

*Estudio de Sistema de Tierras*  
**SECOVI<sup>®</sup>**



**Industria del ÁLCALI, S.A. de C.V.**  
**García, N.L.**  
**Planta Cloruro 38**

**At´n Ing. Armando Rivera Lira**  
Jefe de Mantenimiento Eléctrico e Instrumentación

*Junio del 2005*

# *Sistema de Tierras*

---

Se realiza la revisión del sistema de Tierras en Industria del Alkali Planta Cloruro 38 de acuerdo al alcance predeterminado en la propuesta correspondiente:

Los puntos de revisión del Sistema de Tierras en el área de la planta Cloruro 38 son los siguientes:

- ✓ Área de Subestación Cloruro 38 que comprende:
  - Transformador de 2000 KVA´s 13200//480 vca.
  - Tablero Principal
  - Transformador 1 de 15 KVA´s 480//220 vca.
  - Transformador 2 de 45 Kva´s 480//220 vca.
  - Transformador 3 de 30 Kva´s 480//220 vca.
  - Transformador 4 de 45 Kva´s 480//220 vca.
  - Transformador 5 (UPS) de 10 Kva´s 480//220 vca.
- ✓ Planta Sal que comprende.
  - Estructura metálica de Planta y motores.
- ✓ Torre de Enfriamiento de Planta Sal que comprende:
  - Estructura metálica y motores.
- ✓ Sistema de Pararrayos que comprende:
  - 2 Electrodo de tierra.

## *Antecedentes*

El presente estudio de tierras tiene la finalidad de revisar el estado actual del sistema de tierras de la Planta Cloruro 38, determinar las anomalías de la misma y revisar si la conexión del sistema de tierras es efectiva en base a las normas vigentes.

# *Sistema de Tierras*

---



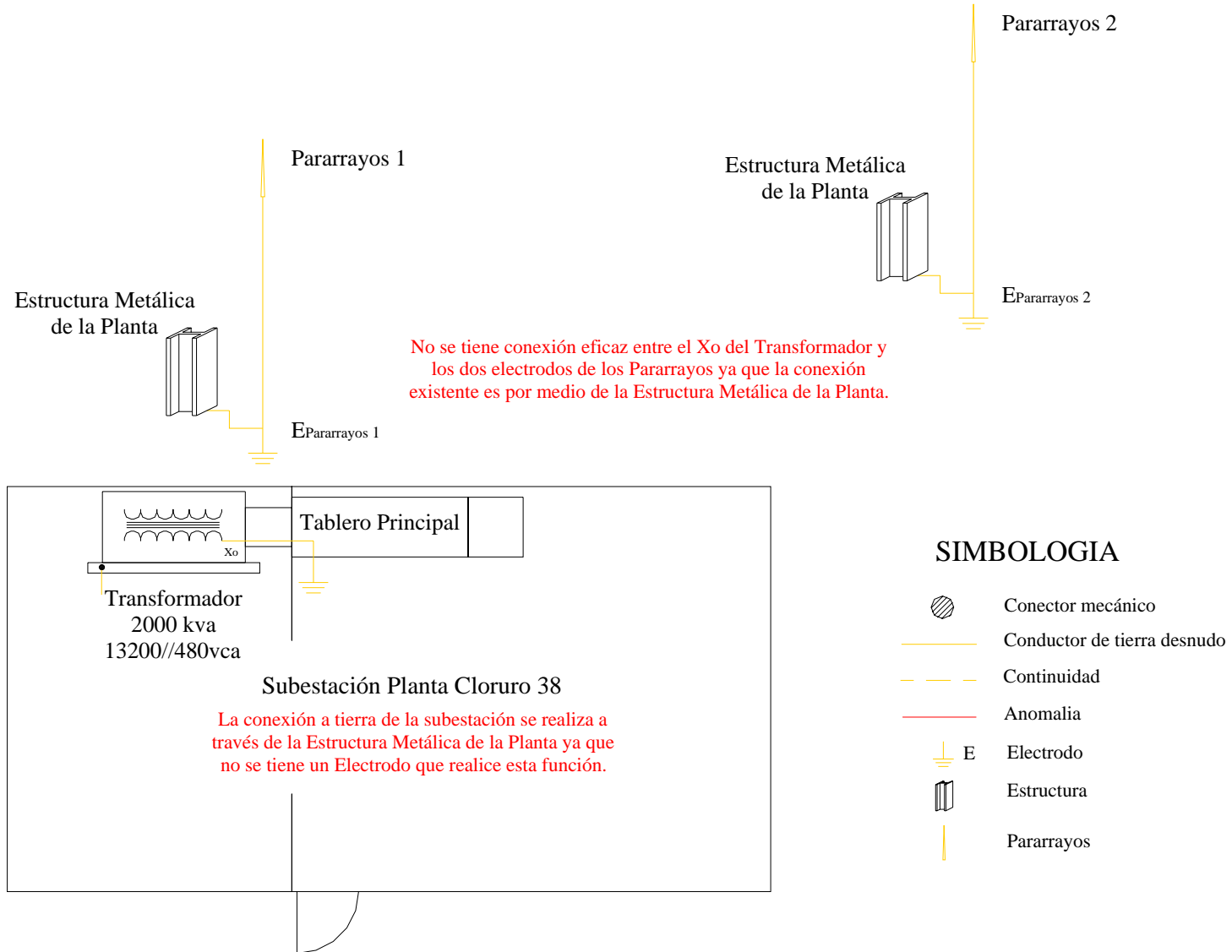
Planta Cloruro 38



Subestación Planta Cloruro 38

A continuación se mostrarán diagramas esquemáticos indicando el estatus actual de conexión para cada área revisada, posterior a cada esquemático vendrán los comentarios en base a norma.

# Sistema de Tierras



# Sistema de Tierras

Del esquemático anterior se indican los siguientes comentarios en base a norma.

- ✓ **El área de subestación no cuenta con electrodos de tierra (registros) que indiquen o realicen la interfase de conexión del sistema de tierras con el suelo**, solamente existen dos cables provenientes de la barra de tierras del Tablero Principal que se entierran en la base de concreto del mismo tablero, debido a esta situación se realizan pruebas de conexión a tierra en el Xo del Transformador y en los dos electrodos que existen en la Planta Cloruro 38 que se utilizan de forma exclusiva para conectar las bajadas de los pararrayos a tierra e interconectan la estructura metálica de la Planta.
- ✓ En la siguiente tabla se muestran los valores de resistencia a tierra tomada desde el Xo del Transformador de la Subestación y los dos electrodos de pararrayos de la Planta Cloruro 38, estos puntos se ponen a prueba con el Método de Caída de Tensión, con estos resultados se puede señalar si existe un sistema de tierras que efectué la conexión a tierra de la Planta Cloruro 38.

**Prueba de Resistencia a Tierra, Planta Cloruro 38, Equipo Ground Resistance Testers Model 4610**

Punto a Prueba	Xo de Transformador 2000 Kva	E1	E2
Resistencia del Sistema de Tierra (Ohms).	1.02	0.16	1.26

- ✓ Se puede observar que en la tabla anterior la conexión a tierra de los tres puntos a prueba, Xo del Transformador y los dos electrodos, **se encuentran dentro de norma NEC 250-56, NOM 250-84 y NOM 022 9.2 (d), ya que los valores registrados son menores a 25 Ohms. La diferencia en la lectura de los registros de medición de conexión a tierra de los puntos a prueba nos indica que los tres puntos a prueba no mantienen una conexión eficaz entre ellos.**

# Sistema de Tierras

- ✓ En la Subestación cloruro 38 no existe un registro de electrodo que nos indique una conexión a tierra del conductor puesto a tierra (*Conexión entre un electrodo designado para conectar a tierra el conductor Neutro o Xo del transformador*) y debido a que existen diferencias de conexión a tierra entre los tres puntos a prueba se llega a la conclusión de que actualmente **el sistema de conexión a tierra de la subestación de la Planta Cloruro 38 (1.02 Ohms) se realiza a través de la estructura metálica de la Planta (Electrodo Natural). Se recomienda instalar un electrodo para conectar a tierra de forma eficaz el Xo del transformador con el calibre adecuado y estar dentro de norma NEC 2002 Art. 250.30 & NOM 1999 Art. 250-26. (b) Conductor al electrodo de puesta a tierra.**
- ✓ A continuación se muestra una tabla con los valores de continuidad que existen entre el Xo del Transformador de Subestación (Barra de tierras del Tablero Principal) hacia los dos electrodos de pararrayos.

