luz intensa que puede dañar la vista.

**Onda de presión:** Genera una explosión que puede lanzar escombros, equipos y personas, causando lesiones físicas.

**Riesgo de quemaduras y lesiones:** Puede causar quemaduras de primer, segundo y tercer grado, así como daños por inhalación de gases calientes y metales vaporizados.

# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



## NFPA 70E: Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo

### Capítulo 1 – Prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad

- **Artículo 120:** Establecer una condición de trabajo eléctricamente segura.
- **Artículo 120.6:** Proceso para establecer y verificar una condición eléctricamente segura.



# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



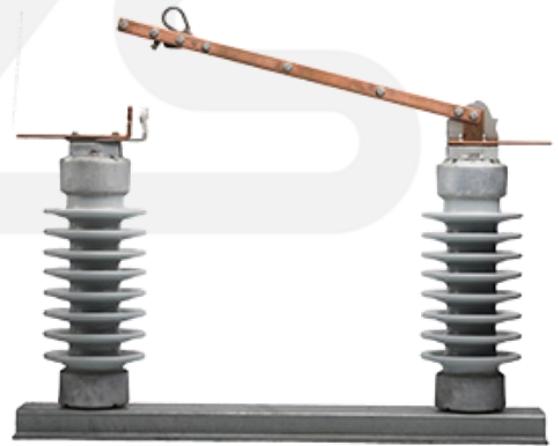
**Artículo 120.6:** Proceso para establecer y verificar una condición eléctricamente segura.



**(1) Determinar todas las posibles fuentes de alimentación**



**(2) Interrumpir correctamente la corriente de carga**

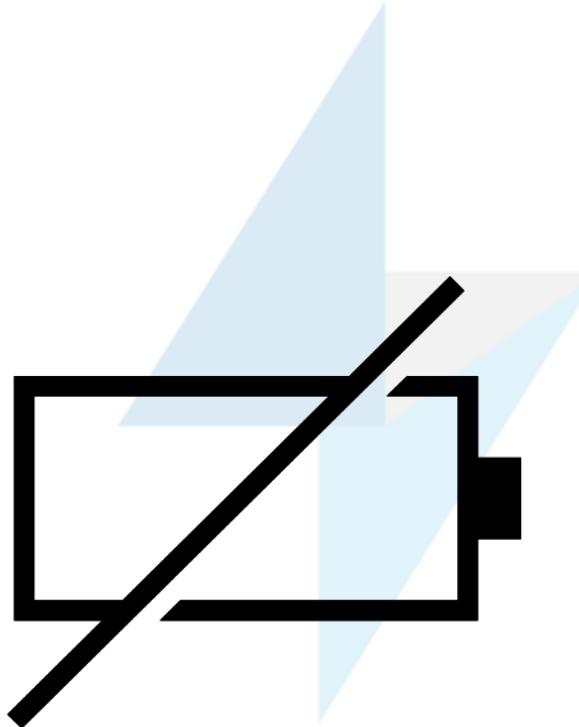


**(3) Verificar (si es posible) el estado abierto de las cuchillas**

# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



**Artículo 120.6:** Proceso para establecer y verificar una condición eléctricamente segura.



**(4) Liberar la energía eléctrica almacenada**



**(5) Bloquear y liberar energía no eléctrica almacenada**



**(6) Instalar dispositivos de bloqueo y etiquetado**

# Riesgo asociado al SF<sub>6</sub> en entornos eléctricos



**Artículo 120.6:** Proceso para establecer y verificar una condición eléctricamente segura.



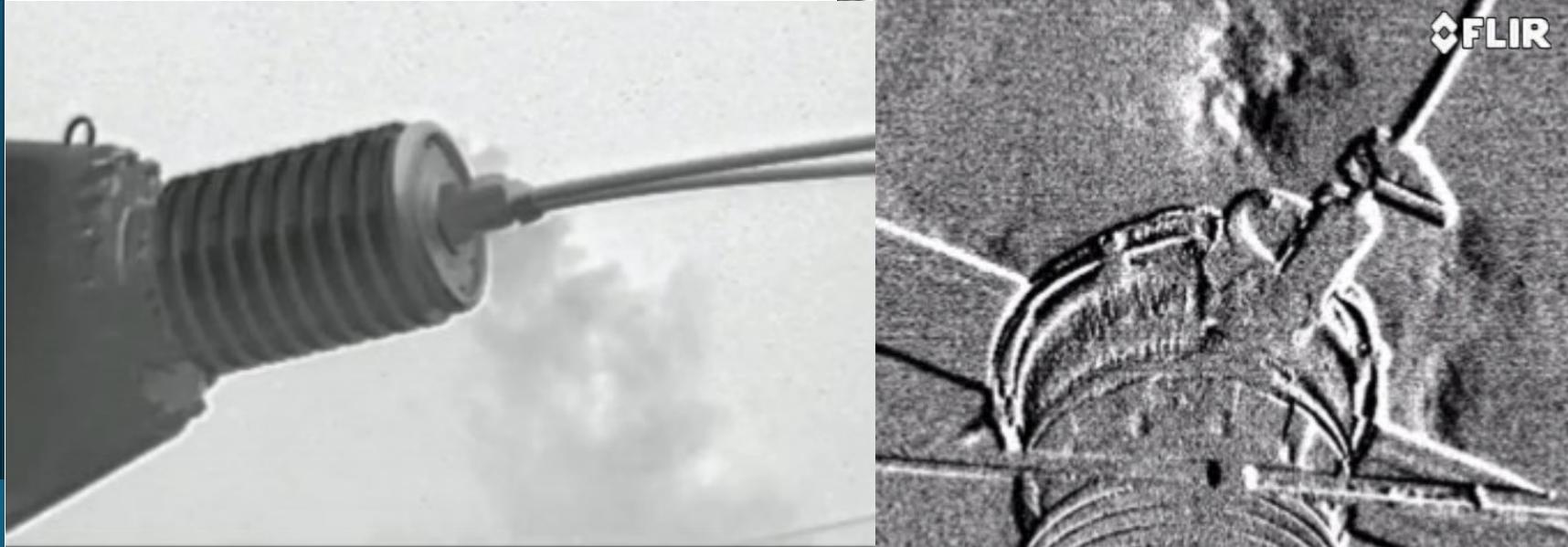
**(7) Comprobar ausencia de tensión**



**(8) Ponga tierra a los conductores de circuitos**

## Modulo 3

### Emergencias con gas SF<sub>6</sub>



# Protocolo de Evacuación y Primeros Auxilios en caso de exposición al SF<sub>6</sub>



## Primeros Auxilios para exposición de gas SF<sub>6</sub>

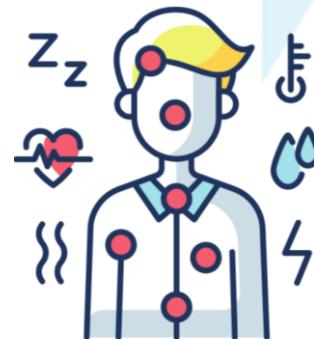


**La exposición al SF<sub>6</sub> o sus subproductos suele ocurrir por no utilizar los EPP adecuados o no se siguió el protocolo de seguridad.**



### Primeros Auxilios:

El tratamiento inicial es esencial para revertir los efectos y limitar o evitar los daños a largo plazo.



### Síntomas:

- Descoordinación muscular
- Pulso acelerado
- Desorientación
- Fatiga
- Nauseas/Vomito
- Perdida de conciencia



### Brigada de Emergencia:

El equipo de seguridad debe tener los EPP para asistir a una persona en un área donde haya ocurrido la exposición al gas SF<sub>6</sub>.

# Protocolo de Evacuación y Primeros Auxilios en caso de exposición al SF<sub>6</sub>



## Brigada de Emergencia

La brigada de emergencia debe tener los EPP para asistir a una persona en un área donde haya ocurrido la exposición al gas SF<sub>6</sub>.

### Estas deben incluir:

- Respirador de máscara facial completa con bomba de aire limpio o suministros de oxígeno.
- Traje **TyVek** o **Haz-Mat**
- Botas y Guantes resistente al acido.



Ninguna persona sin los EPP ni la experiencia en el manejo de la exposición al gas SF<sub>6</sub> o subproductos debe intentar rescatar a la persona afectada.

# Protocolo de Evacuación y Primeros Auxilios en caso de exposición al SF6



¿Cómo coordinar con brigadas de emergencia?

## Riesgo de Asfixia



1. Evacuar y llevar al usuario expuesto, a un lugar ventilado, es fundamental que el usuario reciba la mayor cantidad de oxígeno.
2. Comunicarse con Brigada de Emergencia (Interna o Externa)
3. Informar con palabras claves: Usuario con **Principios de Asfixia**



# Protocolo de Evacuación y Primeros Auxilios en caso de exposición al SF6

¿Cómo coordinar con brigadas de emergencia?

