

## CAPITULO VI

MONTAJE DE LA SUBESTACIÓN Y PRUEBAS DE CAMPO.

## **CAPITULO VI**

### **MONTAJE DE LA SUBESTACION Y PRUEBAS DE CAMPO.**

#### **6.1 Datos necesarios para la adquisición**

Como se indicó, en alta tensión no se puede prescindir de un estudio eléctrico previo que indique las características del sistema asociado y las particularidades propias de la Subestación GIS que deberán considerarse para su adquisición.

Deben conocerse, especialmente en GIS de intemperie, los siguientes valores climático y ambientales:

- Vientos.
- Temperaturas (Media, máxima, mínima).
- Humedad
- Grado de sismicidad.
- Régimen de lluvias.
- Condiciones naturales o artificiales de probable aparición, tales como polución ambiental, tormentas de tierra, granizo, cualquier elemento
- de la flora o fauna, etc., que pueda influir o afectar las instalaciones.
- Altura sobre el nivel del mar.

Del citado estudio eléctrico y también en función de la experiencia de explotación del comprador se eligió la configuración para el MV-GIS considerada óptima. Así se realizó el esquema unifilar que acompañará a las condiciones de adquisición. A este esquema se le sumo todos aquellos elementos escritos y/o en forma de plano o diagrama que definieron todas las características de la obra (sistema de auxiliares, de protección, de medición, de control y comando, telecomunicaciones, obras civiles, etc.) y que sean de uso común en la nuevas instalación y que respondan a Normas técnicas reconocidas internacionalmente.

En las condiciones de adquisición también deberán citarse -entre otras- las siguientes características:

- Tensión nominal y máxima de servicio.
- Tipo de instalación (interior o intemperie).
- Disposición de fases (monopolar o tripolar).
- Número de barras.
- Frecuencia nominal.
- Niveles de aislación (impulso atmosférico y de maniobra y tensión de prueba a frecuencia de régimen).
- Corrientes nominales de las barras principales o colectoras y de las derivaciones.
- Corrientes de cortocircuito.
- Valores nominales de cada uno de los componentes.
- Detalles de conexiones de alta tensión (cable subterráneo, línea aérea, etc.).
- Detalles especiales de enclavamientos.
- Tensiones de servicios auxiliares.
- Ensayos a que serán sometidas las GIS.
- Lista de repuestos.
- Otras, según usos y costumbres del comprador y/o particulares de la instalación (Ejemplo: Planillas de Datos Técnicos Garantizados).

Para nuestro caso se eligieron celdas de distribución secundaria aisladas en gas 8DJ y 8DH del fabricante Siemens las cuales e importaron de Alemania.

## **6.2 Pruebas**

Se realizan diversas pruebas a las Subestaciones MV-GIS previos a su funcionamiento industrial. Escapa a los alcances de este trabajo los detalles de la realización práctica de cada uno de los ensayos y sus fundamentos teóricos, que merecen por su importancia un tratamiento específico particular. Como todo equipo eléctrico de alta tensión, existen también para los MV-GIS distintos tipos de ensayos que permiten verificar su adecuado funcionamiento conforme a la requisitoria técnica y/o normas sobre la materia.

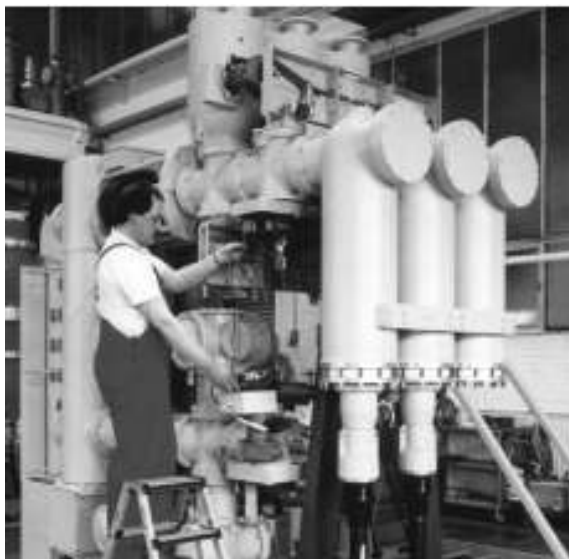
Estos ensayos se agrupan básicamente en:

- Ensayos de tipo.
- Ensayos de recepción.
- Ensayos en obra.

