



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

Alimentación Tracción a Talleres de
Mantenimiento del Sistema de Transporte
Eléctrico Metro.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Ingeniero Mecánico Eléctrico

P R E S E N T A N:

Armando Gómez De Velasco Guerrero

Delfino Segura Vences

DIRECTOR: ING. ARTURO MORALES COLLANTES

México, D. F.

1 9 9 3,

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ALIMENTACION TRACCION A TALLERES DE MANTENIMIENTO
DEL SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTRICO METRO

I n d i c e

Capítulo 1. Introducción

- 1.1 Motivos que nos llevan a la concepción del taller de mantenimiento para un sistema de transporte eléctrico.
- 1.2 Recursos materiales.
- 1.3 Material rodante.
- 1.4 Instalaciones fijas.
- 1.5 Mantenimiento.
- 1.5.1 Mantenimiento de material rodante.
- 1.5.2 Mantenimiento de instalaciones fijas.
- 1.6 Resultados de mantenimiento.

Capítulo 2. Funciones y actividades a desarrollar en el taller de mantenimiento.

- 2.1 Descripción.
- 2.2 Taller de mantenimiento menor.
- 2.3 Taller de mantenimiento mayor.

Capítulo 3. Análisis operativo del taller de mantenimiento.

- 3.1 Generalidades.
- 3.2 Mando desde el puesto de maniobra.

- 3.2.1 Tablero de control óptico.
 - 3.2.2 Pupitre de mando.
 - 3.2.2.1 Itinerario de los grupos G ó T.
 - 3.2.2.2 Itinerario de enlace y demás zonas.
 - 3.2.3 Mando por botón de un itinerario.
 - 3.2.4 Anuncio de entrada a la zona de los talleres.
 - 3.2.5 Botón de autorización (BA).
 - 3.3. Maniobras diversas en la zona de los talleres.
 - 3.3.1 Prescripciones generales.
 - 3.3.2 Maniobras de entrada y salida del garage.
 - 3.3.3 Maniobras de entrada y salida del taller rodante.
 - 3.3.4 Maniobras al interior del grupo garage.
 - 3.3.5 Maniobras al interior del grupo taller material rodante.
 - 3.3.6 Movimiento entre el grupo taller material rodante y grupo garage.
 - 3.3.7 Maniobras de entrada y salida del taller de vía.
 - 3.3.8 Maniobras de entrada, salida y circulación de vía P.
 - 3.3.9 Maniobras de entrada y salida de P.G. (Plataforma giratoria).
 - 3.4 Maniobras de socorro de los aparatos de vía.
- Capítulo 4. Especialidades electromecánicas que intervienen para la implantación de un taller de mantenimiento.
- 4.1 Sistema de tracción.
 - 4.2 Sistemas electrónicos.

- 4.2.1 Señalización.
- 4.2.1.1 Generalidades.
- 4.2.2 Pilotaje automático.
- 4.2.3 Mando centralizado.
- 4.2.4 Alarmas.
- 4.2.5 Telefonía directa.
- 4.3 Sistemas hidráulicos y sanitarios.
- 4.4 Sistema de aire.
- 4.5 Sistemas de protección contra incendio.
- 4.6 Sistemas eléctricos.

Capítulo 5. Análisis del diagrama unifilar de alimentación tracción del taller de mantenimiento.

- 5.1 Definición del sistema de tracción en el taller de mantenimiento.
 - 5.1.1 Objetivo.
 - 5.1.2 Características generales del taller y su operación.
 - 5.1.3 Consideraciones para la implementación del sistema de tracción.
 - 5.1.4 Sistema de suministro de la energía.
 - 5.1.5 Red de alimentación tracción de los talleres.
 - 5.1.5.1 Caseta C.
 - 5.1.5.2 Caseta C1.
 - 5.1.5.3 Caseta C2.
 - 5.1.5.4 Caseta C3.
- 5.2 Determinación del tipo y capacidad de los puentes de continuidad del retorno negativo del sistema de tracción en el taller de mantenimiento.