## Exposición a Subproductos



1. Evacuar inmediato de la zona contaminada.
2. Comunicarse con Brigada de Emergencia (Internas o Externas)
3. Informar con palabras claves: Usuario expuesto a Vapores Ácidos



Quemadura por HF

# Fugas del gas SF6



## ¿Cómo detectar fugas del gas?

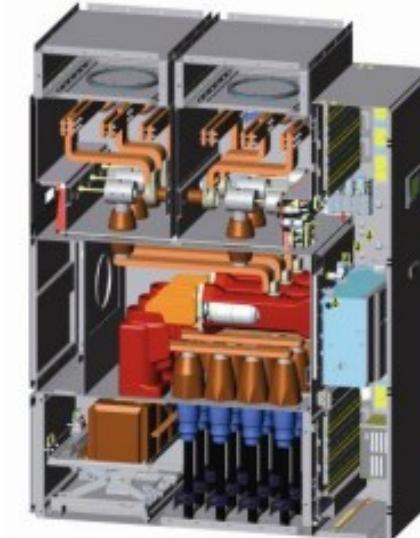


Factor	Detector de Gas SF6	Cámara Optica
Funcionamiento	Detecta la concentración de SF6 en el aire mediante un sensor químico o infrarrojo.	Usa tecnología, como infrarrojo térmico, para la visualización del gas
Precisión	Alta sensibilidad en bajas concentraciones	Buena precisión, pero puede verse afectada por condiciones ambientales.
Cobertura	Limitada a las zonas de acceso.	Puede inspeccionar áreas grandes y de difícil acceso.
Mantenimiento	Requiere calibración y reemplazo de sensores	Bajo mantenimiento
Aplicación	Uso en pruebas de rutina y monitoreo.	Ideal para inspección rápida, sin detener operaciones

# Pruebas de campo para gas SF6



¿Que sucede cuando hay una fuga en una celda GIS?

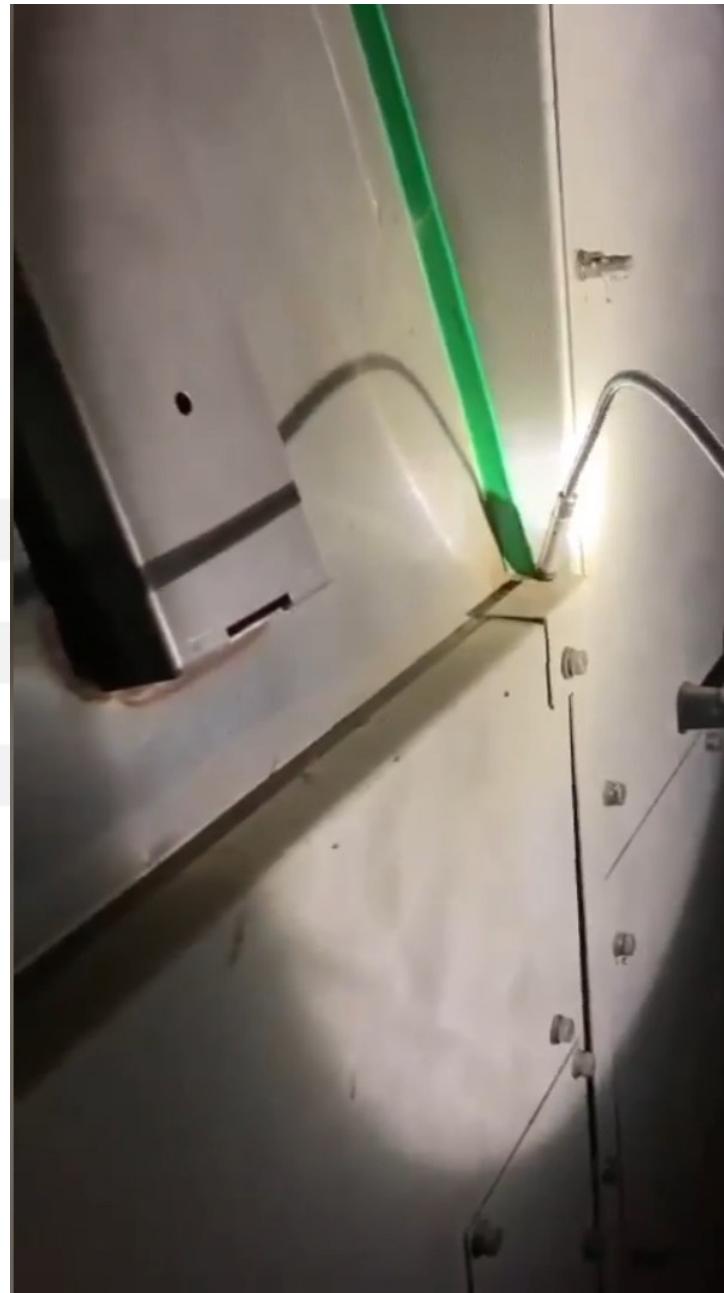


Conexión



Desconexión

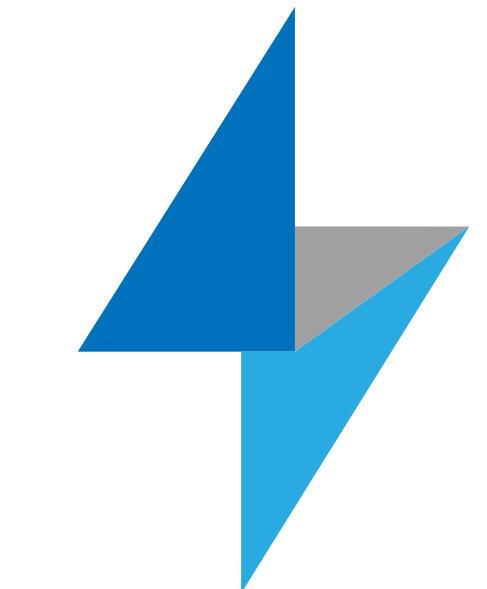






## Modulo 4

**Manejo y  
controles en  
equipos  
eléctricos con  
gas SF<sub>6</sub>**



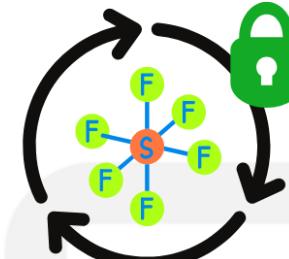
# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Responsabilidades

Acorde al punto 4.10 de la guía *IEEE C37.122.3*

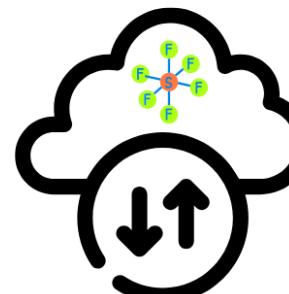
Propietario del equipo eléctrico de SF<sub>6</sub> es responsable de:



Transporte, uso y eliminación segura del Gas SF<sub>6</sub>



Mantener registros del estado del Gas SF<sub>6</sub>



Tasas de emisión anuales

# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Reglas y recomendaciones de seguridad

Acorde al punto 4.7 de la guía *IEEE C37.122.3*

### 4.7 Seguridad durante el manejo de SF<sub>6</sub> en sitio

#### 4.7.1 Reglas y recomendaciones generales de seguridad

Antes de comenzar cualquier trabajo de mantenimiento o servicio en equipo eléctricos que contengan SF<sub>6</sub>, se debe inspeccionar y reportar detalladamente el estado y la condición del equipo.



Siempre se deben seguir procedimientos específicos y los manuales de instrucciones de operación proporcionado por el fabricante del equipo.