Si se trata de un equipo prototipo -sin antecedentes de fabricaciones iguales o similares- los Ensayos de Tipo deben realizarse, por obvias razones, en un laboratorio independiente del fabricante. Las Normas de construcción de las MV-GIS indican los ensayos a los que deben ser sometidos el conjunto de la Subestación y cada uno de los módulos componentes de las distintas celdas.

Los ensayos a realizar sobre los interruptores, seccionadores, transformadores de medición, descargadores de sobretensiones, terminales, no difieren mayormente de los que se realizan para estos equipos cuando se utilizan para conformar una AIS. Lo mismo es válido para los sistemas asociados de servicios auxiliares, de comando y control, protecciones y mediciones.

Los ensayos que se realizan generalmente son los siguientes, aclarándose que entre el comprador y el fabricante pueden suprimirse algunos o pautarse otros. También se entiende que los equipos deben estar completos y en condiciones de funcionamiento.

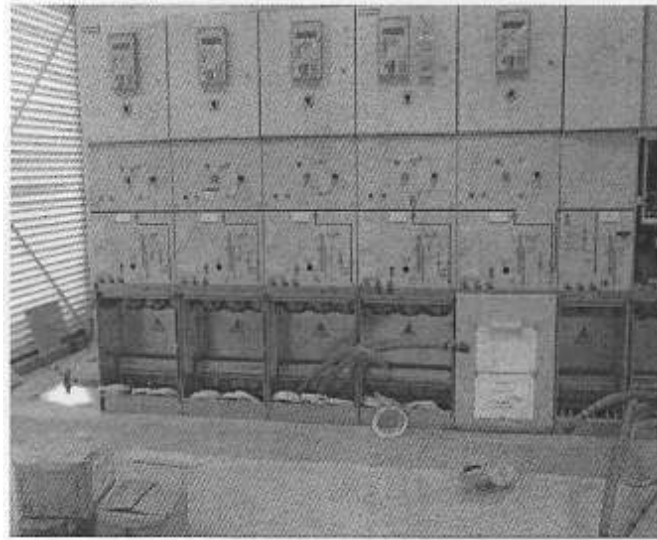


*Figura 6.1.* Operario realizando medidas de ensayo de recepción en una MV-GIS de distribución primaria.

### **6.2.1 Pruebas de Tipo.**

- Ensayo de tensión de impulso atmosférico.
- Ensayo de tensión de impulso de maniobra.
- Ensayo de tensión a frecuencia industrial.

- Ensayo de descargas parciales.
- Ensayo de arco interno.
- Ensayo de los circuitos principales y de tierra a las corrientes de cortocircuito.
- Ensayo de tensión de radio interferencia.
- Ensayo de calentamiento.
- Ensayo dieléctrico de los circuitos auxiliares.
- Ensayo de prueba del encapsulado. Sobrepresión del gas SF<sub>6</sub>.
- Ensayo de fugas de gas SF<sub>6</sub>.
- Ensayo de desgaste mecánico.
- Ensayo de verificación de resistencia del circuito principal.
- Ensayos sobre componentes: interruptores, seccionadores, transformadores de medición, descargadores de sobretensiones, terminales, de acuerdo con las Normas respectivas.



*Figura 6.2.* Maniobras para instalación de celdas y pruebas de recepción de celdas 8DJ y 8DH.