- 5.2.1 Objetivo.
- 5.2.2 Introducción.
- 5.2.3 Consideraciones generales.
- 5.2.3.1 Características del material rodante.
- 5.2.4 Análisis del cálculo.
- 5.2.4.1 Potencia por vehículo vacío.
- 5.2.4.2 Demanda de corriente de arranque por motriz.
- 5.2.4.3 Corriente de arranque por tren de 9 vehículos.
- 5.2.5 Selección del tipo y calibre de conductores.
- 5.2.6 Conclusiones.
- 5.3 Determinación del calibre de los conductores para alimentación al sistema de tracción en el taller de mantenimiento.
- 5.3.1 Objetivo.
- 5.3.2 Consideraciones generales.
- 5.3.2.1 Parámetros a considerar.
- 5.3.2.2 Capacidad de suministro de corriente de la S.E.R. (Subestación Eléctrica de Rectificación).
- 5.3.3 Determinación del número y calibre de conductores.
- 5.3.3.1 Corrección por temperatura y agrupamiento.
- 5.3.4 Conclusiones.

Capítulo 6. Equipos del sistema de alimentación tracción con mando manual.

- 6.1 Alcance.
- 6.2 Condiciones de servicio.
- 6.3 Normas de construcción.

- 6.4 Consideraciones generales.
- 6.5 Características particulares.
- 6.6 Pruebas.
- 6.7 Inspección y pruebas.
- 6.8 Certificado de pruebas.
- 6.9 Partes de repuesto.
- 6.10 Empaque.
- 6.11 Garantía.
- 6.12 Derechos de patente.
- 6.13 Información que debe proporcionar el proveedor.
- 6.14 Anexo.

Capítulo 7. Equipos del sistema de alimentación tracción con mando eléctrico y apertura automática por incidente en la zona correspondiente.

- 7.1 Alcance.
- 7.2 Condiciones de servicio.
- 7.3 Normas de construcción.
- 7.4 Consideraciones generales.
- 7.5 Características particulares.
- 7.5.1 Interruptor de vías de depósito (IVD).
- 7.5.2 Interruptor de vías de mantenimiento (I.V.M.).
- 7.5.3 Interruptor de vías de lavado (I.V.L.).
- 7.5.4 Interruptor de vías de pruebas (I.V.P.).
- 7.5.5 Accesorios para mando y señalización del equipo.

- 7.6 Pruebas.
- 7.7 Inspección y pruebas.
- 7.8 Certificado de pruebas.
- 7.9 Partes de repuesto.
- 7.10 Empaque.
- 7.11 Garantía
- 7.12 Derechos de patente.
- 7.13 Información que debe proporcionar el proveedor.
- 7.14 operación en primera etapa.

Capítulo 8. Cables y canalizaciones usadas en la red de alimentación tracción.

- 8.1 Diseño de canalizaciones eléctricas en talleres.
- 8.2 Cableado.
 - 8.2.1 Cableado en ductos y registros.
 - 8.2.2 Cableado en charolas.
 - 8.2.3 Cables instalado en muro con soportes.

Capítulo 9. Conclusiones y comentarios.

- 9.1 Conclusiones.
- 9.2 Comentarios.

Capítulo 1

I N T R O D U C C I O N

1.1 MOTIVOS QUE NOS LLEVAN A LA CONCEPCION DEL TALLER DE MANTENIMIENTO PARA UN SISTEMA DE TRANSPORTE ELECTRICO

La justificación de un área de mantenimiento en cualquier tipo de empresas se encuentra en que sirve para asegurar la disponibilidad de los equipos, edificios y servicios que se utilizan en todas las áreas de la organización, para desarrollar sus funciones. La función de mantenimiento debe considerarse como parte integral e importante de cualquier empresa.

En la industria moderna el costo de mantenimiento se ha considerado como la mayor parte del costo total de sus operaciones. Independientemente del tremendo aumento de importancia, del costo y de la complejidad de la función de mantenimiento, es necesario considerar que esta función existe porque es una faceta necesaria de la operación de cualquier industria y no una unidad independiente.

Esta área de la ingeniería, de vital importancia en la sociedad actual, tiene como finalidad solucionar los problemas cotidianos y el de conservar en buen estado de funcionamiento los recursos físicos de las empresas; aunque a veces sus funciones invaden otras áreas de la ingeniería, tales como el diseño, análisis o

administración. Aunque en la práctica el alcance de las actividades de las áreas de mantenimiento es diferente en cada empresa y se encuentra influido por el tamaño de la misma, tanto por el tipo, como la política de la compañía y por los antecedentes de ésta y de la rama industrial a la que pertenece, es posible agrupar estas actividades en dos clasificaciones generales:

Las funciones primarias, entre las que se encuentra el mantenimiento y el equipo, de los edificios y las construcciones, inspección del equipo, producción de equipo, modificaciones al equipo y edificios, nuevas instalaciones de equipo y edificios. Las funciones secundarias, las cuales debido a la experiencia, conocimiento técnico, antecedentes y otros factores, se delegan al área de mantenimiento.