Tabla de Continuidad área de Subestación Planta Cloruro 38 Equipo Ground Resistance Tester Model 4610

Punto de Referencia	Punto a Prueba	Medición ( $\Omega$ )	Estatus de Continuidad
Xo del Transformador	Electrodo E1 de Pararrayos	4.27**	Buena
	Electrodo E2 de Pararrayos	4.41**	Buena

\* Restar 1.02  $\Omega$  a la medición debido al cable auxiliar utilizado para la prueba de continuidad.

\*\* Restar 3.10  $\Omega$  a la medición debido al cable auxiliar utilizado para la prueba de continuidad.

**La conexión entre el Xo del Transformador y los electrodos de pararrayos se realiza por medio de la estructura metálica de la planta**, el valor de continuidad entre estos puntos nos indica que la referencia de continuidad es buena sin embargo **se recomienda que la unión entre el Xo del Transformador y los electrodos de pararrayos se realice a nivel electrodo para disminuir los riesgos y trayectorias de corriente al momento de una descarga atmosférica a tierra y cumplir con la norma NOM 250-81, NEC 250-50 formando un sistema equipotencial.**

# Sistema de Tierras

Sistema de Tierra Área de Subestación Planta Cloruro 38.



Electrodo de Pararrayos 1



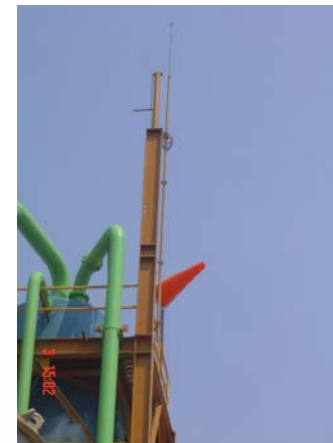
Barra de tierras de Tablero Principal



Electrodo de Pararrayos 2



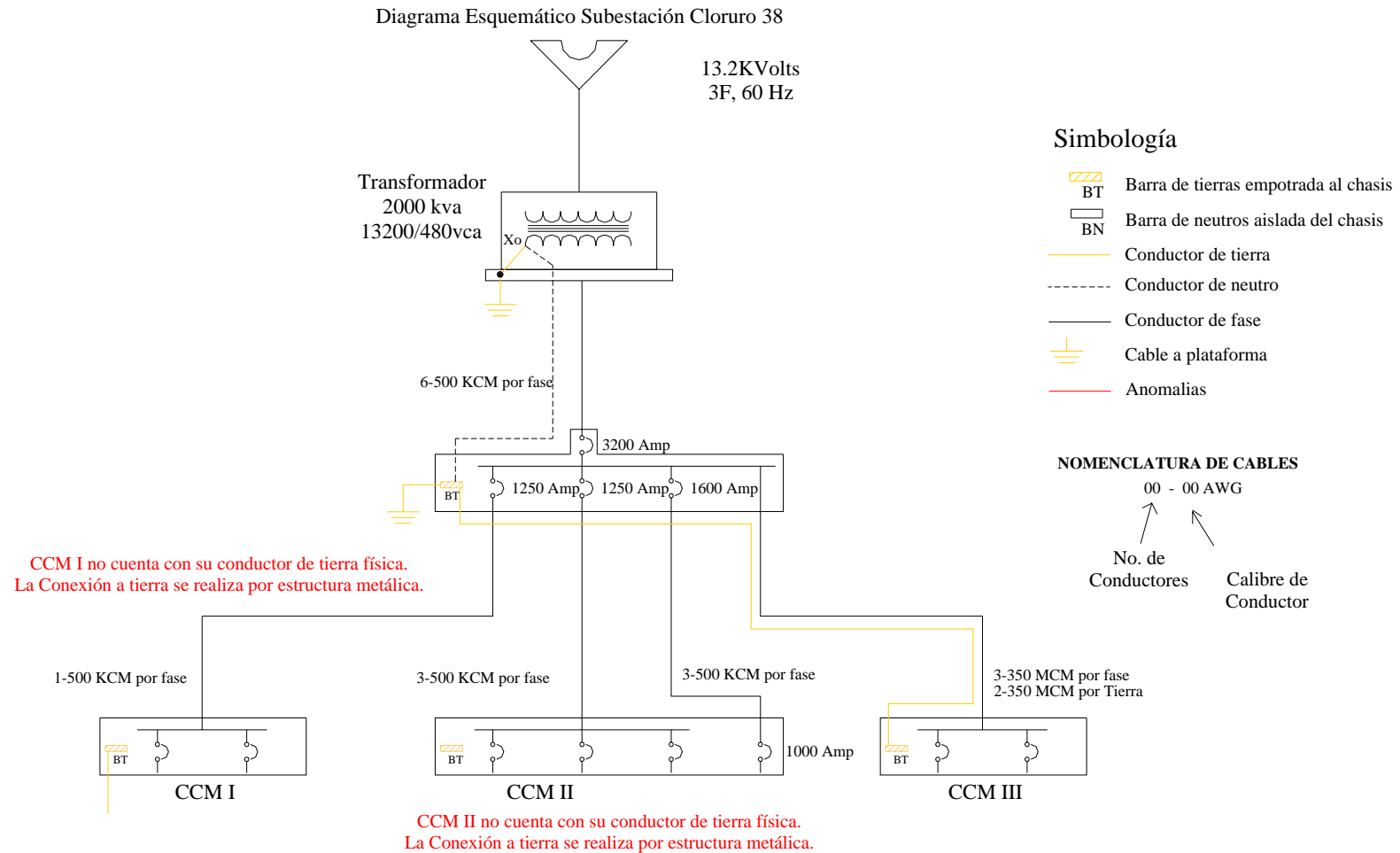
Pararrayos 1



Pararrayos 2

# Sistema de Tierras

A continuación se muestran el diagrama esquemático donde se indica la conexión del tablero principal y los comentarios de la condición de la instalación eléctrica.



# Sistema de Tierras

---

## Transformador

- ✓ El interruptor general del tablero principal de la Subestación Cloruro 38 es de una capacidad de 3200 Amp., se recomienda que el ajuste del interruptor termomagnético sea el adecuado tomando de base la capacidad del transformador, 2405 Amp., y que este ajuste permita la protección de los cables de fase en caso de una falla a tierra o una sobrecarga (se utilizan 6 conductores por fase de 500 KCM), la **NOM en su Tabla 310-16** indica una capacidad de conducción de corriente de 380 Amp para el calibre 500KCM (el total de los seis conductores por fase nos muestra una capacidad de conducción total de 2280 Amp). El conductor de **tierra física del Tablero Principal** llega a la barra de tierras con un **calibre 500 KCM cumpliendo con la NOM y NEC**. De acuerdo a la **NOM Tabla 250-95 y NEC Tabla 250-122** el cable de tierra física adecuado se dimensiona con respecto a la capacidad del equipo de protección principal, en este caso la capacidad del interruptor general del tablero principal es de 3200 Amp. y el cable de tierra física recomendado es de 500 KCM.
- ✓ Desde la Barra de tierras del Tablero Principal se realiza la distribución de tierras físicas. De los cuatro conductores de tierra que se derivan dos de ellos son de calibre 350 KCM y realizan la función de conductor de tierra física para el CCM 3. En base a la norma y al interruptor de protección del CCM3 (1600 Amp), el conductor de tierra física debe ser no menor al calibre 4/0 Awg, debido a que los dos conductores son de calibre 350 KCM se cumple con la norma **NOM Tabla 250-95 y NEC Tabla 250-122**. Conductor de tierra física. Los dos conductores restantes simplemente se entierran en la plataforma de concreto del tablero principal, **se detecta hasta 16 Amp. de corriente por estos conductores. Se recomienda no utilizar los conductores de tierra como si fueran neutros, para evitar corrientes no deseadas por conductores de tierra en base a la Nom 250-21 Corrientes eléctricas indeseables por los conductores de puesta a tierra.**

# Sistema de Tierras

- ✓ Debido a que no se derivan cables de tierra física desde el Tablero Principal de la subestación Planta Cloruro 38 a los CCM's I y II, se realizan pruebas de continuidad entre el Xo del Transformador (barra de tierras del Tablero Principal) y los CCM's de la Planta Cloruro 38.

