

## Capítulo

# V

## ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN DE LA SUBESTACIÓN.

Tomando en cuenta que las subestaciones eléctricas son un elemento importante de los sistemas eléctricos de potencia, además de ser los de mayor costo económico, y que la continuidad del servicio depende en gran parte de estos equipos; es necesario aplicar a estos sistemas (subestaciones) un adecuado trato en cuanto a instalación, operación y mantenimiento.

Al tratarse de una instalación provisional, se decidió tomar en cuenta las indicaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM 001 SEDE 2005 Instalaciones Eléctricas (utilización). (Art. 305 Instalaciones Provisionales), para garantizar las condiciones de seguridad y buen funcionamiento de todos los usuarios, equipos y dispositivos a instalar.

### 5.1 DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE DE LA SUBESTACIÓN

Se trata de una subestación compacta tipo espejo, fabricada con lámina de acero decapada calibre 12 para la estructura y calibre 14 para las tapas, terminada con pintura de aplicación electrostática. En la figura 5.1 se muestra el diagrama de la subestación eléctrica empleada. El gabinete contiene en su interior:

- Dos juegos de cuchillas de paso de operación sin carga. Operada desde el frente por medio de un mecanismo de palanca. Se suministra con mecanismos de puesta a tierra para mantenimiento.
- Dos apartarrayos auto valvulares de Óxido de Zinc, clase 25 kV.
- Dos seccionadores de operación con carga de accionamiento rápido, disparo tripolar, operado desde el frente. Barra principal de cobre electrolítico para 400 A, además de la barra de tierra.
- Dos juegos de fusibles de 63 A, clase 25 kV.

- Acoplamiento a transformador, con dos transformadores trifásicos de 500 / 1050 kVA cada uno, a una tensión de 23/0.460/ 0.277 kV; del tipo seco y enfriado por aire forzado.
- Dos tableros B / T.

Para el montaje de la subestación eléctrica, inicialmente se definió la zona y el área a ocupar; esto debido a la ubicación de la acometida proporcionada por la compañía suministradora, para que su conexión fuese más sencilla, se dividió en dos secciones quedando la acometida en el centro de la subestación, para la distribución a ambos transformadores.