Las funciones primarias son las actividades axiomáticas de todos los grupos de mantenimiento, siendo su principal razón de existencia. La responsabilidad incluida en esta actividad es proceder en forma rápida y económica en las reparaciones de los equipos, la anticipación de la necesidad de estas reparaciones y cuando sea posible, tomar medidas preventivas para minimizar la frecuencia de fallas de los equipos, así como la reparación oportuna de las obras civiles pertenecientes a la compañía y la adecuación de estas a las necesidades de la empresa.

Dentro de las funciones secundarias cabe mencionar la elaboración de manuales de mantenimiento, procedimientos de la elaboración de programas de capacitación y actualización de personal.

1.2 RECURSOS MATERIALES

El mantenimiento del Metro tiene, como es lógico muchos puntos de contacto con el mantenimiento de cualquier industria; el alto nivel de mecanización de las máquinas e instalaciones, su complejidad creciente, en la necesidad de refacciones tan variadas como costosas, la determinación de métodos generales de seguridad en la prestación de los servicios y de normas específicas para la ejecución de tales servicios, la consiguiente necesidad de velar por la preparación del personal, tanto el de nuevo ingreso como el veterano; todo esto viene a construir el denominador común de nuestros esfuerzos, hay sin embargo ciertos aspectos en los que las semejanzas desaparecen y en los que el Metro se ve necesitado de aplicar normas particulares que son consecuencia de la índole del servicio que presta; normas tanto más estrictas en nuestro caso cuanto que el nivel de utilización de sus recursos, no se satisfacen con la aplicación de procedimientos análogos a los de otros sistemas sino que reclama una atención todavía más estricta.

Se debe medir la importancia de un área de mantenimiento en base a la cantidad de equipos y construcciones civiles a los que se debe tener en disponibilidad de servicio, así como la variedad de éstos desde el punto de vista técnico, en el caso de empresas de servicio, como es el Metro, se presentan una gran variedad de dispositivos.

El Sistema de Transporte Colectivo Metro cuenta, para transportar a millones de pasajeros diariamente, con una gran

cantidad de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos, así como carros, kilómetros de vías dobles, diversos edificios, talleres y otras obras civiles. Estos recursos físicos se describen en forma abreviada a continuación.

1.3 MATERIAL RODANTE

Este se refiere a los carros de que dispone el Sistema. Existen tres modelos de carros:

- MP68 de fabricación francesa
- NM73-A de fabricación nacional
- NM73-B de fabricación nacional con equipo de recuperación de energía

Los trenes están formados por nueve carros, de los cuales dos son motrices con cabina (M), 4 son motrices sin cabina (N), y tres son remolques (R).

Los principales equipos y partes que forman los carros son:

- 4 motores por carro motriz
- 1 compresor por carro motriz
- 1 motor alternador por carro motriz
- 1 banco de baterías por remolque
- 4 escobillas positivas por carro motriz
- 2 escobillas negativas por carro motriz

- 2 escobillas de tierra por carro motriz
- 4 escobillas de tierra por remolque
- 8 puertas por cada carro
- 2 carretillas (bogies) por cada carro
- 8 ruedas de seguridad por cada carro
- 8 ruedas de guiado por cada carro
- 8 ruedas portadoras por cada carro

1.4 INSTALACIONES FIJAS

Aquí se incluyen todos los equipos electromecánicos y electrónicos, así como las vías y estructuras de que dispone el sistema. En resumen, el sistema cuenta: en el área de electromecánica con cuatro subestaciones de 85,000 volts, subestaciones de rectificación, sistema de distribución de 750 volts de corriente continua, subestaciones de baja tensión y un puesto de despacho de carga. En el área de eléctrica, con equipos de señalización, dispositivos de paro automático, dispositivos de mando centralizado, torniquetes de entrada y salida, así como dispositivos de telecomunicaciones. En el área de vías y estructuras, con kilómetros de vías sencilla, compuesta por pista de rodamiento, barra guía y riel de seguridad, además incluye las estructuras con kilómetros de túnel, talleres que por lo general se establecen al final de las líneas, subestaciones de rectificación, estaciones de usuarios y edificio central de control.