Tabla de Continuidad en CCM's, Subestación Planta Cloruro 38 Equipo Ground Resistance Tester Model 4610

Punto de Referencia	Punto a Prueba	Medición ( $\Omega$ )	Estatus de Continuidad
Xo de Transformador (Barra de Tierras Tab. Principal)	Barra de Tierra del CCM I	1.27*	Buena
	Barra de tierras del CCM II	1.18*	Buena
	Barra de Tierras del CCM III	1.18*	Buena

Sin conexión efectiva al sistema de tierras.

\* Restar 1.02  $\Omega$  a la medición debido al cable auxiliar utilizado para la prueba de continuidad.

\*\* Restar 3.10  $\Omega$  a la medición debido al cable auxiliar utilizado para la prueba de continuidad.

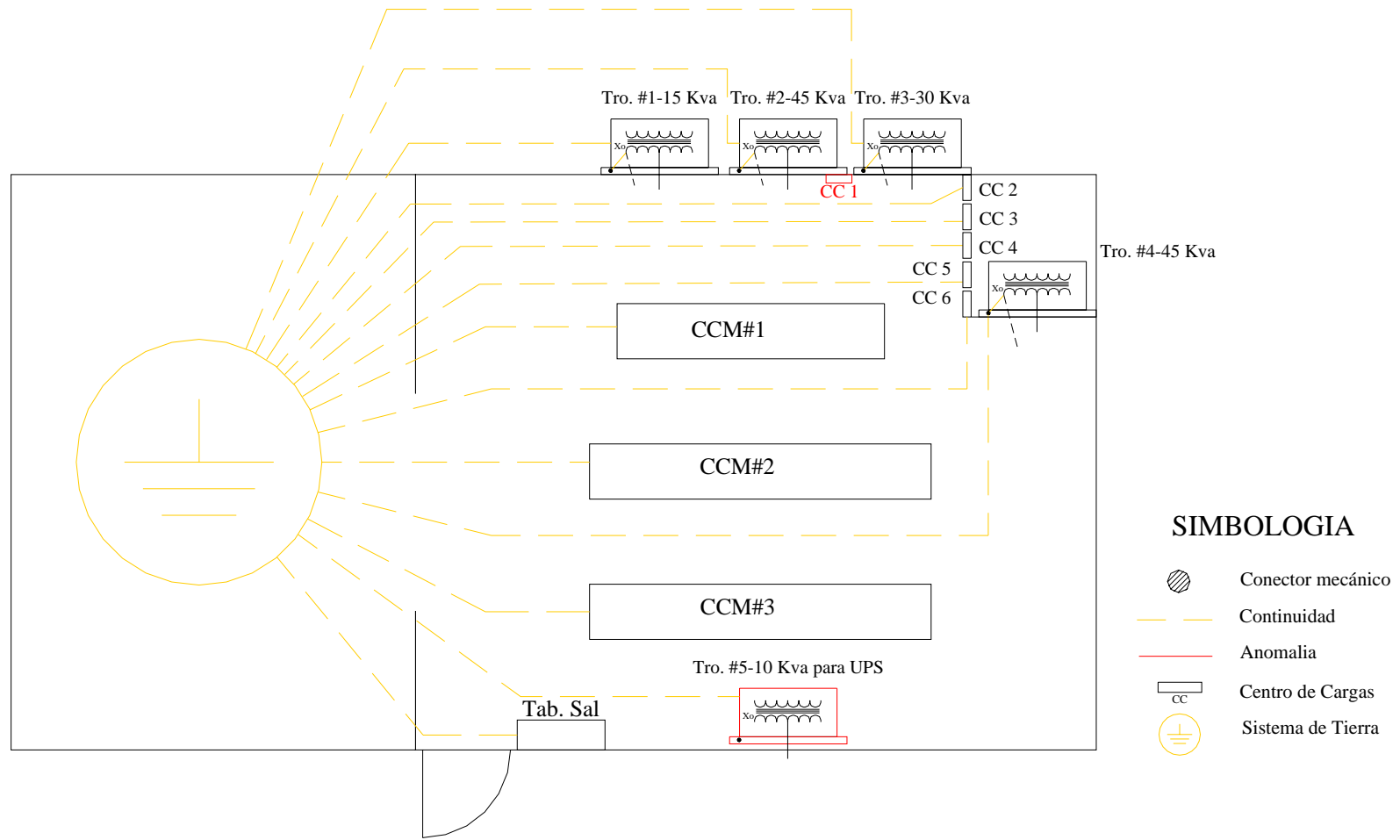
\*\*\* Restar 6.10  $\Omega$  a la medición debido al cable auxiliar utilizado para la prueba de continuidad.

- ✓ Los registros de la prueba de continuidad nos indican que existe una buena referencia a tierra en cada uno de los CCM's, sin embargo **debido a que solamente se derivan conductores de tierra física hacia el CCM III, la referencia de continuidad a tierra del CCM I y CCM II se debe al contacto con las estructuras metálicas, se recomienda instalar el conductor de tierra física para los CCM's I y II en base a la NOM Tabla 250-95 y NEC Tabla 250-122.** Conductor de tierra física de acuerdo a la capacidad del dispositivo automático de protección. El interruptor de protección del CCM I y del CCM II son de 1250 Amp, **se recomienda que el conductor de tierra física sea no menor al calibre 4/0 AWG, y que interconecte a la barra de tierras del Tablero Principal con la barra de tierras de cada CCM.**

# Sistema de Tierras

A continuación se muestra el diagrama esquemático de las pruebas de continuidad realizadas en el área de Subestación de la **Planta Cloruro 38**.

## Subestación Planta Cloruro 38



# Sistema de Tierras

- ✓ Se realizan pruebas de continuidad entre el Xo del Transformador (barra de tierras del Tablero Principal) y los diferentes Transformadores secos de diversas capacidades y centros de cargas. En base a estas pruebas y las condiciones físicas de su distribución eléctrica se realizan los comentarios correspondientes tomando como base la conexión a tierra de los equipos a prueba ubicados en la subestación de la Planta Cloruro 38.

**Tabla de Continuidad Subestación Planta Cloruro 38 Equipo Ground Resistance Tester Model 4610**

Punto de Referencia	Punto a Prueba	Medición ( $\Omega$ )	Estatus de Continuidad
Xo de Transformador (Barra de Tierras Tab. Principal)	Xo y Chasis del Transformador # 1-15 Kva	1.28*	Buena
	Xo y Chasis del Transformador # 2-45 Kva	1.20*	Buena
	Chasis del Transformador # 3-30 Kva	1.22*	Buena
	Xo y Chasis del Transformador # 4-45 Kva	1.22*	Buena
	Xo del Transformador # 5-10 Kva para UPS	Alta	Mala
	Chasis del Transformador # 5-10 Kva para UPS	3.66*	Buena
	Chasis Centro de Carga 1	Alta	Mala
	Chasis Centro de Carga 2	1.23*	Buena
	Chasis Centro de Carga 3	1.29*	Buena
	Chasis Centro de Carga 4	1.31*	Buena
	Chasis Centro de Carga 5	1.20*	Buena
	Chasis Centro de Carga 6	1.19*	Buena
	Barra de tierras del Tablero Sal (Se alimenta de Planta Sal)	1.19*	Buena

Sin conexión efectiva al sistema de tierras.