### **6.2.2 Pruebas de recepción.**

- Ensayo de tensión a frecuencia industrial.
- Medición de la resistencia del circuito principal.
- Ensayo de tensión de circuitos auxiliares.
- Ensayos de funcionamiento mecánico.
- Ensayos de detección de fugas de gas SF<sub>6</sub>.
- Ensayo de dispositivos auxiliares varios.

- Control del cableado de baja tensión.
- Ensayo de hermeticidad de módulo y MV-GIS completo.
- Ensayo de pintura y galvanizado.
- Ensayos sobre componentes: interruptores, seccionadores, transformadores de medición, descargadores de sobretensiones, terminales, de acuerdo con las Normas respectivas.



*Figura 6.3.* Maniobras para pruebas e instalación de celdas en SF<sub>6</sub>.

### **6.2.3. Pruebas en obra.**

- Ensayo de tensión de circuitos principales.
- Ensayo de la verificación de resistencia del circuito principal.
- Ensayo de tensión de circuitos auxiliares.
- Ensayo de detección de fuga de gas SF<sub>6</sub>.
- Ensayo de medición del contenido de humedad del gas SF<sub>6</sub>.
- Ensayo de verificación de no circulación de corrientes sobre cubiertas metálicas.
- Ensayos sobre componentes: interruptores, seccionadores, transformadores de medición, descargadores de sobretensiones, terminales, de acuerdo con las Normas respectivas.

Las pruebas indicados -tipo, recepción y obra- sirven como guía, aunque es recomendable que entre comprador y fabricante se establezcan contractualmente en coincidencia con alguna norma internacional reconocida. Del mismo modo, los ensayos en

obra de las MV-GIS deben formar parte de los ensayos de conjunto de todas las instalaciones, previos a la energización.

### 6.3 Montaje y mantenimiento

Las Subestaciones MV- GIS están diseñadas para ser instaladas en interior, dentro de edificios, o a la intemperie. En este caso pueden ser instaladas bajo cualquier condición ambiental:

- Polución industrial.
- Proximidad del mar.
- Clima extremo.
- Temperatura máxima.
- Zona sísmica.
- Altitud elevada.

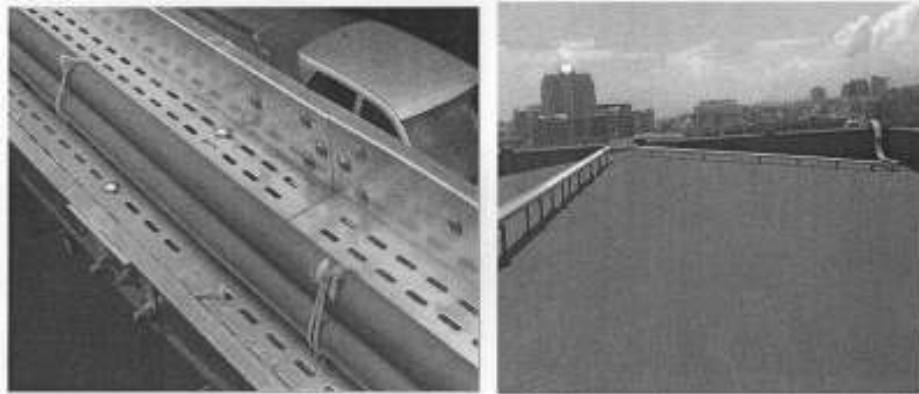
Hasta tensiones nominales de 24kV, una de las ventajas que tienen las Subestaciones MV-GIS respecto de las AIS es que los distintos campos (celdas) que conforman la Subestación salen totalmente armados y ensayados de la fábrica en forma individual. Así se transportan y llegan a la obra. Para tensiones 100kV y por consideración de las exigencias para el transporte marítimo y terrestre, los campos (celdas) de las MV-GIS se separan en un mínimo de componentes, manteniendo así las ventajas de montaje respecto de las AIS.