1.5 MANTENIMIENTO

Son varias las consecuencias beneficiosas que se obtienen de un servicio de mantenimiento bien realizado. Una consiste en el mejoramiento de la forma de prestar los propios servicios. Dicha forma no debe, en ningún caso, ser considerada rutinaria ni definitiva. Las normas deben ser estudiadas continuamente y modificadas cuando una experiencia bien sentada lo haga aconsejable. Para lograrlo deben mantenerse abiertos en todo momento los canales de comunicación, no sólo de arriba a abajo, en forma de órdenes, sino de abajo a arriba y en forma horizontal (entre escalones análogos), para recibir y estudiar sugerencias que, de ser aprobadas, pasan a modificar o complementar las normas vigentes. Otra consecuencia benéfica consiste en la ayuda que los resultados en los mantenimientos puede y debe presentar a los fabricantes del equipo y refacciones, señalando las fallas repetitivas y los puntos débiles, incluyendo sugerencias nacidas de la observación del comportamiento de los equipos durante el trabajo.

El mantenimiento del material rodante, de las Vías y estructuras, así como todas y cada una de las instalaciones electrónicas y electromecánicas que integran los recursos físicos del Sistema de Transporte Colectivo, se considera como función primordial del servicio y, por ello es objeto de la más acuciosa atención por parte del personal técnico. Los programas de mantenimiento que realiza el Metro se desarrollan de la siguiente forma:

1.5.1 Mantenimiento de material rodante

Se tiene un programa de mantenimiento menor, que se proporciona a los trenes cada 6000 Km recorridos, incluyendo el mantenimiento sistemático, cíclico y la limpieza externa consistente en la verificación, ajuste, limpieza y cambios de piezas de desgaste localizadas en los dispositivos eléctricos y mecánicos del tren; incluyen la lubricación en general y la verificación de neumáticos.

Además de lo anterior, se cuenta con un programa de mantenimiento mayor, que se efectúa en cada uno de los carros con una periodicidad de: 330,000 km para los carros motrices y 400,000 km para los carros remolques; consiste en retirar, verificar y volver a montar los motores, interruptores, equipos de control, ejes y, en general, todos los equipos eléctricos y mecánicos con que cuentan los carros. Además se realiza una cuidadosa inspección de la parte estructural de las carrocerías, y las carretillas de los mismos. Puede ayudar a formarse una idea del trabajo implícito en el mantenimiento mayor, el tener en cuenta que el número de piezas que integran un carro es muy cercano a las 15,000.

Ambos programas de mantenimiento mencionados son de carácter preventivo, por lo cual existe personal dedicado al mantenimiento correctivo, esto es, averías en carros que se presentan en la circulación de estos. Estas fallas son atendidas, por lo general, en los talleres de mantenimiento menor o en las fosas de visita localizadas en las terminales.

1.5.2. Mantenimiento de instalaciones fijas

Se realizan tres tipos de mantenimiento para conservar en buen estado de operación las instalaciones fijas; el mantenimiento preventivo, que consiste en la revisión del equipo y cambio de los elementos desgastados antes de que ocasionen alguna perturbación a la operación (incluyendo la nivelación y compactación de la vía). El mantenimiento correctivo, que consiste en la reparación del equipo que presenta averías en el menor tiempo posible para efectuar en forma mínima al servicio. El mantenimiento predictivo, de creciente utilización en el S.T.C., es un auxiliar preventivo, ya que permite predecir con cierto nivel de confianza cuando se debe cambiar un elemento para evitar que falle o se averíe. Basándose en estadísticas de años anteriores.

1.6 RESULTADOS DE MANTENIMIENTO

El Sistema de Transporte Colectivo con 1182 personas dedicadas al servicio de mantenimiento, distribuyéndose de la siguiente forma: 411 destinadas al material rodante, 142 a los equipos electrónicos, 209 a los equipos electromecánicos y 420 a las vías y estructuras.

Con los recursos humanos mencionados se obtuvieron, durante el año de 1977, los siguientes resultados importantes:

- Se efectuó mantenimiento mayor a 179 carros.
- Se realizó mantenimiento sistemático a 1245 trenes.
- Se atendieron 40 averías de mantenimiento mayor.
- El número de averías presentadas durante 1977 fue de 12.33 por carro contra 29.9 registradas en 1976.
- Se realizaron 6130 intervenciones en los equipos electrónicos.
- En filtraciones, albañilería, cancelería, cerrajería, pintura y plomería, se efectuaron más de 21,000 intervenciones de 280,797 vueltas programadas, dejaron de realizarse 1,220 vueltas por avería en las instalaciones fijas y material rodante (99.37% de eficiencia).