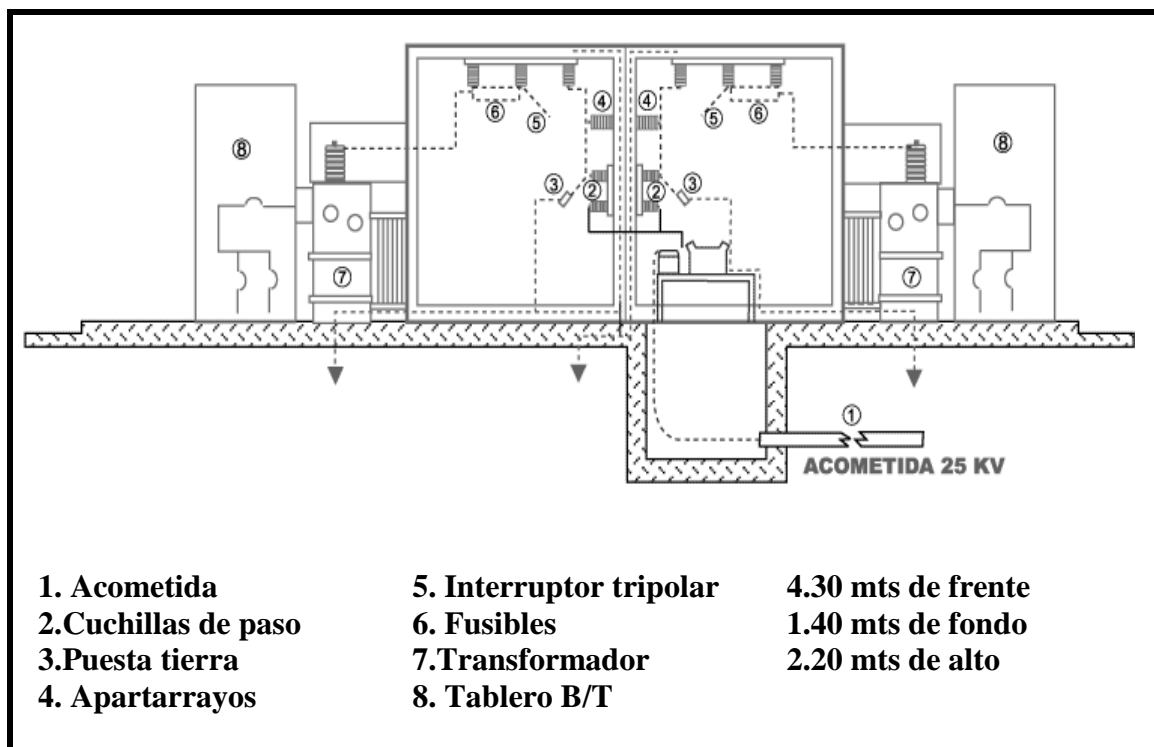


Figura 5.1 Diagrama de la subestación super compacta lobo 2000. (Información recabada 2009).

Posteriormente se procedió a la conexión de los dos transformadores, equipo de medición proporcionado por la Cía. suministradora, sistema de tierras y tableros de protecciones.

Como paso final todo se resguardó en un local provisional montado en la plancha del zócalo. La figura 5.2 ilustra el proceso del montaje de la Subestación Eléctrica en la plancha del zócalo de la ciudad de México.

De acuerdo a la clasificación antes mencionada en el texto y a la descripción del montaje, podemos colocar a nuestra subestación bajo las siguientes condiciones:

- Subestación Eléctrica de Corriente Alterna.- Por la acometida de la Cia. suministradora.
- Subestación Eléctrica Reductora.- Reducimos la tensión de operación de 23 kV a 460V/270V.

- Subestación Eléctrica Interior Compacta.- Todos los accesorios y equipo que la integran, tales como barras, cuchillas, interruptor etc., se encuentran contenidos en gabinetes de lámina estirada en frío, están diseñados para estar dentro un local que los proteja de los agentes atmosféricos, dichos gabinetes se encuentran aislados de las partes vivas y conectados sólidamente a tierra.



Figura 5.2 Proceso de montaje de la subestación eléctrica. (Información recabada 2009).

### 5.1.1 TIPO Y SISTEMA DE SUMINISTRO.

El sistema eléctrico debe ser trifásico de la red primaria de media tensión 23 kV, se coloca a una distancia de 40 m aproximadamente de la subestación; de acuerdo a la ubicación de las cargas principales, la trayectoria del conductor para cada transformador se realizó, por un lado, sobre charola de .2286 m y .4064 m tendida sobre el piso en soportes de PTR cuadrado anclados con cargas para pistola de impacto hilti, la charola de .2286 m se empleo para los disparos de los tableros de protección para cada una de las máquinas de enfriado, las de .4064 m para la salidas de la subestación ya que es en este lugar en donde se concentran la mayor cantidad de conductores. Del lado opuesto se hizo de modo subterráneo y posteriormente sobre charola de .2286 m, esto debido a un cruce de automóviles y del carro emparejador de hielo (Ver Anexo D).



Figura 5.3 Acometida de Cia suministradora y distribución en charola. (Información recabada 2009).

### 5.1.2 PUNTO DE CONEXIÓN.

Se cuenta con una acometida en 23 kV, de la compañía suministradora, de un alimentador de energía eléctrica que se ubica en la esquina de las calles de 16 de Septiembre y 20 de Noviembre, esta se conecta a una línea en 23 kV. El alimentador esta tomado de una línea preferente con transferencia automática para garantizar el suministro de la alimentación eléctrica. Se recibirá en un registro ya existente para este fin, orientado hacia la plancha de la Plaza de la Constitución. La figura 5.4 muestra el punto de conexión de la compañía suministradora.