*Figura 6.4.* Maniobras para canalización del cableado XLP de media tensión de la nueva subestación.

Una vez en obra, los distintos campos (celdas) se instalan sobre el piso y se aseguran a él. Luego se interconectan mecánica y eléctricamente entre sí (Alta tensión) y a sus sistemas auxiliares (baja tensión).

La instalación de las MV-GIS de distribución secundaria guarda analogía con la que se realiza para el montaje de celdas de distribución primaria. Resulta útil contar con un puente grúa para facilitar las tareas de montaje. En instalaciones de interior este puente grúa se deja instalada permanentemente para ser utilizado en futuras ampliaciones o eventuales reparaciones.



*Figura 6.5.* Maniobras para instalación de charola para cableado de media tensión de la subestación.

Si es posible, resulta óptimo que el vehículo de carga que trae la celda pueda ingresar dentro del radio de acción del puente grúa. De esta forma la celda en cuestión, es levantada por el puente grúa y trasladado por el mismo hasta su ubicación definitiva, donde se ancla al piso.

Las distintas celdas, conformados por sus diversos elementos constitutivos de corte, medición, etc., están soportados por estructuras metálicas de acero que, a la vez que colaboran con el armado y soporte la celda, proporcionan el medio para fijarlos al piso. Posteriormente se montan los módulos de empalme o conexión que interconectan las distintas celdas con otros equipos externos: líneas aéreas, líneas subterráneas, transformadores de potencia, etc.

Durante todo el proceso de montaje es recomendable mantener un ambiente adecuado capaz de garantizar la imposibilidad de que partículas sólidas -de cualquier tipo- ingresen a equipos o ductos que posteriormente serán llenados con gas SF<sub>6</sub>. De este modo se evita la



posibilidad que ciertas partículas reaccionen con dicho gas y puedan eventualmente provocar la disminución del poder aislante del mismo. Lo mismo que se indica para las partículas sólidas es totalmente válido para evitar el ingreso de agua y/o humedad, que degradan el gas SF<sub>6</sub>.

Una vez armada la Subestación y antes del proceso de realización de las pruebas en obra, se revisan visualmente para prevenir posibles fugas o daños ocasionados a las celdas durante el transporte.



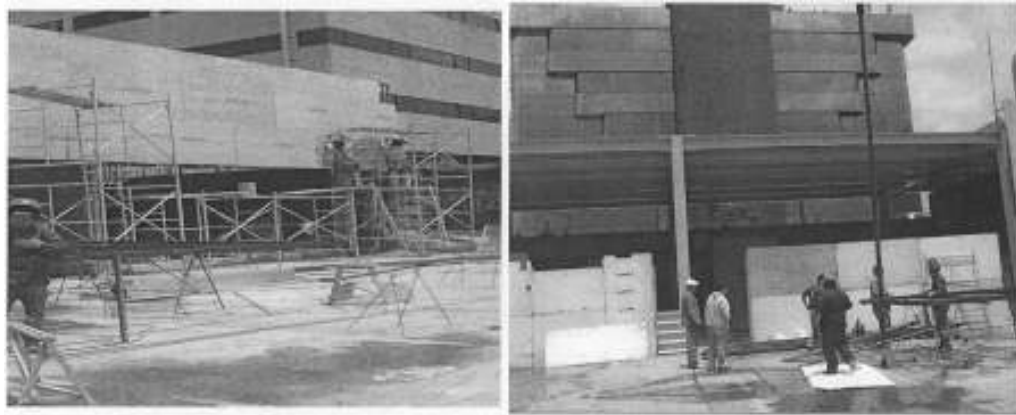
*Figura 6.6.* Ruta de charola de aluminio en aéreas con gran densidad de construcción.

#### **6.4 Obras civiles y pruebas del sistema.**

Como se indicó en los Capítulos precedentes, las subestaciones MV-GIS pueden ser de dos tipos:

- Para uso en intemperie.
- Para uso interior.