\* Restar 1.02  $\Omega$  a la medición debido al cable auxiliar utilizado para la prueba de continuidad.

La prueba de continuidad en la mayoría de los puntos a prueba hacia el sistema de tierras de la subestación es satisfactoria.

# *Sistema de Tierras*

---

*La conexión de los conductores de tierra física en el Xo y Chasis de los transformadores # 1, #2 y #4 se realizan de forma correcta, NEC 2002 Art. 250.30 & NOM 1999 Art. 250-26. Puesta a tierra de los sistemas de c.a. derivados separadamente. El Chasis del Transformador # 3 mantiene buena referencia al sistema de tierras sin embargo no se corrobora la conexión a tierra del Xo del transformador debido a problemas con el acceso y hermeticidad del transformador. Se recomienda verificar que la conexión del Xo del transformador # 3 se realice en base a norma NEC 2002 Art. 250.30 & NOM 1999 Art. 250-26. El chasis del transformador # 5 que alimenta al UPS mantiene buena referencia al sistema de tierra sin embargo aun y cuando se derivan los cables de tierra hacia el transformador en base a norma **el conductor de tierra física no aterriza al Xo del transformador # 5 ya que la tierra física se conecta al soporte de la barra de conexiones de fases aterrizando solamente el chasis del transformador # 5 y no al Xo violando el artículo de la norma NEC 2002 Art. 250.30 & NOM 1999 Art. 250-26. Puesta a tierra de los sistemas de c.a. derivados separadamente. Se recomienda conectar el Xo del Transformador #5 a tierra en base a NOM Tabla 250-95 y NEC Tabla 250-122.** Conductor de tierra física de acuerdo a la capacidad del dispositivo automático de protección.*

Se realizan pruebas de continuidad en los centros de carga ubicados en la subestación de la Planta Cloruro 38 para verificar su conexión con el sistema de tierras de la planta. Las pruebas de continuidad son satisfactorias en los centros de carga con excepción del Centro de Cargas #1. **Los centros de cargas que mantienen referencia a tierra se debe a la estructura metálica que los interconecta con el Tablero Principal ya que los Centros de Carga no cuentan con su conductor de tierra física ni barra de tierras. Se recomienda instalar el conductor de tierra física en cada uno de los centros de carga desde la barra de tierras de la Fuente de alimentación en base a norma NOM Tabla 250-95 y NEC Tabla 250-122.** Conductor de tierra física de acuerdo a la capacidad del dispositivo automático de protección. **Para mantener una conexión eficaz a tierra y cumplir con NOM 1999 Art. 250-51. Trayectoria efectiva de puesta a tierra.**

# *Sistema de Tierras*

---

***El Tablero Sal ubicado en la subestación de la planta Cloruro 38, es alimentado desde la subestación Sal, mantiene buena continuidad desde su barra de tierras a el sistema de tierras de la subestación Cloruro 38, Debido a que se deriva un circuito desde la subestación de la planta Sal para proporcionar energía a un tablero ubicado en la subestación de la planta Cloruro 38, se recomienda que el conductor de tierra física del tablero Sal se aterrice con el sistema de tierras (electrodos) del edificio de la Planta Cloruro 38 de forma eficaz como lo marca la Nom 250-24. Suministro de Energía desde una acometida a dos o más edificios.*** para evitar diferencias de potencial entre ambos sistemas de tierra y cumplir con la norma.



# Sistema de Tierras

## Subestación de la Planta Cloruro 38



CCM I



CCM II



CCM III



Tablero Sal



Transformador 2 de 45 Kva



Transformador 5 de 10 Kva para UPS

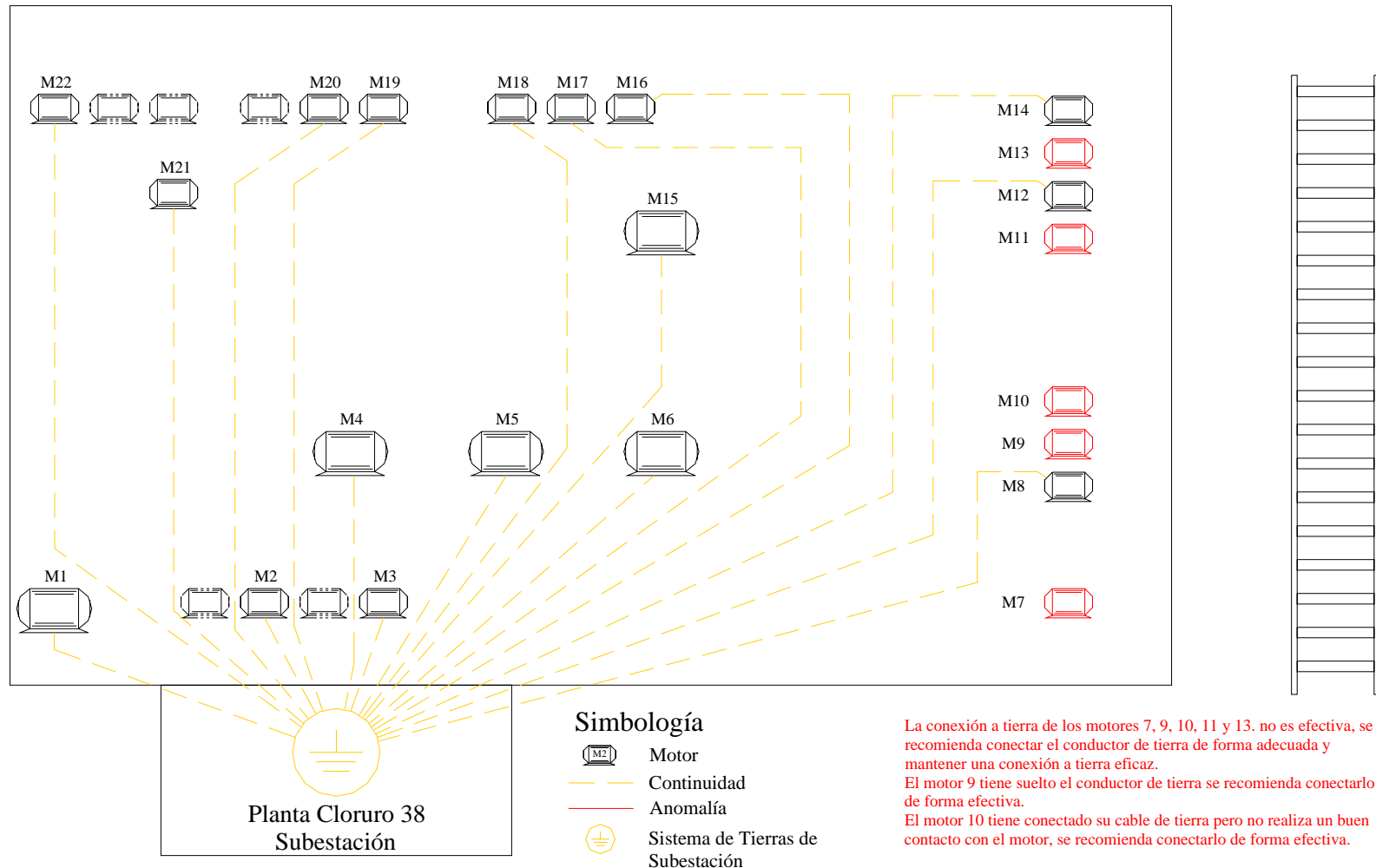


Centros de Carga

# Sistema de Tierras

A continuación se muestra el diagrama esquemático de las pruebas de continuidad realizadas en los motores de **la Planta**

**Cloruro 38.**



# Sistema de Tierras

A continuación se muestra las pruebas de continuidad realizadas en los motores de **la Planta Cloruro 38**.