Figura 5.4 Acometida y punto de conexión de Cía. Suministradora. (Información recabada 2009).

Para realizar la conexión se debe tener en cuenta lo siguiente: con las cuchillas y seccionadores que alimenta a los transformadores en la posición abierto, se debe tener un cuidado especial con la secuencia de fases, para las conexiones con los tableros principales de baja tensión y la acometida de la compañía suministradora de la energía.

- a. Realizar la conexión de los cables de acometida de acuerdo a los requerimientos de la compañía suministradora de energía. Verifique, que la secuencia de fases sea la correcta.
- b. Verificar la conexión a los transformadores con la subestación y los tableros de baja tensión. Verificar que las conexiones de los transformadores se encuentren debidamente conectadas para la Tensión de operación. Adicionalmente verificar que las uniones entre barras colectoras, terminales se encuentren bien apretadas.
- c. Asegurarse que el apriete de las conexiones eléctricas sea el correcto y uniforme.
- d. Realizar una revisión general a las terminales para verificar que no se ha quedado olvidado sobre ellas algún material extraño.
- e. Corroborar que el cambiador de derivaciones este colocado en la posición nominal.
- f. Limpiar todas las uniones eléctricas.
- g. Para finalizar, colocar los candados en las manijas de las puertas de los módulos, para asegurarlas que no sean abiertas indebidamente.

### 5.1.3 MATERIALES EN LA SUBESTACIÓN.

La acometida en media tensión se alimenta con conductores de calibre 1/0 AWG tipo XLP de acuerdo a especificación de la compañía suministradora. La subestación esta compuesta por un sistema de apartarrayos auto valvulares de Óxido de Zinc, clase 25 kV, adicionalmente dos juegos de cuchillas de paso tripolar de operación en grupo



sin carga, clase 25 kV, así como seccionadores tripolares en operación en grupo con carga, y con portafusibles con elementos de 63 A, clase 25 kV. Véase figura 5.5 donde se ilustra un interruptor tripolar.

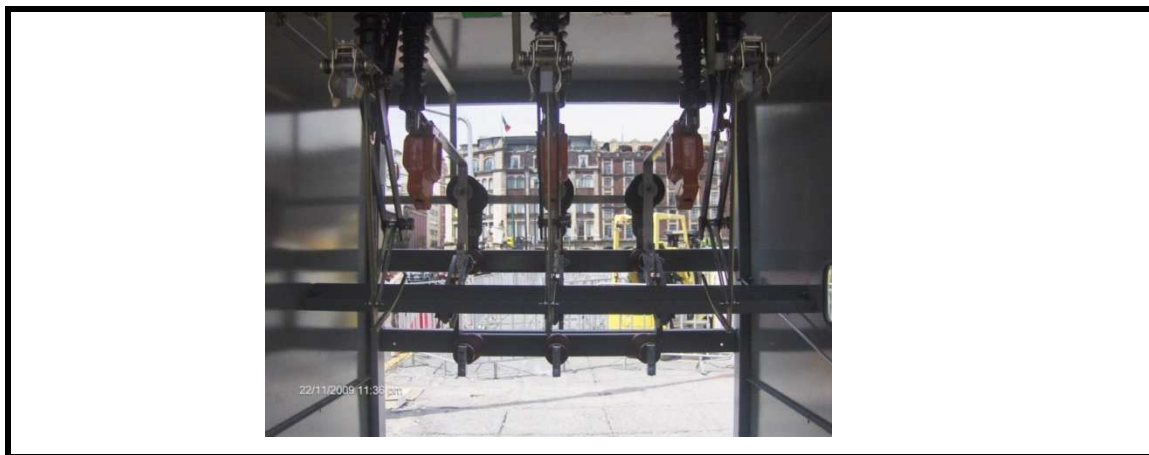


Figura 5.5 Interruptor Tripolar (Información recabada 2009).