**Tabla 6 – Consideraciones al trabajar con equipos de conmutación de SF6, IEEE C37.122.3**

<b>Ítem</b>	<b>Trabajar en las proximidades de equipos de conmutación (Operación, inspección visual o limpieza de sala)</b>	<b>Llenado, recuperación o evaluación de compartimiento de gas SF6</b>	<b>Apertura de compartimiento de as SF6 o trabajar en compartimientos abiertos</b>
Hoja de datos de seguridad material SF6 / Manual de operación	-	Obligatorio	Obligatorio
Capacitación	Obligatorio*	Obligatorio	Obligatorio
Equipo de manejo de gas	-	Obligatorio	Obligatorio
Equipo de limpieza	-	-	Obligatorio
Equipo de protección personal	-	-	Obligatorio
Llamas	-	No permitido	No permitido
Soldadura/fumar	-	No permitido	No permitido
Beber/comer	-	-	No permitido

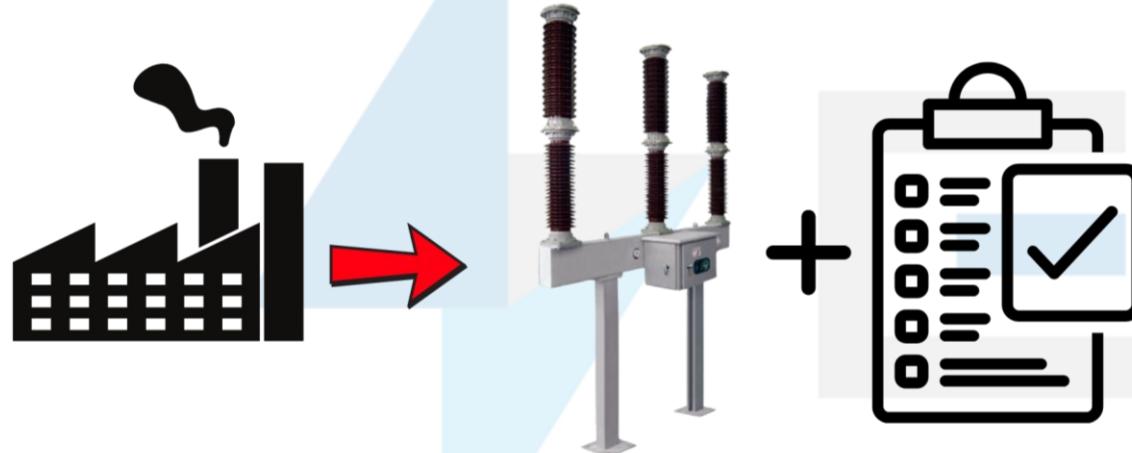
\*: La contenidos debe especificarse según el tipo de trabajo y la instalación.

# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



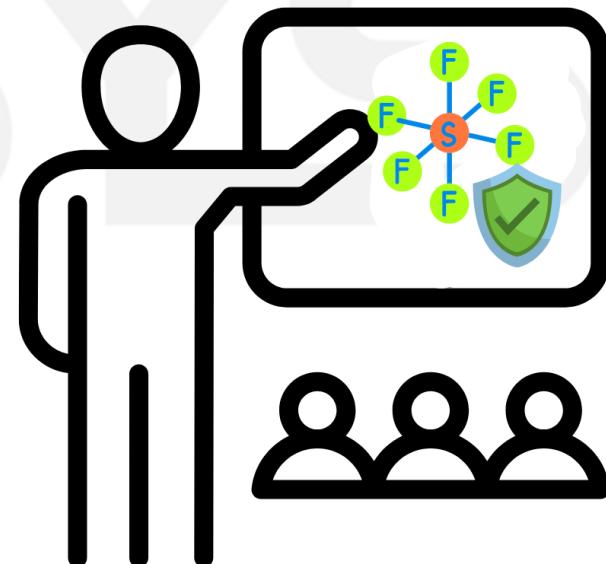
## Reglas y recomendaciones de seguridad

### Características de los equipos eléctricos:



El fabricante **debe** describir los procedimientos de instalación, servicio, mantenimiento, reparación y eliminación adecuada de la manera mas detallada posible.

El personal que realice el trabajo práctico debe contar con capacitación especialidad.



# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Equipos de protección personal

Acorde al punto 4.7.2 de la guía **IEEE C37.122.3**

### 4.7.2 Protección personal

Las medidas de seguridad son obligatorias al acceder y/o entrar en un compartimiento de gas. El tipo de gas y el grado de protección dependerá de la categoría del gas. En la **Tabla 7** se ofrece información detallada al respecto.



**Tabla 7 – Precaución de seguridad al ingresar a un compartimiento de SF<sub>6</sub>, IEEE C37.122.3**

Ítem	Compartimento abierto antes del primer llenado de SF <sub>6</sub>	Compartimento abierto que contenía SF <sub>6</sub> no arqueado	Compartimento abierto que contenía SF <sub>6</sub> normalmente arqueado o fuertemente arqueado
<b>Riesgo potencial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vapores de material de limpieza</li> <li>• Falta de oxígeno (O<sub>2</sub>)</li> <li>• Restos de SF<sub>6</sub> u otro gas del proceso de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vapores de material de limpieza</li> <li>• Falta de oxígeno (O<sub>2</sub>)</li> <li>• Restos de gas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vapores de material de limpieza</li> <li>• Falta de oxígeno (O<sub>2</sub>)</li> <li>• Restos de gas</li> <li>• Productos gaseosos residuales reactivos de descomposición</li> <li>• Polvo de conmutación y adsorbentes</li> </ul>
<b>Precaución de seguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilación</li> <li>• Medición de la concentración de O<sub>2</sub> al ingresar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilación</li> <li>• Medición de la concentración de O<sub>2</sub> al ingresar</li> <li>• Eliminación del polvo de conmutación y adsorbentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilación</li> <li>• Medición de la concentración de O<sub>2</sub> al ingresar</li> <li>• Uso de equipo de protección personal</li> </ul>
<b>Equipos y herramientas de seguridad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilador de succión o aspiradora</li> <li>• Dispositivo de medición de concentración de O<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilador de succión o aspiradora</li> <li>• Dispositivo de medición de concentración de O<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilador de succión o aspiradora</li> <li>• Dispositivo de medición de concentración de O<sub>2</sub></li> <li>• Ropa protectora desechable, cubre zapatos y gorro</li> <li>• Guantes de seguridad resistentes a ácidos</li> <li>• Máscara de protección facial completa (preferida) o, al menos, máscara respiratoria</li> <li>• Gafas protectoras</li> </ul>

**Dispositivo de medición de O<sub>2</sub>**



**Ropa protectora desechable**



**Guantes de seguridad resistentes al ácidos**



**Ventilador de succión**



**Máscara respiratoria**



# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Equipos de protección personal Recomendado por CIGRE

Equipo de protección	Gas SF <sub>6</sub> nuevo	Gas SF <sub>6</sub> no ionizado por arco eléctrico	Gas SF <sub>6</sub> normalmente ionizado por arco eléctrico	Gas SF <sub>6</sub> muy ionizado por arco eléctrico
	CEI 376	<ul style="list-style-type: none"><li>Prueba de capacidad del aislamiento del gas.</li><li>Mantenimiento de rutina.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Mantenimiento y reparación.</li><li>Prueba de desarrollo de interruptor.</li><li>Desmantelamiento de interruptor.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Interruptor después de pruebas intensas o fallas.</li><li>Falla de arco interno.</li></ul>

# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## El punto 4.8 de la guía IEEE C37.122.3 sobre *Capacitación del Personal*



# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Capacitaciones

Acorde al punto 4.8 de la guía **IEEE C37.122.3**

### 4.8 Capacitación del personal

Los cursos de capacitación deben consistir en sesiones tanto teóricas como prácticas. La capacitación debe incluir al menos los siguientes temas:

IEEE C37.122.3 - 4.8 Capacitación del personal		
SF6	Equipos Eléctricos	Manejo de SF6 en equipos
1. Características	1. Diseño y funcionalidad	1. Evacuación
2. Aplicación	2. Manejo de SF6 en sitio	2. Llenado
3. Normativas	3. Beneficios de la tecnología	3. Recuperación y almacenamiento
4. Seguridad del personal	4. Solución de problemas	4. Manejo de equipos
5. Impacto ambiental		5. Trabajo en compartimentos
6. Eliminación		6. Verificación de calidad

# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Categorías del gas SF<sub>6</sub>



IEEE C37.122 - Punto 4.9.1

Norma IEEE para subestaciones aisladas en gas de alto voltaje con capacidad nominal superior a 52 kV

# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Hoja de seguridad (HDS)

**La norma chilena NCh 2245** - Define la hoja de seguridad (HDS) para productos químicos.

Esta norma define las secciones, contenido y formato general de la hoja de seguridad (HDS) para productos químicos.