- ✓ Debido a que no se deriva el conductor de tierra física hacia los motores de la Planta Cloruro 38, debido a que la conexión a tierra de los motores se realiza por medio de la estructura del edificio conectando un cable de la plataforma de concreto a la carcasa del motor, se realiza una prueba de continuidad desde el sistema de tierras de la subestación hacia varios puntos a prueba de la Planta Cloruro 38.

**Tabla de Continuidad Motores de la Planta Cloruro 38 Equipo Ground Resistance Tester Model 4610**

Punto de Referencia	Punto a Prueba	Medición ( $\Omega$ )	Estatus de Continuidad
Xo de Transformador (Barra de Tierras Tab. Principal)	Carcasa de Motor 1	3.36**	Buena
	Carcasa de Motor 2	3.29**	Buena
	Carcasa de Motor 3	3.30**	Buena
	Carcasa de Motor 4	3.34**	Buena
	Carcasa de Motor 5	3.30**	Buena
	Carcasa de Motor 6	3.31**	Buena
	Carcasa de Motor 7	13.44**	Mala
	Carcasa de Motor 8	3.37**	Buena
	Carcasa de Motor 9	23.30**	Mala
	Carcasa de Motor 10	6.30**	Mala
	Carcasa de Motor 11	7.01**	Mala

Sin conexión efectiva al sistema de tierras.

\*\* Restar 3.10  $\Omega$  a la medición debido al cable auxiliar utilizado para la prueba de continuidad.

Los registros de la Prueba de continúan en la siguiente pagina.

# Sistema de Tierras

Continuación de los registros de la Prueba de Continuidad.....

Tabla de Continuidad Motores de la Planta Cloruro 38 Equipo Ground Resistance Tester Model 4610

Punto de Referencia	Punto a Prueba	Medición ( $\Omega$ )	Estatus de Continuidad
Xo de Transformador (Barra de Tierras Tab. Principal)	Carcaza de Motor 12	3.40**	Buena
	Carcaza de Motor 13	6.90**	Mala
	Carcaza de Motor 14	3.70**	Buena
	Carcaza de Motor 15	3.30**	Buena
	Carcaza de Motor 16	3.40**	Buena
	Carcaza de Motor 17	3.20**	Buena
	Carcaza de Motor 18	3.90**	Buena
	Carcaza de Motor 19	3.38**	Buena
	Carcaza de Motor 20	3.34**	Buena
	Carcaza de Motor 21	3.36**	Buena
	Carcaza de Motor 22	3.80**	Buena

Sin conexión efectiva al sistema de tierras.

\*\* Restar 3.10  $\Omega$  a la medición debido al cable auxiliar utilizado para la prueba de continuidad.

**La conexión a tierra de los motores 7, 9, 10, 11 y 13 no es efectiva. El motor 9 tiene suelto el conductor que lo conecta con la estructura metálica mientras que el motor 10 se mantiene en contacto con el cable de estructura pero no realiza un buen contacto con el motor. El conductor de tierra física para estos motores no realiza una conexión adecuada se recomienda conectar de forma efectiva el conductor de tierra física para los motores desde su tablero de distribución en base a la norma NOM Tabla 250-95 y NEC Tabla 250-122. y mantener una conexión eficaz a tierra física para cumplir con la norma NOM 1999 Art. 250-51. Trayectoria efectiva de puesta a tierra.**

# Sistema de Tierras

## Motores de la Planta Cloruro 38



Motor 1



Motor 2 y 3



Motor 4



Motor 5



Motor 6



Motor 7



Motor 8, 9 y 10



Motor 11

# *Sistema de Tierras*

## **Motores de la Planta Cloruro 38**



Motor 12, 13 y 14



Motor 15



Motor 16, 17 y 18



Motor 19 y 20



Motor 21

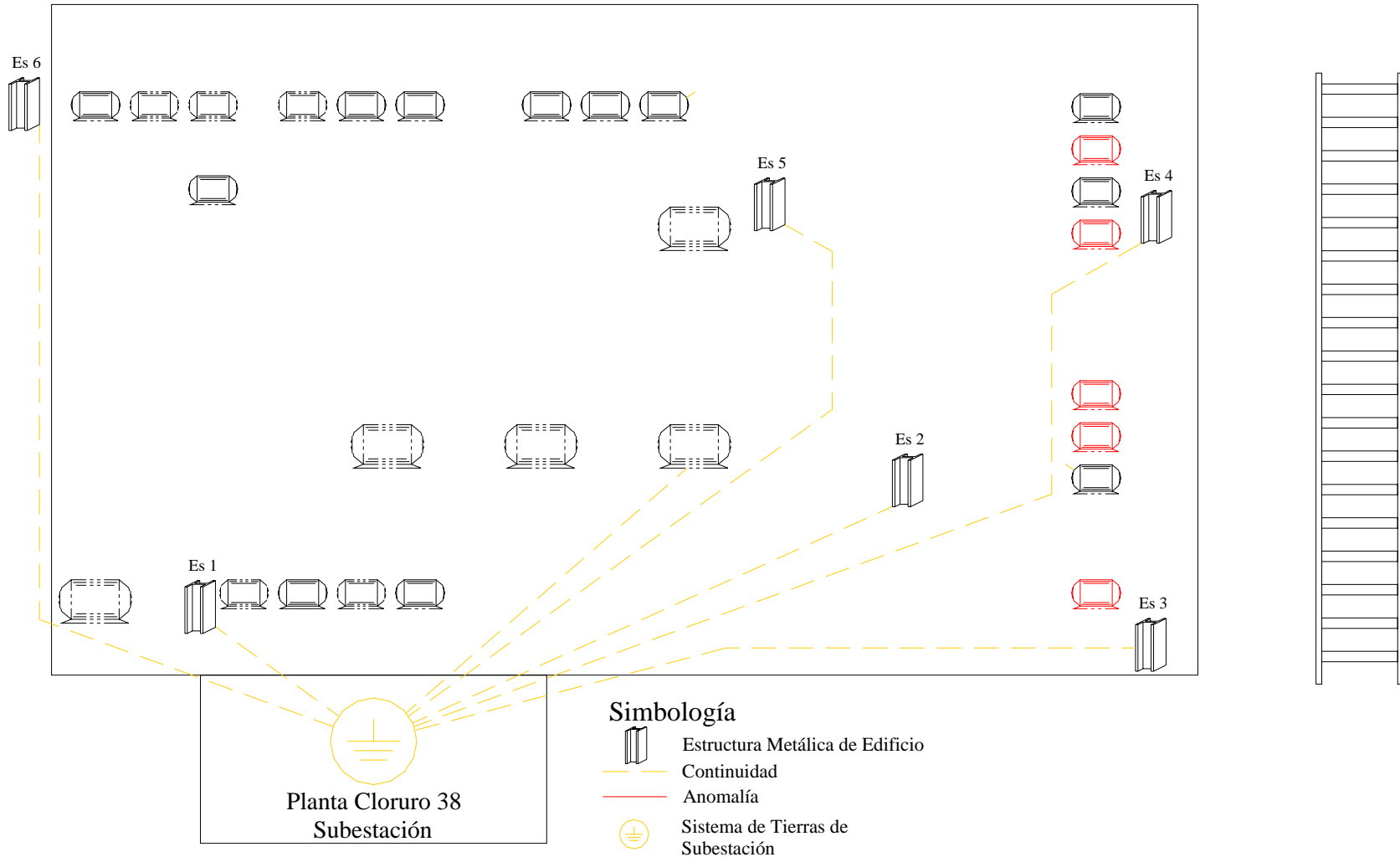


Motor 22

# Sistema de Tierras

A continuación se muestra el diagrama esquemático de las pruebas de continuidad realizadas en las estructuras de **la Planta Cloruro 38**.