#### 5.1.4 ARREGLO DE LA SUBESTACIÓN.

Se cuenta con una subestación tipo espejo para recibir la acometida de 23 kV que se deriva a sus extremos en dos transformadores tipo seco con aire forzado de 750/1050 y 500 kVA respectivamente, a 23 / 0.460 - 0.266 kV de capacidad, que alimentará dos tableros de baja tensión a 460 Volts, que suministran energía eléctrica a los respectivos equipos de congelación y enfriamiento, “maquina de enfriado”. (Ver diagrama unifilar Anexo D).

#### 5.2 OPERACIÓN DE LA SUBESTACIÓN.

Una subestación compacta tiene la capacidad de operar contra cualquier falla de funcionamiento en condiciones normales de operación. Para garantizar un trabajo continuo y satisfactorio del equipo, libre de interrupciones y una prolongada vida útil, se sugieren las siguientes recomendaciones.

##### 5.2.1 INSPECCIÓN FÍSICA.

Antes de que cualquier trabajo sea hecho en una subestación, es necesaria una inspección cuidadosa de todos los componentes externos para descubrir alguna evidencia de maltrato o daño. Esta inspección debe incluir una revisión de que todas las partes estén correctamente montadas.

Acciones que se deben considerar:

- a. Revisar que las puertas cierren correctamente, ajustarlas en caso de ser necesario.
- b. Verificar el funcionamiento de los interruptores de alta tensión, que esté operando correctamente, observando al conectarlo y desconectarlo varias veces, si los contactos móviles entran y salen libremente en las cámaras de arqueo; sí el

movimiento se realiza libremente y si los tres polos operan en grupo. Revisar también, si el disparo mecánico acciona o desconecta el interruptor.

- c. Revisar los contactos de las cuchillas de servicio o de prueba, observando que exista buen contacto entre partes fijas y móviles. Accionar la palanca respectiva observando que la operación de conexión y desconexión en grupo se realiza con relativa facilidad.
- d. Colocar los fusibles en las bases portafusibles de la parte inferior del interruptor, observando que se encuentre en la posición correcta, es decir, con el extremo del percutor hacia arriba, para que en caso de corto circuito al fundirse cualesquiera de los fusibles accione el percutor correspondiente que dispara automáticamente el interruptor, evitando la operación monofásica. Observe que las mordazas de presión de los portafusibles tengan el adecuado contacto. La colocación y extracción de los fusibles debe hacerse cuidadosamente ya sea manualmente (con guantes) o por medio de una herramienta adecuada que debe ser aislada para proteger al personal.
- e. Realizar una revisión general a las barras para verificar que no se ha quedado olvidado sobre ellos algún material extraño.
- f. Hacer la limpieza con un trapo limpio y seco de todas las partes internas de la subestación, sobre todo de aquellas partes aislantes como aisladores y apartarrayos hasta que queden completamente limpios.
- g. Realizar una inspección visual general de los transformadores que se acoplarán antes de poner en marcha.
- h. Corroborar que la placa de datos coincida con los requerimientos de instalación, como lo son capacidad, tensión, fases, etc.
- i. Colocar sus accesorios en su lugar definitivo (gabinete de accesorios):
  - Fusibles de Repuesto
  - Tarimas
  - Extintor
  - Pértiga

### 5.2.2 PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO.

Se recomienda como mínimo realizar las siguientes pruebas en campo:

- a.Pruebas de cuchillas seccionadoras**
- b.Pruebas a interruptor de alta tensión**
- c.Prueba de resistencia de aislamiento a la subestación.**

Una vez instalada la subestación y antes de conectarla a la red de suministro de alta tensión, verificar la apertura y cierre de las cuchillas seccionadoras cuidando que operen de forma adecuada, así como el interruptor de AT. La rigidez de aislamiento de la misma en todos sus componentes. Esta prueba puede lograrse empleando un

Megohmetro para medir resistencia de aislamiento de las barras principales a tierra, la de los apartarrayos, etc.