Se aplica a las HDS que se deben preparar por el proveedor de productos químicos dentro del territorio nacional y que son de carácter obligatorio

HEXAFLUORURO DE AZUFRE – SF <sub>6</sub> (GAS LICUADO)				
INTRA S.A. DE C.V. Félix Guzmán No. 16 3º Piso, Col. El Parque, C.P. 53398. Naucalpan de Juárez, Estado de México, México. TELÉFONO DE EMERGENCIA: 01-800-221-9844 (24 HORAS)	Clave del Documento: HDS-SF6-GLQ   Revisión No.: 04 Fecha de Emisión: 1999-12   Fecha de Revisión: 2011-07			
<b>DATOS GENERALES DEL PRODUCTO</b>				
Nombre Químico: <b>Hexafluoruro de Azufre</b>	Nombre Comercial: <b>Hexafluoruro de Azufre</b>			
Formula: <b>SF<sub>6</sub></b>	Familia Química: <b>Fluoruro Inorgánico</b>			
	Inf. Relevante: <b>Gas Inerte Asfixiante simple</b>			
<b>IDENTIFICACION DEL PRODUCTO</b>				
No. CAS <sup>(1)</sup> : <b>2551-62-4</b>	No. ONI <sup>(2)</sup> : <b>1080</b>			
LMPE-PP <sup>(3)</sup> : <b>1,000 ppm (6,000 mg/m<sup>3</sup>)</b>	IPVS (IDLH) <sup>(4)</sup> : <b>NA</b>			
LMPE-CT <sup>(5)</sup> : <b>1,250 ppm (7,500 mg/m<sup>3</sup>)</b>	LMPE-PT <sup>(6)</sup> : <b>NA</b>			
<b>CLASIFICACION DE RIESGOS</b>				
NFPA <sup>(7)</sup> : Rombo de Riesgos	Salud (S): <b>1</b>	Inflamabilidad (I): <b>0</b>	Reactividad (R): <b>0</b>	Riesgos Especiales (RE): <b>NA</b>
HMS <sup>(8)</sup> : Rectángulo de Riesgos	Salud (S): <b>1</b>	Inflamabilidad (I): <b>0</b>	Reactividad (R): <b>0</b>	Equipo de Protección Personal (EPP): <b>A</b>
		Lentes de seguridad		
<b>PROPIEDADES FISICAS Y QUÍMICAS DEL PRODUCTO</b> (9)				
Temperatura de Ebullición: <b>209 K (-64.15 °C) @ 101.325 kPa</b>	Temperatura de Fusión: <b>222.35 K (-50.8 °C) @ 244 kPa</b>	Temperatura de Inflamación: <b>NA</b>	Temperatura de Autoignición: <b>NA</b>	
Densidad: <b>6.162 kg/m<sup>3</sup> @ 101.325 kPa; 20 °C</b>	pH: <b>NA</b>	Peso Molecular: <b>146.054 g/mol</b>	Estado Físico: <b>Gas Licuado</b>	
Color: <b>Incoloro</b>	Olor: <b>Indoloro</b>	Velocidad de Evaporación: <b>NA</b>	Solubilidad en Agua: <b>5.4 cm<sup>3</sup>/1 kg Agua @ 101.325 kPa; 25 °C</b>	
Presión de Vapor: <b>2308 kPa @ 294.25 K (21.1 °C)</b>	Porcentaje de Volatilidad: <b>NA</b>	Límite Superior de Inflamabilidad / Volatilidad: <b>NA</b>	Límite Inferior de Inflamabilidad / Volatilidad: <b>NA</b>	

Page 2 De 6

Page 1 De 6

Hoja 3 De 6

- Identificación del producto químico y de la empresa.
- Identificación de los peligros (Nch 382, Nch 2190, GHS, Nch 1411/4)
- Composición / Información de los componentes.
- Primeros Auxilios.
- Medidas para lucha contra incendios.
- Medidas en caso de derrame accidental.
- Manipulación y almacenamiento.
- Control de exposición / Protección personal.
- Propiedad Física y Químicas.
- Estabilidad y reactividad.
- Información toxicológica
- Información ecológica
- Información sobre disposición final
- Información sobre transporte.
- Información reglamentaria.
- Otras informaciones.



**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD (HDS)  
HEXAFLORURO DE AZUFRE – SF<sub>6</sub> (GAS LICUADO)**

INFRA S.A. DE C.V. Félix Guzmán No. 16 3° Piso. Col. El Parque. C.P. 53398. Naucalpan de Juárez. Estado de México, México. <b>TELEFONO DE EMERGENCIA:</b> 01-800-221-98-44 (24 HORAS)	Clave del Documento: <b>HDS-SF6-GLQ</b>	Revisión No. : <b>04</b>
	Fecha de Emisión: <b>1999-12</b>	Fecha de Revisión: <b>2011-07</b>

**DATOS GENERALES DEL PRODUCTO**

Nombre Químico <sup>(1)</sup> : <b>Hexafloruro de Azufre</b>	Nombre Comercial: <b>Hexafloruro de Azufre</b>	Síntimos: <b>Hexafloruro de Azufre</b>
Formula: <b>SF<sub>6</sub></b>	Familia Química: <b>Floruro Inorgánico</b>	Inf. Relevante: <b>Gas Inerte Asfixiante simple</b>

**IDENTIFICACION DEL PRODUCTO**

No. CAS <sup>(2)</sup> : <b>2551-62-4</b>	No. ONU <sup>(3)</sup> : <b>1080</b>	IPVS (IDLH) <sup>(4)</sup> : <b>NA</b>
LMPE-PPT <sup>(5)</sup> : <b>1,000 ppm (6,000 mg/m<sup>3</sup>)</b>	LMPE-CT <sup>(6)</sup> : <b>1,250 ppm (7,500 mg/m<sup>3</sup>)</b>	LMPE-P <sup>(7)</sup> : <b>NA</b>

**CLASIFICACION DE RIESGOS**

NFPA <sup>(8)</sup> : Rombo de Riesgos	Salud (S): <b>1</b>	Inflamabilidad (I): <b>0</b>	Reactividad (R): <b>0</b>
HMIS <sup>(9)</sup> : Rectángulo de Riesgos	Salud (S): <b>1</b>	Inflamabilidad (I): <b>0</b>	Reactividad (R): <b>0</b>
			Equipo de Protección Personal (EPP): <b>A</b> <b>Lentes de seguridad</b>

**PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL PRODUCTO<sup>(10)</sup>**

Temperatura de Ebullición: <b>209 K (-64.15 °C) @ 101.325 kPa</b>	Temperatura de Fusión: <b>222.35 K (-50.8 °C) @ 244 kPa</b>	Temperatura de Inflamación: <b>NA</b>	Temperatura de Autoignición: <b>NA</b>
Densidad: <b>6.162 kg/m<sup>3</sup> @ 101.325 kPa ; 20 °C</b>	pH: <b>NA</b>	Peso Molecular: <b>146.054 g/mol</b>	Estado Físico: <b>Gas Licuado</b>
Color: <b>Incoloro</b>	Olor: <b>Inodoro</b>	Velocidad de Evaporación: <b>NA</b>	Solubilidad en Agua: <b>5.4 cm<sup>3</sup> / 1 kg Agua @ 101.325 kPa ; 25 °C</b>
Presión de Vapor: <b>2308 kPa @ 294.25 K (21.1 °C)</b>	Porcentaje de Volatilidad: <b>NA</b>	Límite Superior de Inflamabilidad / Volatilidad: <b>NA</b>	Límite Inferior de Inflamabilidad / Volatilidad: <b>NA</b>

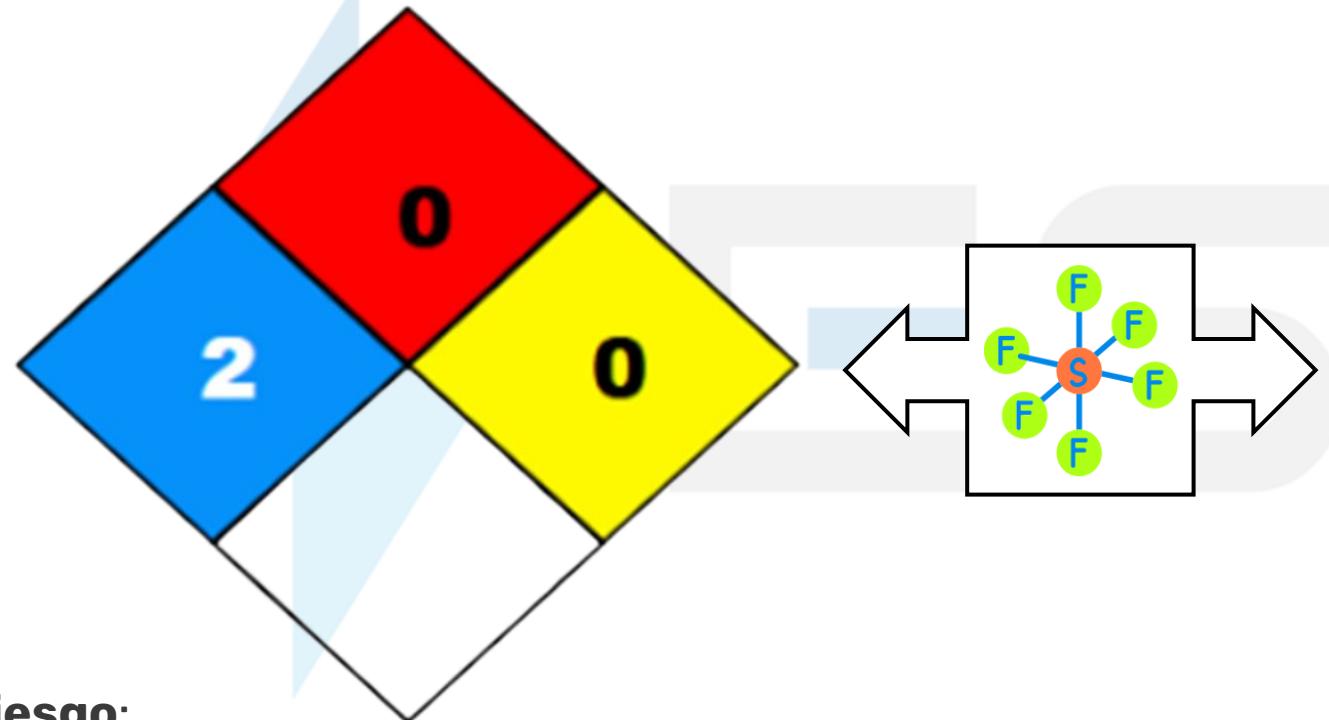
# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Rotulación del gas SF<sub>6</sub>