Dado el considerable efecto en la afluencia de usuarios al sistema, ha aumentado la utilización de las instalaciones fijas y el material rodante, lo cual ha colocado la intensificación de los programas de mantenimiento preventivo, lográndose abatir el número de intervenciones de mantenimiento correctivo en todas las áreas de mantenimiento del sistema de transporte colectivo.

Los requerimientos de explotación de los equipos, vías, túneles, edificios y talleres han conducido a la conjunción de equipos técnicos especializados para la atención de emergencias en horas de servicio, con el fin de disminuir la afectación de la operación por averías.

El porcentaje de mantenimiento preventivo realizado en función de las horas-hombre disponibles ha sido superior al 96% de lo

programado, dando su especial atención a los equipos que afectan directamente la operación, este porcentaje es el más alto logrado desde el inicio de la operación del Metro. Estos resultados han sido posibles gracias a la estrecha coordinación entre las diferentes áreas de S.T.C. y la capacitación y actualización del personal que realiza estos trabajos.

Un nuevo método de programación de mantenimiento ha sido adoptado, con miras a superar la calidad de la información y su utilización. Básicamente consiste en una programación adelantada en once meses, es decir, al término de un mes y con la claridad que permite una experiencia inmediata, se programa el mismo mes del año siguiente; esto llevado a cabo mes a mes, con un ajuste al final del año, permite tener un programa de mantenimiento avanzado, autorizado permanentemente y acorde a las realidades a las que se enfrentan las áreas de mantenimiento del Metro.

Los análisis estadísticos y de correlación han permitido tomar decisiones más oportunas y establecer políticas adecuadas a las diversas situaciones que se presentan para la reparación de averías. Esto es, mantenimiento correctivo. Entre otros análisis se encuentran: la determinación de los cambios en el patrón de averías trimestrales; la estabilización de la curva de averías a través de promedios móviles y el análisis de correlación entre el porcentaje de mantenimiento mensual efectuado y el número de averías ocurridas por mes.

Aunando a los trabajos propios del mantenimiento, las áreas de electromecánica, electrónica y vías y estructuras, han --

requerido diseñar, adaptar y reconstruir una gran cantidad de equipos, así como elaborar productos químicos con el propósito de cubrir las necesidades que se presentan en el mantenimiento.

Es importante mencionar que la experiencia técnica del personal permite brindar una cooperación técnica para los trabajos de ampliaciones del sistema, en la elaboración de estudios para el mejoramiento de los equipos e instalaciones, y otras actividades tendientes a facilitar la operación y el mantenimiento del sistema.

Capítulo 2

FUNCIONES Y ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN EL TALLER DE MANTENIMIENTO

2.1 DESCRIPCION

El Depósito totalmente cubierto abarca quince vías de una capacidad de 15 trenes con 6 coches. Una de las vías se utiliza como vía de lavado y arenado.

El conjunto de las vías da acceso a un doble haz de vía.

El trazado de las vías es estudiado de modo que se cubra óptimamente varias obligaciones como son:

- a) Aumentar lo máximo la longitud útil de las vías, habida cuenta de los despejes de la vía, necesarios en las extremidades. Con este fin se utilizan arcos de círculo con un radio de 60 m.

La longitud de las vías de estacionamiento alcanza los 103 m lo que permite el estacionamiento de un tren por cada vía.

- b) Se prevee un espacio libre de 1.50 m a lo mínimo entre los trenes al lado uno del otro.

- c) Preservar entre dos vías vecinas, un espacio que permite, si es preciso, el paso de un hombre entre dos trenes parados o entre un tren parado y otro moviéndose entre dos trenes, habida cuenta de su desbordamiento respectivo si se trata de paso en curva.
- d) Reservar, en la extremidad del haz de vías, un paso que permite a un vehículo de manutención o al personal de pasar de una vía a la otra.

2.2 TALLER DE MANTENIMIENTO MENOR

Como cualquier maquinaria, los carros del Metro requieren de conservación para mantenerse en buen estado.

El Sistema de Transporte Colectivo en su organización cuenta con un departamento encargado del mantenimiento preventivo y correctivo de los trenes.

Los mantenimientos preventivos se han clasificado en dos grandes grupos: mantenimiento menor y mantenimiento mayor.

El mantenimiento menor, se efectúa a los equipos de los trenes, sin necesidad de separar las carrocerías de los boguies y sin desarmar a los distintos órganos, en sus partes constitutivas.