Mientras se realiza esta prueba debe tenerse en cuenta que la resistencia del aislamiento varía considerablemente con las condiciones atmosféricas así como, con la humedad y limpieza del equipo que se está probando, por lo tanto, indicaciones bajas podrían ser el resultado de fuga superficial sobre el medio aislante. Sin embargo, si el valor del aislamiento desciende de un mínimo absoluto de 100 Megaohms, es aconsejable, después de limpiar y secar cuidadosamente todas las superficies expuestas, comprobar cuidadosamente el equipo para revisar que aislamiento esta dañado. También es recomendable probarlos como verificaciones de que el equipo no sufrió daño durante el transporte, manejo o instalación.

### **5.2.3 PUESTA EN SERVICIO.**

Una vez instalada la subestación compacta de acuerdo con los puntos anteriores, se deberá verificar que las cuchillas de servicio o de prueba y el interruptor de alta tensión estén abiertos, al igual que el interruptor general y todos los derivados en baja tensión; tales verificaciones deben realizarse desde el exterior de la subestación, ayudado con una lámpara de mano y consistente en comprobar:

- a. Que el sistema de tierra esté conectado.
- b. Que las conexiones entre la subestación y el transformador y de éste al tablero de baja tensión sean las correctas.
- c. Está el cambiador de derivaciones en la posición deseada para proporcionar la relación de tensión deseada.
- d. Los fusibles estén correctamente conectados.
- e. Que en las barras no existe algún elemento extraño sobre ellos o el equipo de alta tensión.
- f. Las puertas están perfectamente cerradas y con candado.
- g. Todos los accesorios están correctamente instalados.

Se debe tener a la mano y utilizar guantes de hule garantizados y aprobados para la tensión de operación, casco con material plástico, tarima de madera con tapete aislante antiderrapante.

### **5.2.4 OPERACIÓN DEL EQUIPO.**

La secuencia para la operación del equipo contenido en la subestación se describe a continuación:

Seccionador Tripolar de operación con carga con porta fusible.



Operación:

- Restablecer movimiento completo de la posición 1 hasta 2, mediante el cual se carga el resorte del mecanismo de apertura de energía almacenada.
- Movimiento completo de la posición 2 hasta 1, mediante el cual se cierra el seccionador tripolar.
- Movimiento parcial desde la posición 1 en dirección a 2, mediante el cual se abre el seccionador tripolar. Una vez en posición abierta, el mecanismo retorna a 1. Véase figura 5.6