**NCh 1411:**

Rotulación de Almacenamiento



### Riesgo:

0. Insignificante
1. Ligero-Suave
2. Moderado-Medio
3. Alto-Severo
4. Muy Alto-Extremo

- Salud
- Inflamable
- Radiactivo
- Riesgo especial

**NCh 2190:**

Rotulación de Transporte



Gas Comprimido - No Inflamable

# Guías y estándares para el manejo de SF<sub>6</sub>



## 9.3 Calidad de gas (Humedad, pureza y densidad), IEEE C37.122.3

El **contenido de humedad** del gas debe medirse antes de la energización. Para obtener una medición confiable, el contenido de humedad debe medirse algún tiempo después del llenado, según lo recomendado por el fabricante.

El **contenido de humedad no debe exceder el límite prescrito por el fabricante** o el acordado entre el fabricante y el usuario, el valor que sea menor.

La **pureza del gas**, expresada como un porcentaje de SF<sub>6</sub>, debe verificarse antes de la energización. La pureza del gas debe cumplir con los requisitos establecidos por el fabricante.

La **densidad del gas** debe medirse y verificarse para asegurar que cumpla con los requisitos nominales de llenado especificados por el fabricante.

# Pruebas de campo para gas SF<sub>6</sub>



## Pruebas de campo acorde a la *IEEE C37.122*

En el **Capítulo 9** sobre **Pruebas de campo**, establece los requisitos para probar GIS después de su instalación, ensamblaje, cableado y antes de ponerlo en servicio comercial.

En el **punto 9.2** establece que los compartimientos deben llenarse con gas SF<sub>6</sub> o una mezcla de gas requerida hasta la presión de llenado específico, y se deben realizar pruebas para detectar fugas de gas, **generalmente** con un detector de fuga de gas portátil.

Esta prueba debe incluir las uniones de la envolvente ensamblada en campo, soldaduras de la envolvente realizadas en campo, los dispositivos de monitoreo, las válvulas y tuberías.



**IEEE C37.122 - 2021:**

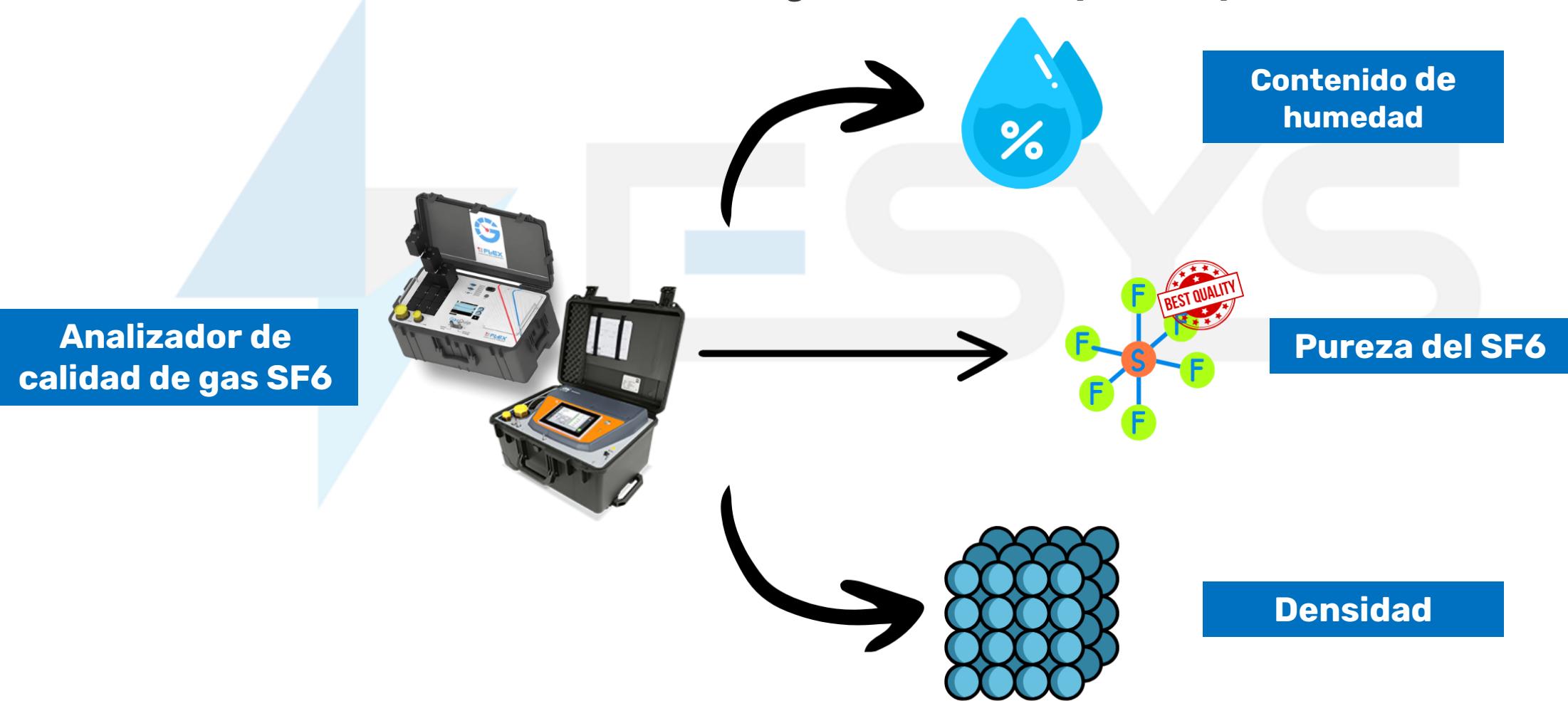
*Norma IEEE para subestaciones aisladas en gas de alto voltaje con capacidad nominal superior a 52 kV*

# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



Prueba de Calidad de gas acorde a la guía IEEE C37.122.3

Punto 9.3 sobre Prueba de *Calidad de gas (Humedad, pureza y densidad)*



# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Procedimiento de análisis del gas SF<sub>6</sub>



Multi-Analyser SF6, Dilo

Documentar los detalles de la placa de identificación del GIE

Documentar la presión del GIE y la temperatura ambiente, si es posible, documentar la temperatura del compartimiento

Asegurase de tener el equipo, los adaptadores y el analizador adecuado para cubrir las necesidades de la prueba

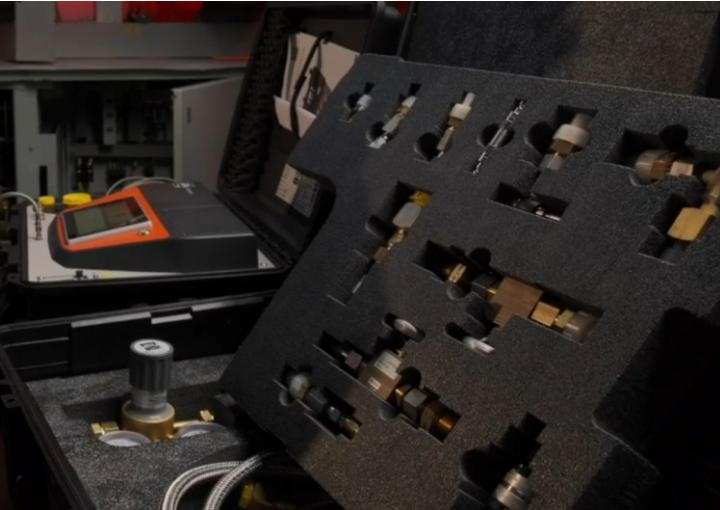
Asegurase que las mangueras y el almacenamiento del analizador no estén contaminados ni tengas restos de pruebas anteriores

Realizar análisis:  
(Contenido de SO<sub>2</sub>, Pureza y Humedad)

# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Procedimiento de análisis del gas SF<sub>6</sub>