**Cloruro 38.**



# Sistema de Tierras

A continuación se muestra las pruebas de continuidad realizadas en las estructuras de **la Planta Cloruro 38**.

- ✓ Se realiza una prueba de continuidad desde el sistema de tierras de la subestación hacia varios puntos a prueba de la Planta Cloruro 38 para verificar su conexión con el sistema de tierras.

Tabla de Continuidad en Estructura Metálica Planta Cloruro 38 Equipo Ground Resistance Tester Model 4610

Punto de Referencia	Punto a Prueba	Medición ( $\Omega$ )	Estatus de Continuidad
Xo de Transformador (Barra de Tierras Tab. Principal)	Estructura Metálica 1	3.60**	Buena
	Estructura Metálica 2	3.32**	Buena
	Estructura Metálica 3	3.28**	Buena
	Estructura Metálica 4	3.30**	Buena
	Estructura Metálica 5	3.30**	Buena
	Estructura Metálica 6	3.80**	Buena

La continuidad de las estructuras metálicas a prueba con respecto al sistema de tierra de la subestación es satisfactoria. En este caso **la estructura metálica de la planta realiza la conexión a tierra de la subestación de la Planta Cloruro 38, como un electrodo natural como lo marca la norma NEC 2002 Art 250.50 & NOM 1999 Art. 250-81. (b)**, debido a que la continuidad entre el Xo del Transformador y la estructura metálica de la planta es buena. *Sin embargo aunque exista una buena continuidad entre el Xo del Transformador de la subestación con la estructura metálica de la planta cloruro 38 no se sabe si la conexión es eficaz por lo que se recomienda agregar un electrodo de tierras para que realice la función de conexión a tierra del sistema de la Planta Cloruro 38 (Xo del Transformador de Subestación), como lo marca la NOM 1999 Art. 250-83. Electrodo especialmente contruidos, ya que actualmente no se tienen electrodos y la conexión a tierra se realiza por medio de la estructura metálica de la Planta.*

# Sistema de Tierras

## Estructuras Metálicas de la Planta Cloruro 38



Estructura Metálica 1



Estructura Metálica 2



Estructura Metálica 3



Estructura Metálica 4



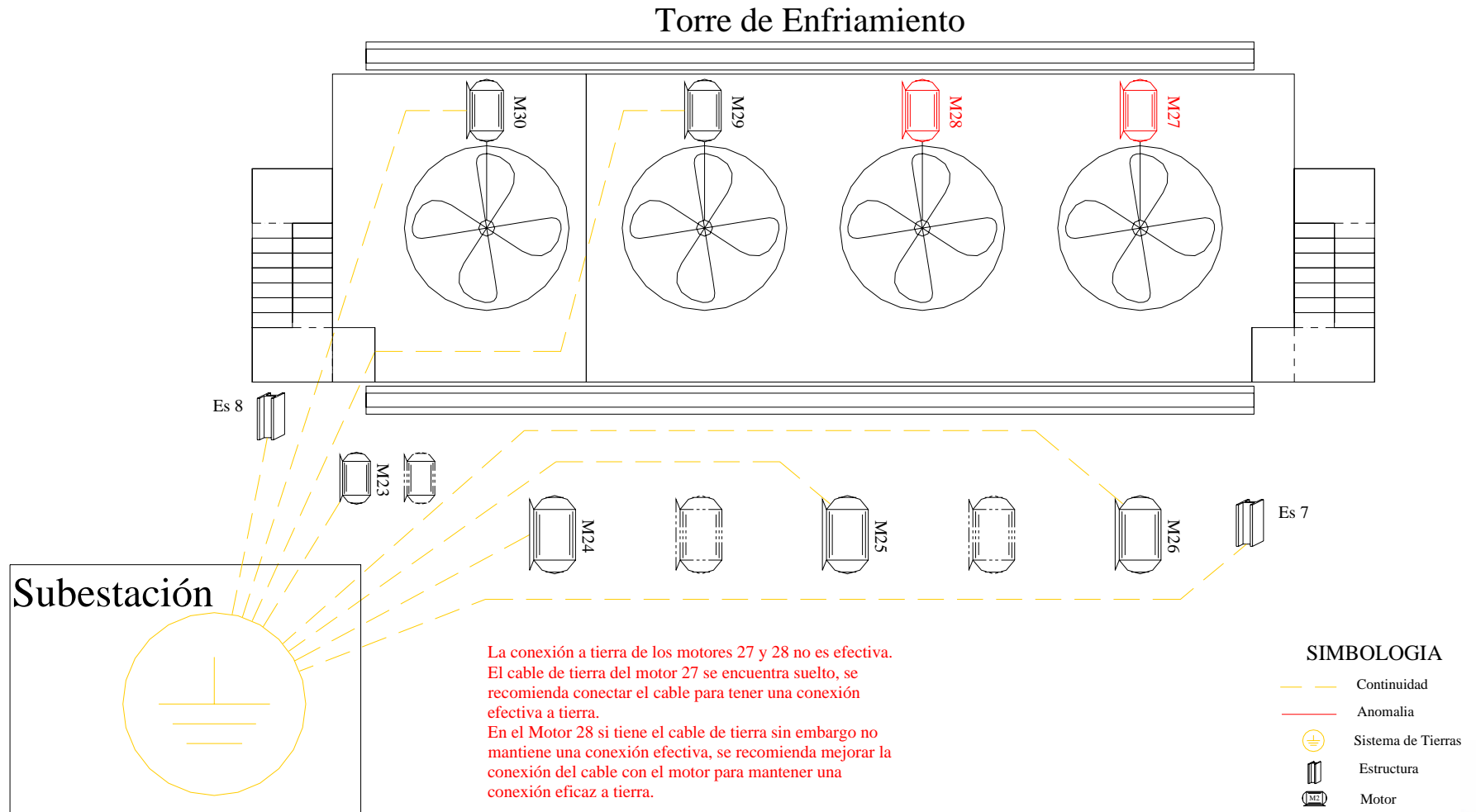
Estructura Metálica 5



Estructura Metálica 6

# Sistema de Tierras

A continuación se muestra el diagrama esquemático de las pruebas de continuidad realizadas en las estructuras y motores de la **Torre de Enfriamiento de la Planta Cloruro 38**.



# Sistema de Tierras

A continuación se muestra las pruebas de continuidad realizadas en las estructuras y motores de la **Torre de Enfriamiento de la Planta Cloruro 38**.

- ✓ Se realizan las pruebas de continuidad desde el sistema de tierras de la subestación hacia varios puntos a prueba en la Torre de Enfriamiento de la Planta Cloruro 38.

**Tabla de Continuidad Torre de Enfriamiento Planta Cloruro 38 Equipo Ground Resistance Tester Model 4610**

Punto de Referencia	Punto a Prueba	Medición ( $\Omega$ )	Estatus de Continuidad
Xo de Transformador (Barra de Tierras Tab. Principal)	Estructura Metálica 7	3.30**	Buena
	Estructura Metálica 8	3.40**	Buena
	Carcaza de Motor 23	3.37**	Buena
	Carcaza de Motor 24	3.36**	Buena
	Carcaza de Motor 25	3.60**	Buena
	Carcaza de Motor 26	3.49**	Buena
	Carcaza de Motor 27	7.50**	Mala
	Carcaza de Motor 28	6.95**	Mala
	Carcaza de Motor 29	3.40*	Buena
	Carcaza de Motor 30	3.35**	Buena

Sin conexión efectiva al sistema de tierras.

\*\* Restar 3.10  $\Omega$  a la medición debido al cable auxiliar utilizado para la prueba de continuidad.