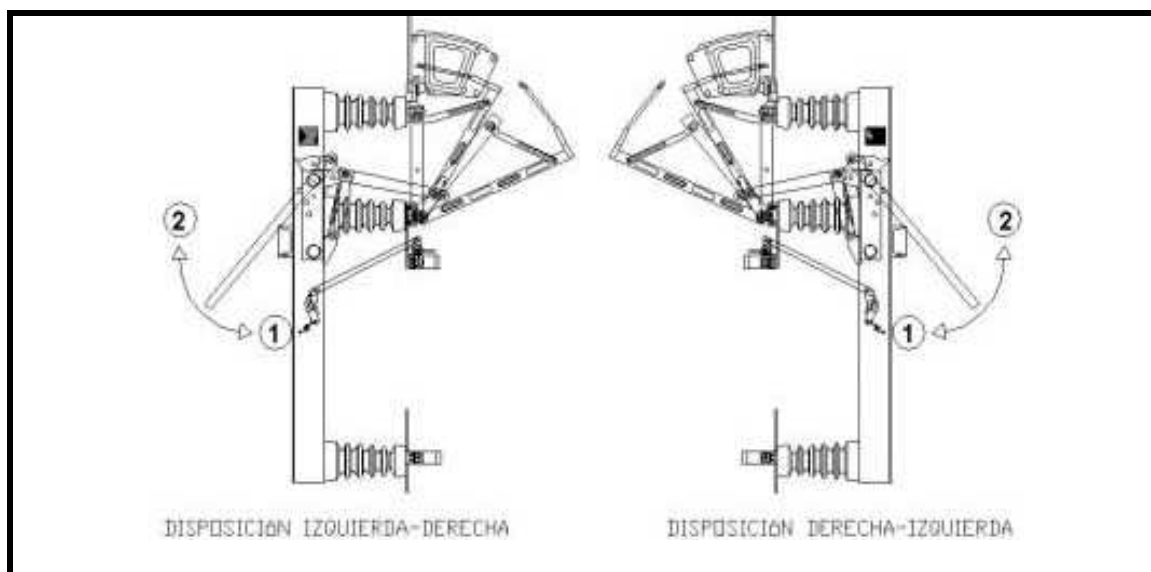


Figura 5.6 Operación del interruptor tripolar. (Manual de operación Zetrak, 2007)

Operación:

- Tome la palanca de operación y efectúe el movimiento lateral para pasar de posición abierto a cerrado con un movimiento franco y decidido hasta que la palanca halla cambiado de estado.
- Para la operación de apertura realice el movimiento contrario hasta que llegué la palanca al final de su desplazamiento.

**SIEMPRE REALICE LAS OPERACIONES CON UN MOVIMIENTO FRANCO Y DECIDIDO. NUNCA INTERRUMPA UN MOVIMIENTO YA INICIADO.**

**NOTA IMPORTANTE:**

**Asegúrese de maniobrar los equipos en la secuencia de operación sin carga (cuchillas) deberán solamente abrirse después de que haya sido desconectada la carga mediante los seccionadores tripolares con carga o interruptores.**

**Las cuchillas deberán ser cerradas antes de que haya sido conectada la carga mediante los seccionadores tripolares con carga o interruptores.**

### Cambio de Fusibles.

En este caso se debe realizar la siguiente operación:

- Desconectar la cuchilla de servicio comprobando anticipadamente que el interruptor quedó desconectado al fundirse algún fusible.
- Abrir la puerta del gabinete del interruptor y dejarla abierta por espacio de 15 a 20 segundos antes de realizar algún trabajo dentro de este tiempo (tiempo para desionizar del medio).
- En caso de que haya conectados o no cables de energía, es necesario descargar a tierra y entre fases los circuitos del lado de carga del interruptor, para eliminar la capacitancia que podría estar presente, en los cables mencionados o en el devanado primario del transformador.
- Antes de instalar el nuevo fusible es necesario investigar la causa de la falla y corregirse.
- Una vez montado el fusible, se procederá a cerrar las puertas y realizar los pasos para conexión del equipo.

Para energizar el tablero:

- a. Colocarse el casco y los guantes de alta tensión.
- b. Operar la manija de la cuchilla de servicio hacia donde indica cerrado.
- c. Para la operación del interruptor, se debe colocar la palanca de operación en el perno del accionamiento.
- d. Accione la palanca para cerrarlo de acuerdo a las instrucciones que se encuentran al frente del tablero.
- e. Al cerrar el interruptor, primeramente se cierran los contactos principales de fuerza, con esta operación se tensarán los resortes de cierre que actúa inmediatamente y el de apertura queda preparado para el disparo ya sea manual o al fundirse cualquiera de los fusibles.
- f. A continuación se deben tomar lecturas de la tensión secundaria del transformador en los instrumentos del tablero de baja tensión o con un voltímetro portátil, para verificar que la tensión sea la correcta. En caso afirmativo, se procederá a cerrar el interruptor general de baja tensión y progresivamente los interruptores derivados, una vez conectada la carga normal, deberán tomarse lecturas nuevamente para observar la tensión secundaria.