1. Seleccionar conectores y adaptadores adecuados para el equipo a analizar.



2. Seleccionar manguera (Acero Inoxidable) y puerto acorde a la presión y prueba.



3. Conexión al equipo, purga de la manguera y configuración de la prueba.



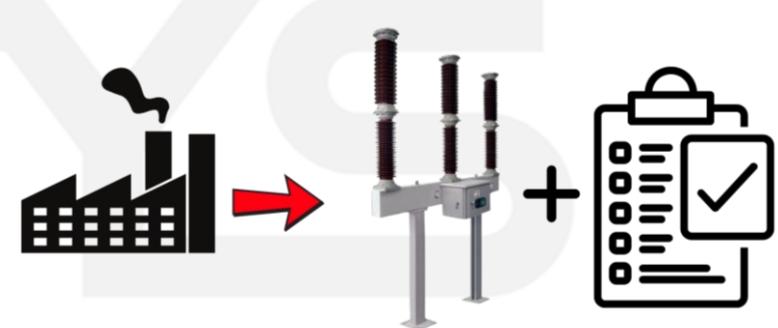
4. Iniciar pruebas:
  - SO<sub>2</sub> (~4-8 min)
  - Pureza (~2 min)
  - Humedad (~7 min)

# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Procedimiento de análisis del gas SF<sub>6</sub>

### 5. Evaluar valores de aceptación



**TABLA 100.13 – Límites de Pruebas para Gas SF<sub>6</sub>**

<b>Pruebas</b>	<b>Límites Máximos (&lt;30 PSIG)</b>	<b>Límites Máximos (<math>\geq 30</math> PSIG)</b>
Contenido de agua	720 ppm <sub>v</sub>	200 ppm <sub>v</sub>
Productos de descomposición (SO <sub>2</sub> )	12 ppm	12 ppm
Productos totales de descomposición		
Aceite mineral		
Pureza del SF <sub>6</sub>	$\geq 97,0$ % en volumen	$\geq 97,0$ % en volumen



# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



Máximos tolerables para calidad del gas acorde a la guía IEEE C37.122.3

IEEE STANDARDS ASSOCIATION IEEE

IEEE Guide for Sulphur Hexafluoride  
(SF<sub>6</sub>) Gas Handling for High-Voltage  
(over 1000 Vac) Equipment

IEEE Power & Energy Society

Sponsored by the  
Substations Committee  
and  
Switchgear Committee

IEEE  
3 Park Avenue  
New York, NY 10016-5997  
USA  
9 January 2012

IEEE Std C37.122.3™-2011

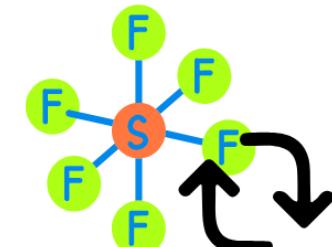
Authorized licensed use limited to: OAKLAND UNIVERSITY. Downloaded on January 01 2015 at 07:12:12 UTC from IEEE Xplore. Restrictions apply.



Nivel máximo tolerable de humedad



Requisitos de pureza para el SF6



Requisitos de pureza para la reutilización del SF6 recuperado



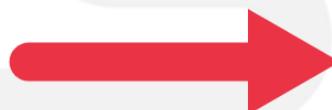
IEC 62271-1.



ASTM D2472-00



IEC 60376



IEC 60480



# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Nivel máximo tolerables de contaminantes

**Valores Obtenidos de CIGRE:**

Contaminantes	En servicio	Reutilizable
Gas no reactivos (aire/N <sub>2</sub> )	Hasta el 3%	Hasta el 3%
Subproductos del arco (SO <sub>2</sub> / SOF <sub>2</sub> )	500 PPM <sub>V</sub>	12 PPM <sub>V</sub>
Humedad	200 PPM <sub>V</sub>	200 PPM <sub>V</sub>



# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## ANSI/NETA MTS 2023: Estándar para Especificaciones de Pruebas de Mantenimiento.

Para cada equipo cuenta una descripción específica distribuida en:

Prueba Visual y Mecánicas, Eléctricas y sus respectivos valores de prueba.

La ANSI/NETA MTS incluye especificaciones para equipos que usa SF<sub>6</sub>, en los siguientes puntos:

### 7. Inspección y procedimientos de prueba

**7.5.4** Interruptores, SF<sub>6</sub>, Media Tensión

**7.6.4** Interruptores de Circuito, SF<sub>6</sub>

### Tabla 100.13 Límites de Prueba para el Gas SF<sub>6</sub>

### Anexo B – Frecuencia de las pruebas de mantenimiento



# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Nivel máximo tolerables de contaminantes

TABLA 100.13 – Límites de Pruebas para Gas SF <sub>6</sub> , ANSI/NETA MTS 2023						
Pruebas	Límites Máximos (<30 PSIG)			Límites Máximos (≥30 PSIG)		
Contenido de agua	-23° C	720 ppmv	90 ppmw	-36° C	200 ppmv	25 ppmw
Productos de descomposición (SO <sub>2</sub> )	12 ppm			12 ppm		
Productos totales de descomposición	50 µl/l (50 ppm)			50 µl/l (50 ppm)		
Aceite mineral	10 ppm			10 ppm		
Pureza del SF <sub>6</sub>	≥ 97,0 % en volumen			≥ 97,0 % en volumen		

Esta tabla se basa en la norma IEC 60480



Esta tabla es solo una guía para pruebas de campo; los resultados reales deben compararse con la documentación del fabricante.

# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



ANSI/NETA MTS 2023:

## Anexo B: Frecuencia de las pruebas de mantenimiento

### Anexo B – Frecuencia de las pruebas de mantenimiento

#### Inspecciones y Pruebas Frecuencia en Meses

(Multiplique estos valores por el factor en la Matriz de Frecuencia de Mantenimiento)

Sección	Descripción	Visual	Mecánica	Mecánica y Eléctrica
7.5.4	Interruptor Media Tensión, SF6	1	12	24
7.6.4	Circuit Breakers, SF6	1	12	36

# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Procedimiento de análisis del gas SF<sub>6</sub>



**Conocer los niveles de humedad es lo mas importante y que puede ser difícil determinar la calidad de SF<sub>6</sub> si no se siguen los procedimiento adecuados y ni se consideran los siguientes factores.**



**Contaminación de a muestra, por equipo no adecuado.**

- Mangueras
- Regulador de presión



**No seguir correctamente los procedimiento establecidos**



**Bajas temperaturas dificultan conocer el nivel de humedad real del gas SF<sub>6</sub>**

- Llevar registro de Temperatura ambiente al momento de la prueba.

**Tabla 1- Evacuación, llenado y verificación de la calidad SF6 después del llenado; IEC 62271-4**

Paso	Procedimiento
1	<b>Preparación del equipo de manejo SF6</b>
2	<b>Instalación del adsorbente</b>
3	<b>Evacuación</b>
4	<b>Fase de estabilización del vacío</b>
5	<b>Fase de mantenimiento del vacío (Opcional)</b>
6	<b>Documentación</b>
7	<b>Llenado con SF6</b>
8	<b>Documentación (Idem 6)</b>
9	<b>Inspección del sensor de presión/densidad</b>
10	<b>Inspección de estanqueidad</b>
11	<b>Verificación de la calidad del SF6</b>
12	<b>Documentación (Idem 6)</b>



IEC 62271-4

# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Protocolos de trabajo para equipos eléctricos con gas SF<sub>6</sub>

AngloAmerican		JOB PLAN			OT:		
Frecuencia	Mensual	SUPERINTENDENCIA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO SSE ANGLOAMERICAN LOS BRONCES			PI Mensual S/E Maitenes Rev_A		
Área / Proceso	Puesto de Trabajo	Descripción del Equipo			Dur [Hrs]	N°Pers	
S/E Maitenes	B10AAP1	Inspección y Termografía Transformadores Principales			0,4	1	
Ubicación Técnica	Empresa Ejecutora	Fecha y Hora Reales - Inicio			Fecha y Hora Reales - Término		
SAP 3U0000085 - TAG 6224	AngloAmerican						
<b>SEGURIDAD</b>							
Documentos		EPP					
Bloqueo (Lock-Out)	<input type="checkbox"/>	Procedimiento/Instructivo	<input checked="" type="checkbox"/>	Casco	<input checked="" type="checkbox"/>	Guantos	<input checked="" type="checkbox"/>
ART/DET	<input checked="" type="checkbox"/>	Procedimiento específico:	<input type="checkbox"/>	Lentes	<input checked="" type="checkbox"/>	EPP Ignifugo Diario	<input checked="" type="checkbox"/>
Controles Críticos	<input type="checkbox"/>	Zapatos Seguridad	<input checked="" type="checkbox"/>	Otros:	<input type="checkbox"/>		
FIGURA 1							
N°	Dur [min]	Equipo/Tag	Trabajo a Realizar	Limites Aceptables	Valor Actual o Si/No	Estado	
<b>SEGURIDAD</b>							
1		Seguridad	Verificar que no exista alguna condición insegura de acuerdo al (procedimiento específico para inspecciones termográficas XX), antes de realizar cualquier inspección, es importante considerar que esta actividad debe realizarse bajo condiciones normales de carga (Ref. NFPA 70B, cap. 7.4.4).				
2		Seguridad	Utilizar EPP de acuerdo a la señalización de seguridad (etiqueta) instalada en el equipo.				
3		Seguridad	Verificar antes de realizar la termografía, que los elementos no presenten daños ni decoraciones provocadas fallas.	Tag: Modelo:			
<b>INSPECCIÓN DE INTERRUPTORES DE PODER PATIO 220 KV</b>							
4			Chequear temperatura ambiente con un medidor de temperatura/humedad, asegurando que la medición dure a lo menos 5 min antes de comenzar con la termografía.	Temperatura Ambiente _____ °C			
5			Para realizar las mediciones es importante considerar la temperatura en el momento en el momento de la medición, la carga a la que está sometido el equipo y registros anteriores. La tabla 100.18 del estándar ANSI NETA indica acciones sugeridas en base al aumento de temperatura.				
6			Confirmar el método a medir: 1-Comparación entre dos componentes de similares características conectadas bajo similares cargas. 2-Diferencia de temperatura bajo comparación entre componente medio y la temperatura ambiente.	Se recomienda el método N°1.			