Entre ellos podemos citar: la verificación de la presión de los neumáticos, la verificación del nivel del electrolito de las

baterias, la verificación del estado de las escobillas.

A su vez, estos mantenimientos menores se han subdividido en: mantenimiento sistemático y mantenimiento cíclico.

Los mantenimientos sistemáticos se llevan a cabo cada 6,000 km y los mantenimientos cíclicos, dependiendo de su necesidad, se efectúan cada tres meses, seis meses, cada año, cada dos años, con o sin la ayuda de un taller centralizado.

En la agrupación de los trabajos anteriores se han tomado como base, las labores desarrolladas en equipos similares en los trenes del Metro de París, hace diez años, los manuales de mantenimiento de los distintos fabricantes de los equipos, la experiencia obtenida en la operación del Metro de México en función de los 120,000 km de recorrido anual promedio por tren, y la carga a la que son sometidos los carros.

2.3 TALLER DE MANTENIMIENTO MAYOR

La segunda clasificación de labores de los mantenimientos preventivos, el mantenimiento mayor, nace de la necesidad de verificar los ejes diferenciales, cada 330,000 km cuyo desmonte requiere la separación de la carrocería de los boguies, y es ahí donde se aprovecha la estancia del carro, para realizar el mantenimiento profundo de todos los componentes de los equipos.

Los remolques, por su simplicidad, han demostrado que con

efectuarles su mantenimiento mayor cada 400,000 km, se mantienen en buen estado.

En el mantenimiento mayor, también hay labores que se efectúan cíclicamente; por ejemplo, mencionaremos la pintura de carrocerías, que debe realizarse cada diez años.

Para la determinación de las periodicidades, al igual que en los talleres de mantenimiento menor, se tomaron en consideración: la experiencia de París, las recomendaciones del fabricante y sobre todo, los resultados de los años de operación del Metro.

El mantenimiento correctivo, también está dividido en labores de mantenimiento menor, las más comunes y las labores de mantenimiento mayor.

La diferencia radica en la separación de las carrocerías de los bogués.

Si bien es cierto, que todos los equipos pueden tener averías, no es posible que se permitan aquellas que pongan en peligro al público usuario. Estas se advierten durante los mantenimientos preventivos.

Existen otras que, como norma, no se les permite sobrepasar en forma repetitiva, más allá de un 10% durante el periodo de un mantenimiento mayor a otro del equipo en cuestión.

Para solucionar el problema anterior cuando se llega a

presentar, se recomiendan, según correspondan:

- Cambios en la periodicidad del mantenimiento
- Cambios al proceso del mantenimiento
- Se plantea la necesidad de una modificación al equipo, al departamento de ingeniería de carros, con lo que se abaten a mediano plazo, estas averías.

Para realizar las labores de mantenimiento antes señaladas, se ha requerido para el mantenimiento menor, de talleres que cuenten con vías en fosa, con una longitud de 150 m donde se alojen los trenes que permitan a los técnicos de mantenimiento, llegar a todos los elementos de los carros.

Estas fosas sirven para realizar tanto el mantenimiento preventivo como el mantenimiento correctivo.

Fue necesario dotar una vía con accesorios que permita el sopleteo y aspiración de polvos, ya que el ambiente de la ciudad de México, en épocas de sequía, contiene mucho polvo que se deposita en los ductos de ventilación de las máquinas eléctricas giratorias.

La limpieza de las carrocerías, se realiza con la ayuda de una máquina lavadora.

En las terminales opuestas a los talleres, se tiene una fosa donde se efectúa el mantenimiento correctivo.

Otra instalación necesaria para la recepción de trenes es la

mesa giratoria que se utiliza para dar sentido correcto a los carros.

El diseño del taller de mantenimiento mayor, permite retirar un carro formado en un tren, para desmontar todos los elementos constitutivos, realizarle los mantenimientos y volverlos a montar, para tales fines, se disponen de las siguientes instalaciones:

- Para separar un carro del tren, se tienen dos vías ligadas en un extremo con el peine del taller y en el otro con el puente transbordador.
- Vías con fosas para separar las ligas eléctricas, mecánicas y neumáticas, entre la carrocería y el boguie.
- Una cámara de sopleteado para quitar las capas de grasa y polvo, antes de iniciar el montaje de las piezas.
- Conjuntos de baterías de gatos y fosas, donde se pueden separar la carrocería de los boguies y de estos, todos los elementos que los compone.