La continuidad en los diferentes puntos es satisfactoria a excepción de los Motores 27 y 28. **El motor 27 tiene suelto el conductor de tierra física mientras que el motor 28 tiene conectado su cable de tierra pero no realiza un buen contacto con el motor. Se recomienda instalar el conductor de tierra física para lo motores desde su tablero de distribución en base a la norma NOM Tabla 250-95 y NEC Tabla 250-122. para mantener una conexión eficaz a tierra física y cumplir con la norma NOM 1999 Art. 250-51. Trayectoria efectiva de puesta a tierra.**

# *Sistema de Tierras*

## **Torre de Enfriamiento de la Planta Cloruro 38**



Estructura Metálica 7



Estructura Metálica 8



Motor 23



Motor 24



Motor 25



Motor 26



Motor 27

# *Sistema de Tierras*

---

**Torre de Enfriamiento de la Planta Cloruro 38**



Motor 28



Motor 29



Motor 30

# Sistema de Tierras

---

## Conclusiones y Recomendaciones

- ✓ La impedancia de conexión a tierra del  $X_0$  del Transformador y los dos electrodos de pararrayos **se encuentran dentro de norma NEC 250-56, NOM 250-84 y NOM 022 9.2 (d), ya que los valores registrados son menores a 25 Ohms.** sin embargo estos tres puntos no mantienen una conexión eficaz.
- ✓ En la Subestación cloruro 38 no existe un registro de electrodo que realice la conexión a tierra del conductor puesto a tierra (Conexión entre un electrodo designado para conectar a tierra el conductor Neutro o  $X_0$  del transformador). **El sistema de conexión a tierra de la subestación de la Planta Cloruro 38 (1.02 Ohms) se realiza a través de la estructura metálica de la Planta** (Electrodo Natural, NOM en su artículo 250-81 (b)) ya que en la prueba de continuidad del  $X_0$  del transformador hacia los diferentes puntos a prueba de la estructura metálica fue satisfactoria. **Se recomienda instalar un electrodo para conectar a tierra de forma eficaz el  $X_0$  del transformador con el calibre adecuado y estar dentro de norma NEC 2002 Art. 250.30 & NOM 1999 Art. 250-26. (b) Conductor al electrodo de puesta a tierra.**
- ✓ **Actualmente la conexión del  $X_0$  a tierra se realiza a través de la estructura metálica de la planta** Se recomienda que la unión entre el  $X_0$  del Transformador de la Subestación y los diferentes electrodos de la Planta cloruro 38 se realice a nivel electrodo para disminuir los riesgos y trayectorias de corriente al momento de una descarga atmosférica a tierra y para cumplir con la norma **NOM 250-81, NEC 250-50 formando un sistema equipotencial.**

# Sistema de Tierras

---

## Conclusiones y Recomendaciones

- ✓ Se deriva un cable forrado desde el **Xo del Transformador** hacia la **barra de tierras del Tablero Principal** con un **calibre 500 KCM** cumpliendo con **NOM Tabla 250-95** y **NEC Tabla 250-122**. Cuatro conductores de tierra se derivan de la barra de tierras del tablero principal, dos de ellos hacia la barra de tierras del CCM 3 mientras que los dos conductores restantes simplemente se entierran en la plataforma de concreto del tablero principal.
- ✓ Existe una buena referencia a tierra en cada uno de los CCM's, sin embargo **debido a que solamente se derivan conductores de tierra física hacia el CCM III** cumpliendo con la **NOM Tabla 250-95** y **NEC Tabla 250-122**, **la referencia de continuidad a tierra del CCM I y CCM II se debe al contacto con las estructuras metálicas**, se recomienda instalar un conductor de tierra física no menor a **4/0 AWG** para los **CCM's I y II** desde la barra de tierras del Tablero Principal a la barra de tierras del **CCM I y CCM II**. El conductor de tierra física se dimensiona en base a la **NOM Tabla 250-95**. asegurando la operación de los dispositivos de protección contra sobre corriente, una conexión efectiva a tierra **NOM 250-58** y una trayectoria efectiva a tierra **NOM 250-51**.
- ✓ **La conexión de los conductores de tierra física en el Xo y Chasis de los transformadores # 1, #2 y #4 cumplen con la NEC 2002 Art. 250.30 & NOM 1999 Art. 250-26**. Puesta a tierra de los sistemas de c.a. derivados separadamente.
- ✓ **Debido a problemas con el acceso al Transformador # 3 no se corrobora la conexión a tierra del Xo del transformador**. Se recomienda verificar que la conexión a tierra del Xo del transformador # 3 se realice en base a norma **NEC 2002 Art. 250.30 & NOM 1999 Art. 250-26**.

# Sistema de Tierras

## Conclusiones y Recomendaciones

- ✓ **Se deriva el conductor de tierra física al transformador # 5 (de UPS) pero no se aterriza el Xo del transformador violando el artículo de la norma NEC 2002 Art. 250.30 & NOM 1999 Art. 250-26. Puesta a tierra de los sistemas de c.a. derivados separadamente. Se recomienda conectar el Xo del Transformador #5 (con capacidad de 10 Kva) a la barra de tierras del CCM 3 en base a NOM Tabla 250-95 y NEC Tabla 250-122. con un calibre no menor al 10 AWG y cumplir con el artículo de la norma NEC 2002 Art. 250.30 & NOM 1999 Art. 250-26. Puesta a tierra de los sistemas de c.a. derivados separadamente.**
- ✓ Los Centros de Carga de la subestación mantienen referencia a tierra a través de la estructura metálica que los interconecta con el Tablero Principal, **se recomienda instalar el conductor de tierra física en los Centros de Carga en base a la NOM Tabla 250-95 y NEC Tabla 250-122. Para mantener una conexión de forma eficaz hacia el sistema de tierras y asegurar la operación del sistema automático de protección.** La conexión del conductor de tierra física se realiza desde la fuente de energía correspondiente (Transformador) hacia el Tablero principal y desde su barra de tierras derivar los conductores de tierra hacia Centros de Carga o cargas finales.
- ✓ **El Tablero Sal ubicado en la subestación de la planta Cloruro 38, alimentado desde la subestación Sal, mantiene buena continuidad desde su barra de tierras a el sistema de tierras de la subestación Cloruro 38, se recomienda que el conductor de tierra física del tablero Sal se aterrice con el sistema de tierras (electrodos) del edificio de la Planta Cloruro 38 de forma eficaz como lo marca la Nom 250-24. Suministro de Energía desde una acometida a dos o más edificios** para evitar diferencias de potencial entre ambos sistemas de tierra y cumplir con la norma.

# *Sistema de Tierras*

---

## **Conclusiones y Recomendaciones**

- ✓ El sistema de protección que ofrecen los pararrayos se encuentra dentro de norma **NOM 022 9.2 (d)** ya que la conexión a tierra del pararrayos no es mayor a 10 ohm's. **La bajada de los pararrayos se interconecta con la estructura antes de conectarse a su electrodo. Se recomienda que el conductor del pararrayos sea un conductor con bajada independiente al electrodo de tierra y que su electrodo se conecte con el sistema de tierras de la planta a nivel electrodo.**
- ✓ **La conexión a tierra de los motores 7, 9, 10, 11, 13, 27 y 28 no es efectiva. El motor 9 y el motor 27 tienen suelto el conductor que los conecta con la estructura metálica mientras que el motor 10 y el motor 28 se mantienen en contacto con el cable de estructura metálica pero no se realiza un buen contacto a tierra del motor. El conductor de tierra física para algunos motores no realiza una conexión adecuada se recomienda conectar de forma efectiva el conductor de tierra física para los motores desde su tablero de distribución en base a la norma NOM Tabla 250-95 y NEC Tabla 250-122. y mantener una conexión eficaz a tierra física para cumplir con la norma NOM 1999 Art. 250-51. Trayectoria efectiva de puesta a tierra.**
- ✓ Existe corriente por el sistema de tierras de hasta 16 Amperes. **Se recomienda no utilizar los conductores de tierra como si fueran neutros, para evitar Corrientes eléctricas indeseables por los conductores de puesta a tierra Nom 250-21**, se recomienda evitar interconexiones entre el neutro y la tierra a excepción del tablero principal de la fuente de energía (Tablero Principal del Transformador) o en El tablero Principal de un Edificio como es el caso ya que este es el único punto en donde se puede realizar esta unión P.U.P. (puente de unión principal) entre el neutro y la tierra.