[OFFICIAL]	
71	
52J-09	<p>Chequear presión de GAS SF6</p> <p>Normal: 65 - 80 PSI Alarma: 62-65 PSI Bloqueo: 0-62 PSI</p> <p>Con un detector de Gas SF6, verifique que no existan fugas de GAS en el equipo.</p> <p>Sin Fugas</p>
72	
52J-10	<p>Pureza del GAS: 97% Contenido de Agua: 200ppmv Productos Descomposición SO2: 12ppm</p> <p>Realice pruebas de GAS SF6, el cual debe cumplir con los rangos establecidos en la tabla 100.13 de la ANSI / MTS.</p> <p>Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: &gt; 15°C</p> <p>Chequear presión de GAS SF6</p> <p>Normal: 65 - 80 PSI Alarma: 62-65 PSI Bloqueo: 0-62 PSI</p> <p>Con un detector de Gas SF6, verifique que no existan fugas de GAS en el equipo.</p> <p>Sin Fugas</p> <p>Pureza del GAS: 97% Contenido de Agua: 200ppmv Productos Descomposición SO2: 12ppm</p> <p>Realice pruebas de GAS SF6, el cual debe cumplir con los rangos establecidos en la tabla 100.13 de la ANSI / MTS.</p>
73	
89J-14	<p>Chequear presencia de daños causados por descargas no programadas</p> <p>Chequear montaje del desconectador, anclajes, alineamiento y estructura.</p>
74	
75	
76	
89B-15	<p>Chequear presencia de daños causados por descargas no programadas</p> <p>Chequear montaje del desconectador, anclajes, alineamiento y estructura.</p>
77	
78	69kV Temperatura Fase 1 Primario Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C
79	69kV Temperatura Fase 2 AT Primario Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C
80	69kV Temperatura Fase 3 AT Primario Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C
81	15kV Temperatura Fase 1 Secundario Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C
82	15kV Temperatura Fase 2 Secundario Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C
83	15kV Temperatura Fase 3 Secundario Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C
84	Temperatura en bushing de conexión para TCC Paflo 52B - 05 Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C

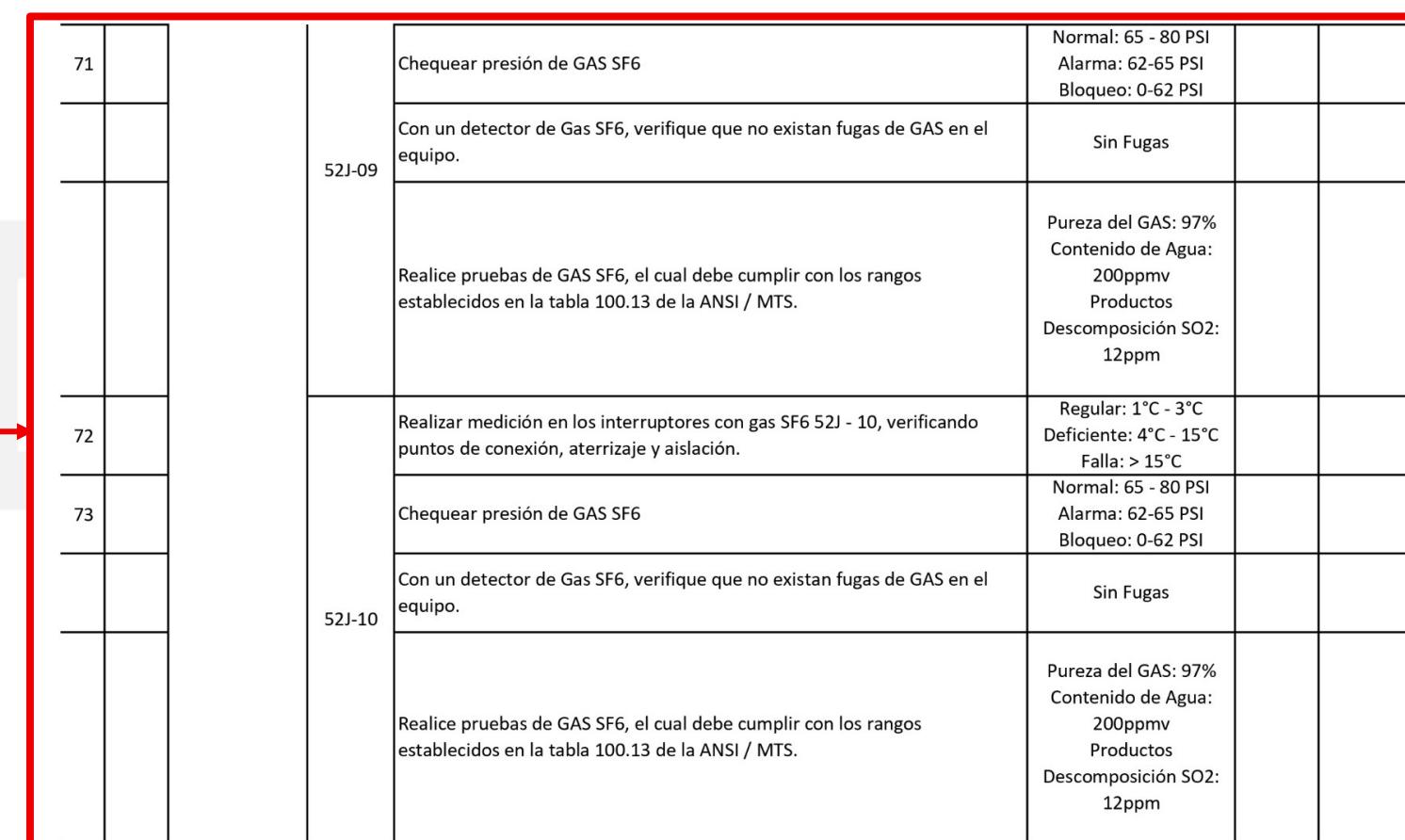
# **Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>**



# Protocolos de trabajo para equipos eléctricos con gas SF<sub>6</sub>

[OFFICIAL]