Para Desconectar el tablero:

- a. Si es necesario abrir el interruptor, se accionará la palanca de operación hacia abajo para disparo manual, quedando el accionamiento de disco libre.

- b. Fuera de Servicio: la subestación puede quedar automáticamente fuera de servicio debido a condiciones anormales de operación. Por ejemplo corto circuito, el interruptor en aire se dispara automáticamente al fundirse cualquiera de los fusibles, se puede observar a través de la mirilla de vidrio que el percutor del fusible se disparó, el cual debe sobresalir en la parte superior del fusible.

Mientras el transformador se energiza escuchará un ruido que es normal debido a la magnetización del núcleo, el cual debe ser uniforme. Si se escuchan ruidos tales como vibraciones, revise nuevamente las conexiones ya que deben estar flojas.

Comprobar con un voltímetro que se tenga la tensión nominal en las terminales de baja tensión, de no ser así, desconectar y poner el cambiador de derivaciones a la posición en que se entregue el valor más cercano a la tensión nominal. Posteriormente con el tablero de distribución energizado, cerrar su interruptor general y después cerrar los derivados uno por uno verificar que todo se encuentre normal. Después de energizar, observar de cerca el transformador durante las primeras horas para detectar cualquier evidencia de condición anormal.

#### Mecanismo de Puesta a Tierra.

La subestación cuenta con un sistema de puesta a tierra interconectado entre las cuchillas y los apartarrayos, el cual permite aterrizar las cargas residuales y tiene la finalidad de proporcionar más protección en el momento de efectuar cualquier mantenimiento. En la figura 5.6 se ejemplifica la operación de la cuchilla de puesta a tierra. (Manual de operación Zetrak, 2007)

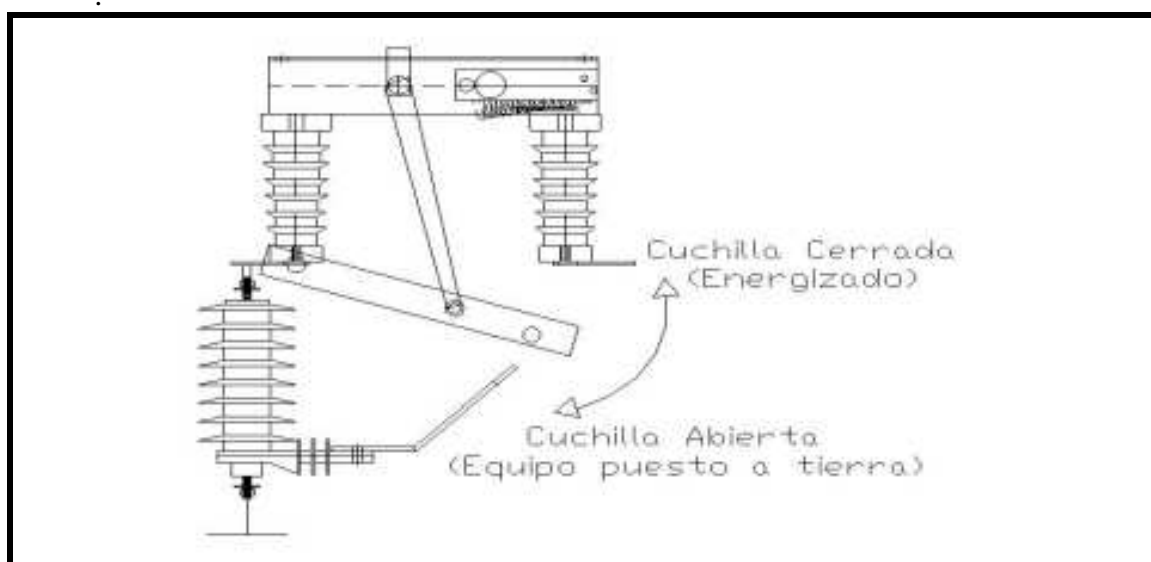


Figura 5.6 Operación de la cuchilla de puesta a tierra. (Manual de operación Zetrak, 2007)

#### Operación:

- Abra la el seccionador de operación con carga como se explica en su apartado correspondiente.