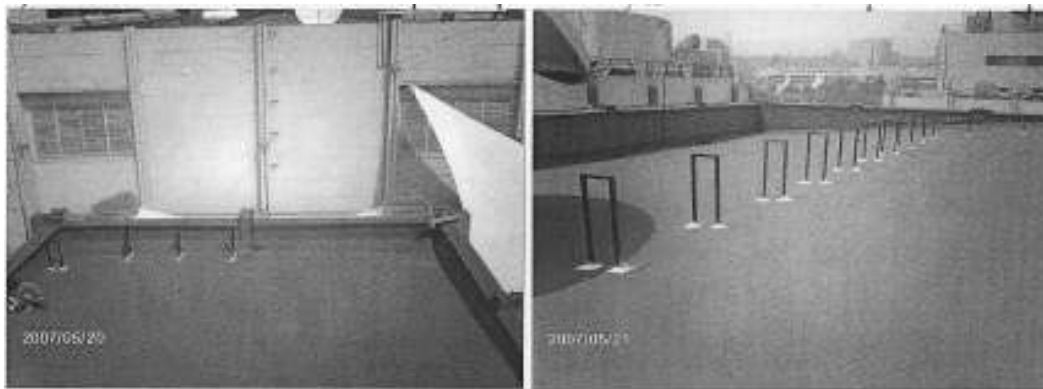
Cada proyecto amerita un análisis particular, de la misma forma que se lo hace con una Subestación AIS. Se evalúa el terreno que se dispone, los electroductos aéreos y/o subterráneos para el conexionado de alta tensión y las condiciones ambientales. En general -salvo en condiciones muy especiales de polución- las Subestaciones MV-GIS pueden instalarse indistintamente en intemperie o interior.



*Figura 6.7.* Maniobras para acondicionar el cuarto general de control de la subestación en anillo.

Por supuesto que cada tipo de instalación plantea distintas variantes por sus necesarias instalaciones complementarias asociadas, tales como los sistemas de servicios auxiliares, comando y control, protecciones, mediciones, etc.

Independientemente del tipo de instalación -intemperie o interior- hay elementos comunes a considerar. Los más importantes son facilitar las tareas de montaje y mantenimiento y permitir una fluida circulación vehicular y peatonal en sus alrededores.



*Figura 6.8.* Maniobras para canalización del cableado de media tensión de la subestación.

No debe olvidarse que las Subestaciones MV-GIS se van conformando como si se tratara de un “mecano” (juguete que permite realizar variadas construcciones) y, por lo tanto, su obra civil debe cumplir con tal requisito. Fundamentalmente, permitirá agregar y sacar campos (celdas) y/o elementos de los mismos sin necesidad de cortes innecesarios de energía para toda la Subestación.

Un elemento fundamental para lograr el cometido mencionado lo constituyen los puentes grúa de recorrido longitudinal al conjunto de celdas que componen la Subestación. Estas grúas que son fundamentales para instalaciones en interior pueden reemplazarse por grúas de pluma convencionales en las instalaciones de intemperie. En este último caso, se deberá prever la superficie necesaria para el desplazamiento de la grúa, que en muchos casos constituye un serio problema cuando se trata de terrenos escarpados o de áreas reducidas. Este tipo de arreglos generalmente se utilizan en MV-GIS de distribución primaria debido a sus dimensiones y no es tan común en MV-GIS de distribución secundaria.

Otro elemento a tener en cuenta especialmente en el diseño de las obras civiles lo constituye la salida de cables subterráneos de alta tensión. En la actualidad se utilizan mayormente cables unipolares de aislamiento seco de XLP (Elastómero reticulado), cuyo radio de curvatura es función de su tensión de servicio (kV) y su sección nominal (mm<sup>2</sup>). El módulo de empalme o conexión de cables del campo (celda) correspondiente, normalmente permite la salida vertical y hacia abajo. No obstante se puede solicitar que esté direccionado en cualquier otro sentido, según las necesidades de cada caso particular.