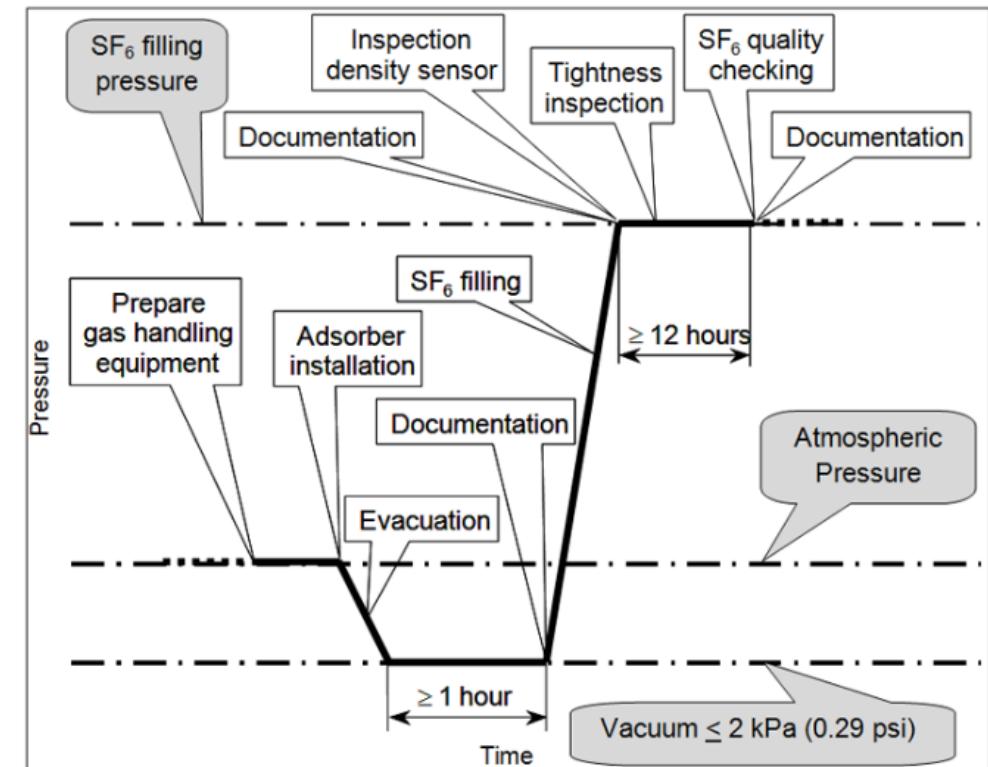
71		S2J-09	Chequear presión de GAS SF6	Requerimientos: -40°C Alarma: 62-65 PSI Bloqueo: 0-62 PSI	
			Con un detector de Gas SF6, verifique que no existan fugas de GAS en el equipo.	Sin Fugas	
			Realice pruebas de GAS SF6, el cual debe cumplir con los rangos establecidos en la tabla 100.13 de la ANSI / MTS.	Pureza del GAS: 97% Contenido de Agua: 200ppmv Productos Descomposición SO2: 12ppm	
72		S2J-10	Realizar medición en los interruptores con gas SF6 S2J - 10, verificando puntos de conexión, aterrizaje y aislación.	Regular: -1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C	
73			Chequear presión de GAS SF6	Normal: 65 - 80 PSI Alarma: 62-65 PSI Bloqueo: 0-62 PSI	
			Con un detector de Gas SF6, verifique que no existan fugas de GAS en el equipo.	Sin Fugas	
			Realice pruebas de GAS SF6, el cual debe cumplir con los rangos establecidos en la tabla 100.13 de la ANSI / MTS.	Pureza del GAS: 97% Contenido de Agua: 200ppmv Productos Descomposición SO2: 12ppm	
74		89J-14	Chequear presencia de daños causados por descargas no programadas		
75			Chequear montaje del desconector, anclajes, alineamiento y estructura.		
76		89B-15	Chequear presencia de daños causados por descargas no programadas		
77			Chequear montaje del desconector, anclajes, alineamiento y estructura.		
78	69kV	Temperatura Fase 1 Primario	Regular: -1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C		
79	69kV	Temperatura Fase 2 AT Primario	Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C		
80	69kV	Temperatura Fase 3 AT Primario	Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C		
81	15kV	Temperatura Fase 1 Secundario	Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C		
82	15kV	Temperatura Fase 2 Secundario	Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C		
83	15kV	Temperatura Fase 3 Secundario	Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C		
84		Temperatura en bushing de conexión para TCC Paflo 52B - 05	Regular: 1°C - 3°C Deficiente: 4°C - 15°C Falla: > 15°C		



## 5.2 Puesta en servicio o nueva puesta en servicio de compartimentos de SF<sub>6</sub>.

**Tabla 11 – Puesta en servicio o repuesta en servicio de compartimentos de SF<sub>6</sub>**  
**IEEE C37.122.4**

Paso	Procedimiento
1	<b>Preparación del equipo de manejo de gas.</b>
2	<b>Instalación del adsorbente</b>
3	<b>Evacuación.</b>
4	<b>Contenido residual de aire y/o humedad</b>
5	<b>Documentación</b>
6	<b>Llenado con SF<sub>6</sub></b>
7	<b>Documentación</b>
8	<b>Verificación de la funcionalidad del sensor de presión/densidad</b>
9	<b>Inspección de estanqueidad</b> <b>Inspección del sensor de presión/densidad</b>
10	<b>Verificación de la calidad del SF<sub>6</sub></b>
11	<b>Documentación</b>



# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



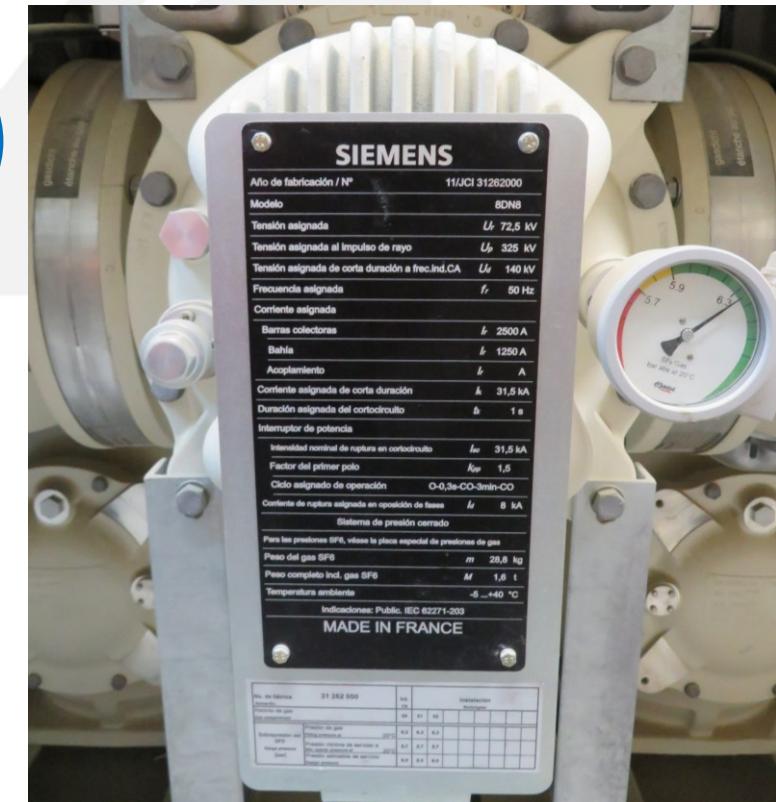
## Procedimiento de llenado del gas SF<sub>6</sub>

Todos los interruptores se llenan según la densidad requerida por la aplicación, generalmente entre 70 y 95 PSIG.

La mayoría de los fabricantes ofrecen equipos de llenado que les permiten a los usuarios conectar un cilindro de alta presión directamente a un interruptor



- Si bien es una manera efectiva de llenado, a menos que el equipo tenga un regulador integrado, se debe tener precaución para evitar sobrepresurizar el interruptor y posiblemente, hacer estallar los discos de ruptura. A menos que se utilicen evaporadores y filtros de partículas, nunca llene desde un cilindro en posición vertical (válvula hacia arriba).



# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Procedimiento de llenado del gas SF<sub>6</sub>

**El llenado desde un cilindro en posición horizontal o invertida ejercerá tensión extrema en el equipo y llegarán el óxido y otros depósitos desde el cilindro hacia el**



- Las pruebas de humedad deben realizarse según el manual del OEM del equipo, pero los niveles de humedad pueden demorar hasta 72 hrs en estabilizarse.
- Debido a los requisitos actuales de presentación de informes federales y algunos estados, se recomienda el uso de una balanza de cilindro calibrada o un medidor de flujo de masa durante el llenado para determinar la cantidad real de gas SF<sub>6</sub> con que se llena en el GIE.



# Manejo y controles para el uso de gas SF<sub>6</sub>



## Procedimiento de evacuación, extracción y llenado del gas SF<sub>6</sub>



1. Inicio proceso de vaciado, acorde al fabricante.

**PRECAUCIÓN:**  
Variación de la presión indica posible fuga



2. Preparar proceso de llenado acorde al fabricante.

**CONSIDERAR:**  
Presión y Temperatura ambiente



3. Inicio proceso de llenado.

**IMPORTANTE:**  
Fijar presión de llenado con regular de presión.



4. Verificar y confirmar presión con manómetro digital calibrado.

# CONCLUSIONES



## Propiedades del gas SF<sub>6</sub>

El gas SF<sub>6</sub> utilizado en los equipos eléctricos es un excelente aislante bajo condiciones normales de operación. No es tóxico ni inflamable; sin embargo, en altas concentraciones puede desplazar el oxígeno y generar riesgo de asfixia.

## Riesgos por descomposición

La exposición a humedad y altas temperaturas puede provocar la descomposición del gas. Los subproductos generados por la descomposición del SF<sub>6</sub> son altamente dañinos para el ser humano, por lo que se debe extremar el cuidado en su manipulación.

## Manipulación y mantenimiento

La manipulación de estos equipos debe ser realizada únicamente por personal calificado para garantizar una operación segura. Es fundamental aplicar mantenimientos adecuados y periódicos para extender la vida útil del equipo y preservar sus propiedades aislantes.