- Tome la palanca de operación y efectúe el movimiento lateral hacia abajo para pasar de posición de cerrado a abierto con un movimiento franco y decidido hasta que la cuchilla “cierre” en el mecanismo de puesta a tierra (barras de cobre aterrizadas debajo de los apartarrayos),
- Ya abierta la cuchilla de operación sin carga y en la posición de aterrizado, cerrar nuevamente el seccionador. De esta forma ya se aterrizó nuestro equipo y se descargó de cargas residuales.
- Volver a abrir el seccionador para efectuar el mantenimiento correspondiente. Para volver a cerrarlo siga las instrucciones de Puesta en servicio.

### **5.3 CONEXIÓN DE LA PLANTA DE EMERGENCIA.**

Debido a la naturaleza del servicio es necesario contar con planta de emergencia ya que es de suma importancia que se mantenga la temperatura del sistema. Sin embargo por cuestiones de economía la modalidad de operación utilizada es manual, lo cual consigna diferentes pasos para su aplicación de tal forma. Es muy delicado y de suma importancia la operación de este dispositivo.

#### **5.3.1 FORMA DE OPERACIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA.**

La operación de la planta eléctrica de emergencia es sencilla y puede funcionar en dos modalidades:

- Modalidad automática.
- Modalidad manual.

#### **5.3.2 OPERACIÓN AUTOMÁTICA.**

a) Los selectores del control maestro deben estar ubicados en la posición de automático. El control maestro es una tarjeta electrónica que se encarga de controlar y proteger el motor de la planta eléctrica.

b) En caso de fallar la energía normal suministrada por la compañía de servicios eléctricos, la planta arrancará con un retardo de 3 a 5 segundos después del corte del fluido eléctrico. Posteriormente la energía eléctrica generada por la planta es conducida a los diferentes circuitos del sistema de emergencia a través del panel de transferencia, a esta operación se le conoce como transferencia de energía.

c) Después de 25 segundos de normalizado el servicio de energía eléctrica de la compañía suministradora, automáticamente se realizará la re transferencia (la carga es alimentada nuevamente por la energía eléctrica del servicio normal), quedando aproximadamente 5 minutos encendida la planta para el enfriamiento del motor. El apagado del equipo es automático.

### 5.3.3 OPERACIÓN MANUAL.

En esta modalidad, se verifica el buen funcionamiento de la planta sin interrumpir la alimentación normal de la energía eléctrica. El selector de control maestro debe colocarse en la posición de “Manual”.

Como medida de seguridad para que la planta eléctrica trabaje sin carga (en vacío), se debe colocar el interruptor principal “Main” del generador en posición de apagado off.

#### **Pasos para la conexión manual.**

1. Antes de encender la planta eléctrica revisar:
  - a) Nivel de agua en el radiador.
  - b) Nivel de aceite en el cárter.
  - c) Nivel de agua en celdas de batería.
  - d) Nivel de combustible en tanque diario.
  - e) Verificar limpieza en terminales de batería.
2. Colocar el interruptor principal del generador “MAIN “en OFF.
3. Colocar los selectores de operación en el modo manual para arrancar la planta eléctrica.
4. Se pone a funcionar de esta manera por unos 10 minutos y se revisa lo siguiente:
  - a) Frecuencia del generador (60 a 61Hz).
  - b) De ser necesario se ajusta la tensión al valor correcto por medio del potenciómetro de ajuste.
  - c) Durante todo el tiempo que tarde la planta trabajando se debe estar revisando la temperatura del agua (180°F) presión de aceite (70 PSI) y la corriente de carga del acumulador (1.5 A).

La transferencia se realiza de forma manual mediante un arreglo similar a un interruptor de seguridad de doble tiro con un transfer o transferencia.