Las zonas donde se desarrollan estas labores, las denominaremos talleres de montaje. Estas instalaciones también sirven para el mantenimiento correctivo.

Con el fin de atender órganos similares, se tienen los siguientes talleres centralizados:

- Taller de ajuste en banco. Se atienden los componentes de los sistemas de puertas, ventanas, escobillas, cilindros de freno, reguladores de freno, etc.
- Taller de diferenciales

- Taller de enganches
- Taller de instrumentos y relevadores
- Taller eléctrico, donde se atienden contactores, interruptores, manipuladores, etc.
- Taller de compresores
- Taller de tapicería

Por último, para complementar a los talleres centralizados se tienen los siguientes talleres auxiliares:

- Taller de frenos, carpintería y fibra de vidrio
- Taller de máquinas herramientas
- Taller de soldadura

Tanto los talleres centralizados como los talleres auxiliares atienden a las necesidades de los talleres de mantenimiento menor, en cuanto a mantenimiento cíclicos, como reparación de componentes averiados.

Todos estos talleres, cuentan con los equipos necesarios, en cuanto a instalaciones electroneumáticas y de transporte de materiales.

Con el fin de optimizar y complementar las instalaciones del taller de mantenimiento mayor, se utilizará mesas giratorias para retirar los carros que pasan a mantenimiento mayor, con el principio de la casa redonda de las locomotoras de vapor.

Se instalarán también: dos baterías de gatos para el taller de hojalatería y los equipos para la línea de repintado de carrocerías.

Se encuentran a niveles de proyecto, los talleres de electrónica y pintura de partes.

El dimensionamiento del taller, es aproximadamente para un lote de 600 carros.

Algunos problemas que se deben prever para futuras ampliaciones son:

- El capital que representan los boguies de refacción inactivos.
- No contar con boguies de inmediato intercambio.
- Batería de gatos de alto costo, mal utilizadas al usarlas como soportes.
- Desaprovechamiento de la mano de obra calificada en la limpieza de partes.
- Contaminación del taller, por solventes limpiadores.
- Bloqueos de las gruas puente por su alta utilización y tiempos muertos.
- Alta inversión en herramientas de mano.

Una buena filosofía que permita aumentar la cantidad y calidad de los trabajos del taller y minimizar costos es:

Trabajar en línea, de manera que a una posición, corresponda solo un trabajo determinado. Con la centralización del lavado de partes y búsqueda de fisuras, la utilización de pequeñas y gruas radiales o modulares, el aprovechamiento de los boguies de ---

reserva, la no adquisición de más baterías de gatos y la baja inversión en herramientas de mano satisfacen los diseños del taller.

CAPITULO 3

ANALISIS OPERATIVO DEL TALLER DE MANTENIMIENTO

3.1 GENERALIDADES

La zona de maniobras de los talleres comprende tres partes principales:

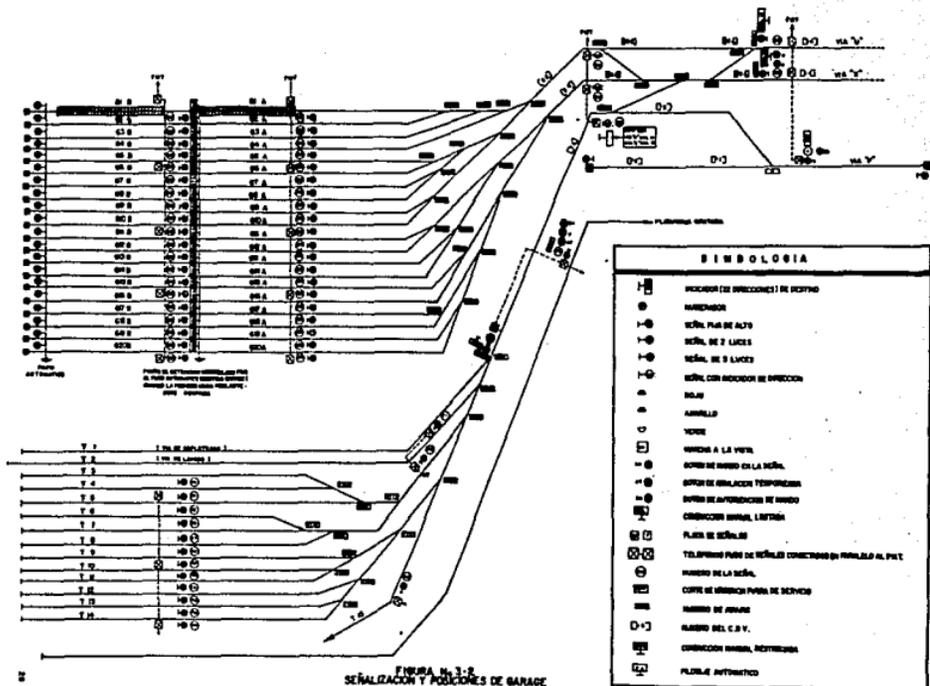
- El enlace con la terminal.
- Los talleres de material rodante (Grupo T).
- Los garages de transportación (Grupo G).