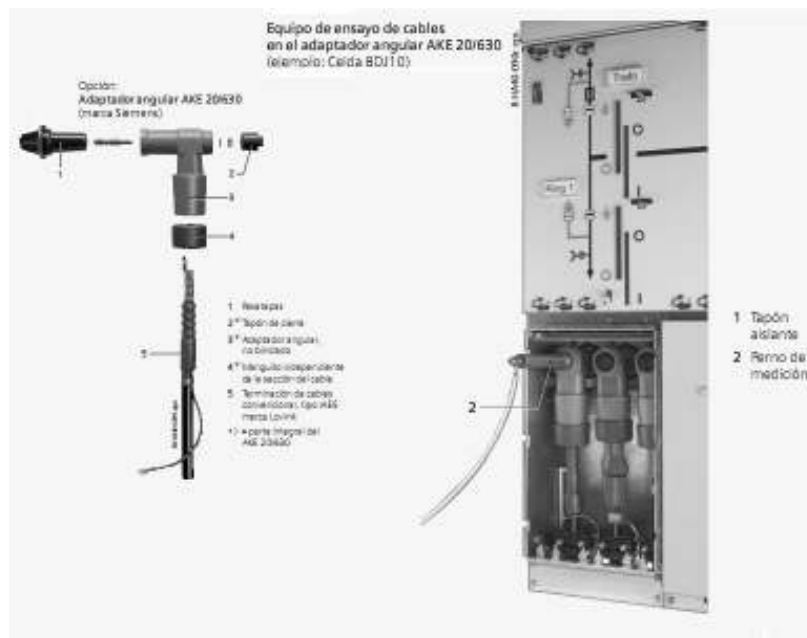


Figura 6.9. Detalle de la conexión del cable XLP a las celdas.

Para el caso más común de la salida vertical y hacia abajo de los cables subterráneos de alta tensión, hay que considerar que bajo el piso de la sala donde se ubica la Subestación

MV-GIS los cables de alta tensión deben tener la posibilidad de cambiar de dirección; por ejemplo: pasando de un eje vertical a uno horizontal. En este caso, el radio de curvatura del cable considerado determinará la altura del piso o canal de cables situado inmediatamente inferior al piso donde se ubica la Subestación.



*Figura 6.10.* Pruebas finales del sistema en anillo.

Cuando las necesidades obligan a considerar más de un cable de alta tensión por fase (2, 3,...) es posible que la mejor solución sea llevar, mediante módulos prolongadores horizontales y verticales, el módulo de empalme o conexión hasta una posición horizontal ubicada en el piso inferior mencionado.



*Figura 6.11.* Pruebas de planta de emergencia de 2000 kW.

Normalmente, cuando se trata de subestaciones de interior y tensiones hasta 100kV, el edificio se desarrolla en tres pisos: planta baja, planta alta y subsuelo. En el presente proyecto no fue necesario grandes aéreas de construcción debido a las dimensiones reducidas de las celdas. En la figura 6.10 puede apreciarse el arreglo de 9 celdas 8DH10 Siemens y puede observarse que ocupan un área muy reducida comparada con las subestaciones seccionadoras que se utilizaban años atrás.



*Figura 6.12.* En la imagen se observan las dimensiones reales de una celda 8DH10 Siemens además de apreciarse la diferencia de tamaño con respecto una gabinete seccionador clásico aislado en aire (AIS).

El ancho del pasillo que media entre las distintas celdas componentes de la Subestación MV-GIS y sus tableros de comando y control y protecciones enfrentados y en correspondencia, debe proyectarse de tal modo de permitir la máxima facilidad para desarrollar tareas de mantenimiento. Por ese pasillo circularán equipos tales como el carrito del equipo de evacuación y llenado de gas SF<sub>6</sub> y el carrito extractor del contacto móvil de los interruptores cuando éstos están dispuestos en posición horizontal. La experiencia indica que considerar un ancho no inferior a 2.50m resulta óptimo.