## ***Sistema de Tierras (Referencias técnicas)***

---

**NEC 2002 Art. 250.112 & NOM 1999 Art. 250-43. Equipo fijo o conectado de forma permanente.** Se deben poner a tierra, independientemente de su tensión eléctrica nominal, las partes metálicas expuestas y no-conductoras de corriente eléctrica del equipo, y las partes metálicas no destinadas a conducir corriente eléctrica del equipo y de envolventes.

**NOM 1999 Art. 250-21. Corrientes eléctricas indeseables por los conductores de puesta a tierra.**

**NOM 1999 Art. 250-24. Suministro de energía desde las misma acometida a dos o mas edificios o estructuras.**

**NEC 2002 Art. 250.30 & NOM 1999 Art. 250-26. Puesta a tierra de los sistemas de c.a. derivados separadamente.** Una instalación de c.a. derivada separadamente que deba ser puesta a tierra, debe hacerse según se especifica a continuación:

**a) Puente de unión.** Se debe instalar un puente de unión, de tamaño nominal que cumpla lo establecido en 250-79 (d) para los conductores de fase derivados para conectar los conductores de puesta a tierra del equipo del sistema derivado al conductor puesto a tierra.

**b) Conductor al electrodo de puesta a tierra.** Se debe emplear un conductor de tamaño nominal acorde con lo establecido en 250-94 para conectar el conductor puesto a tierra del sistema derivado con el electrodo de puesta a tierra,....

**NOM 1999 Art. 250-51. Trayectoria efectiva de puesta a tierra.** La trayectoria a tierra de los circuitos, equipo y cubiertas metálicas de conductores debe ser: (1) permanente y eléctricamente continua; (2) de capacidad suficiente para conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica de falla que pueda producirse, y (3) de una impedancia suficientemente baja como para limitar la tensión eléctrica a tierra y facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección del circuito. *El terreno natural no se debe utilizar como el único conductor de puesta a tierra de equipo.*

## *Sistema de Tierras (Referencias técnicas)*

---

**NOM 1999 Art. 250-58. Equipo considerado eficazmente puesto a tierra.** En las condiciones especificadas en los siguientes incisos, se considera que las partes metálicas no conductoras de equipo están eficazmente puestas a tierra.

**a) Equipos sujetos a soportes metálicos puestos a tierra.** Los equipos eléctricos sujetos y en contacto con eléctrico con bastidores o con estructuras metálicas diseñadas para su soporte y puestos a tierra por uno de los medios indicados en 250-57. ***No se debe usar la estructura metálica de un edificio como conductor de puesta a tierra de equipo de c.a.***

**NEC 2002 Art 250.50 & NOM 1999 Art. 250-81.** Uniendo todos los electrodos de tierras (sistemas existentes) limitará las diferencias de potencial entre ellos, logrando formar de esta manera un sistema de tierras equipotencial. La conexión se debe realizar como se indica en 250-115.

**NOM 1999 Art. 250-84. Resistencia de los electrodos fabricados.** Un electrodo único que consiste en una varilla, tubería o placa, que no tenga una resistencia a tierra de  $25 \Omega$  o menos se debe complementar con un electrodo adicional de cualquiera de los tipos especificados en 250-81 o 250-83.

# Sistema de Tierras (Referencias técnicas)

**NOM 1999 Tabla 250-95. Tamaño nominal mínimo de los conductores de tierra para canalizaciones y equipos.**

Capacidad o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc.  (A)	Tamaño nominal mm <sup>2</sup> (AWG o kcmil)	
	Cable de cobre	Cable de aluminio
15	2,082 (14)	---
20	3,307 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,367 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,15 (4)
300	21,15 (4)	33,62 (2)
400	33,62 (2)	42,41 (1)
500	33,62 (2)	53,48 (1/0)
600	42,41 (1)	67,43 (2/0)
800	53,48 (1/0)	85,01 (3/0)
1000	67,43 (2/0)	107,2 (4/0)
1200	85,01 (3/0)	126,7 (250)
1600	107,2 (4/0)	177,3 (350)
2000	126,7 (250)	202,7 (400)
2500	177,3 (350)	304 (600)
3000	202,7 (400)	304 (600)
4000	253,4 (500)	405,37 (800)
5000	354,7 (700)	608 (1200)
6000	405,37 (800)	608 (1200)

# Sistema de Tierras (Referencias técnicas)

**NOM 1999 Tabla 310-16. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C**

mm <sup>2</sup>	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	AWGkcmil
	TIPOS: TW*, TWD*, CCE TWD-UV	TIPOS: RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT	TIPOS: RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*, BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	
	Cobre			Aluminio			
0,8235	---	---	14	---	---	---	18
1,307	---	---	18	---	---	---	16
2,082	20*	20*	25*	---	---	---	14
3,307	25*	25*	30*	---	---	---	12
5,26	30	35*	40*	---	---	---	10
8,367	40	50	55	---	---	---	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500

# Sistema de Tierras (Referencias técnicas)

**NOM 1999 Tabla 310-17 . Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados individualmente de 0 a 2000 V nominales, al aire para una temperatura del aire ambiente de 30 °C**

mm <sup>2</sup>	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	AWGkcmil
	TIPOS TW*	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*,	TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THW-LS, THWN-2*, XHHW*, XHHW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2	
Cobre			Aluminio				
0,8235	....	---	18	....	....	....	18
1,307	....	---	24	....	....	....	16
2,082	25*	30*	35*	....	....	....	14
3,307	30*	35*	40*	---	---	---	12
5,26	40	50*	55*	---	---	---	10
8,367	60	70	80	---	---	---	8
13,3	80	95	105	60	75	80	6
21,15	105	125	140	80	100	110	4
26,67	120	145	165	95	115	130	3
33,62	140	170	190	110	135	150	2
42,41	165	195	220	130	155	175	1
53,48	195	230	260	150	180	205	1/0
67,43	225	265	300	175	210	235	2/0
85,01	260	310	350	200	240	275	3/0
107,2	300	360	405	235	280	315	4/0
126,67	340	405	455	265	315	355	250
152,01	375	445	505	290	350	395	300
177,34	420	505	570	330	395	445	350
202,68	455	545	615	355	425	480	400
253,35	515	620	700	405	485	545	500

# *Sistema de Tierras*

---

**Industria del Alkali, S.A. de C.V.**  
**Carretera a García Km. 9**  
**C.P. 66000**  
**García, N.L., México**

**SECOVI S.A. de C.V.**  
**Oscar Wilde # 155**  
**Col. Colinas de San Jerónimo**  
**C.P. 64630**  
**Monterrey, N.L., México.**

Elaborado por:

Revisado por:

---

**ING. JULIO RODRIGUEZ**  
**INGENIERO DE CAMPO**  
**EXT. 111**

---

**ING. LUIS E. BARRIENTOS**  
**HERNANDEZ**  
**INGENIERO DE CAMPO**  
**EXT. 142**

---

**ING. VICENTE REYES**  
**GUTIERREZ**  
**INGENIERO DE CAMPO**  
**EXT. 141**

**SECOVI S.A. DE C.V. Tel. (01- 81) 83 33 87 88 Ext. 141, Fax.- (01-81) 83 33 52 55**