También tienen importancia las distancias siguientes:

- Eje de módulo de empalme o conexión de cables subterráneos a pared trasera del edificio. Debe permitir fundamentalmente el conexionado de los cables de alta tensión a los módulos respectivos de la MV-GIS y la realización de los ensayos de los cables. Esto se agrava cuando se trata de cables de alta tensión con aislamiento

en aceite que deben llevar asociados a sus terminales equipos de compresión y compensación del aceite aislante. Se sugiere adoptar en todos los casos una distancia no inferior a 1,50 m.

- Pared de entrada a primer celda: Debe permitir el movimiento de equipos de montaje y de ser posible la entrada parcial del vehículo que transporta los distintos campos completos de la GIS hasta una zona en que los pueda maniobrar el puente grúa.
- Pared final del edificio hasta último campo celda: Debe permitir las futuras ampliaciones que determine el estudio eléctrico del usuario, de modo que no haya que hacer más obras civiles con la Subestación en funcionamiento.



Figura 6.13. Pruebas del sistema de monitoreo del sistema eléctrico en anillo en 23kV.

Para Subestaciones MV-GIS que se instalan a la intemperie, el diseño de la obra civil deberá considerar los mismos tópicos que para una Subestación AIS: canales de cables, drenajes de aguas, iluminación, etc.

## 6.5 Detalles finales de la instalación

El plano IE-05 es una representación isométrica de la trayectoria del cableado de la nueva subestación a través de los diferentes edificios del terreno donde se realizó la instalación, dicha trayectoria sirvió como guía para la instalación de la charola que es la canalización del cable de XLP de alta tensión.

Plano IE-05

## 6.6 Mantenimiento

Las MV-GIS requieren un mantenimiento mínimo debido a su envolvente hermética, sumado a que el gas  $\text{SF}_6$  es un gas inerte sin envejecimiento y que además no ataca a los materiales con los cuales está en contacto y tampoco se altera por ellos.

Las pérdidas anuales de  $\text{SF}_6$  se garantizan como menores al 1 % por módulo. Estas pérdidas pueden ser compensadas con cargas adicionales que se realizan con la Subestación en servicio. Los órganos de maniobra -interruptores, seccionadores, palancas externas- deben recibir un mantenimiento similar al de los equipos convencionales instalados en una Subestación AIS.

Cada usuario, según sus costumbres, determina la forma y el momento para hacer el mantenimiento, pero es común considerar que en condiciones normales solo debe procederse a “verificaciones de rutina”. Resulta importante destacar que las celdas 8DH10 requieren mínimo mantenimiento y que ésta es una de las ventajas que presentan frente a las AIS. Por lo tanto, las prácticas de mantenimiento que se aplican a las AIS no son de aplicación en las MV-GIS.

Para las verificaciones de rutina existen diversos equipos e instrumentos, además de los que forman parte intrínseca de las celdas como son los indicadores de densidad/presión. Entre los equipos más comunes se citan los siguientes:

- Medidor de humedad y punto de rocío del gas  $\text{SF}_6$ .
- Medidor de aire en el gas  $\text{SF}_6$ .
- Medidor de productos de descomposición del gas  $\text{SF}_6$ .
- Detector de fuga de gas  $\text{SF}_6$ .
- Equipo de recarga y evacuación de gas  $\text{SF}_6$ .

En el capítulo 2 se trataron las características que debe poseer este gas para ser considerado apto para su uso. También es importante disponerse en depósito garrafas de gas  $\text{SF}_6$  para eventuales reposiciones. Su almacenamiento no significa ningún problema especial, pero siempre se debe tener presentes las reglas de higiene y seguridad industrial de aplicación en el sitio de la instalación, fundamentalmente en lo que hace a la ventilación del local.