Los itinerarios entre las diferentes partes se mandan ya sea:

- a) Desde el puesto de maniobra (PMT), o;
- b) Mediante botones de mando ubicados a proximidad de las señales de maniobra. Ver figura No. 3.2.

En las partes de vía señalizadas los aparatos de vía son mandados por motores eléctricos. Ver figura No. 3.3.

Al agente encargado del puesto de maniobra se le designa por jefe del PMT.



3.2 MANDO DESDE EL PUESTO DE MANIOBRA

3.2.1 Tablero de control óptico (pupitre de mando) Ver figura No. 3.2

Los circuitos de vía (CDV) están representados por barras pintadas con un indicador luminoso que se enciende en:

- * Blanco, si el CDV está libre
- * Rojo, si el CDV está ocupado

Las vías de la nave de los talleres de material rodante, así como las vías V, P y PG no tienen circuitos de vía.

Las señales de maniobra están representadas por un indicador luminoso que se enciende en:

- * Verde, si la señal está en amarillo
- * Rojo, si la señal está en alto total
- * Blanco, si la señal está en alto espaciamiento

La posición de los aparatos de vía esta representada por dos indicadores blancos. Sólo se enciende el que corresponda a la posición del aparato asegurado en una dirección.

3.2.2 Pupitre de mando Ver figura No. 3.1

Existen dos formas de itinerario:

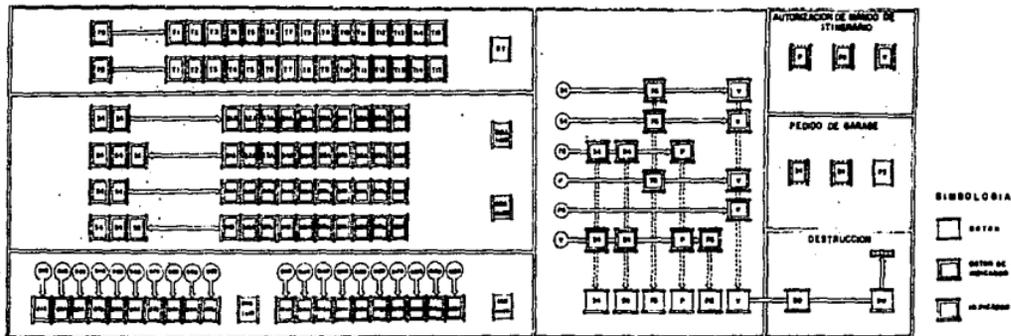


FIGURA No. 3-1
PUPITRE DE MANDO

- A) Los itinerarios de entrada y salida del haz de garage de transportación en los talleres material rodante (Grupos G y T).
- B) Los itinerarios de los movimientos entre el enlace y las demás zonas de talleres (Vías N, P, PG, y V).

3.2.2.1 Itinerario de los grupos G o T

Botones con dos indicadores luminosos; cada indicador se enciende en:

- Parpadeante, si el itinerario se registra
- Fijo, si el itinerario se establece

Los botones para los movimientos GD-GA no pueden registrarse.

Para mandar un itinerario:

- Oprimir simultáneamente el botón CDV origen y el botón CDV destino. Seguidamente se puede mandar otro itinerario del mismo origen o destino; el itinerario se registrará para los itinerarios GB-GA, oprimir solamente el botón CDV de destino.

Para destruir un itinerario:

- Para los itinerarios del grupo G ó T, oprimir simultáneamente, según el grupo de itinerarios, el botón DGA; DGD ó DT y el botón DO ó DU, según el tipo de destrucción. En -

caso de tener un itinerario registrado en el grupo. La acción del botón de destrucción destruye igualmente dicho itinerario.

3.2.2.2 Itinerario de enlace y demás zonas

El mando se efectúa mediante el botón de destino con un indicador luminoso incorporado que se enciende:

- Parpadeante, si el itinerario se registra
- Fijo, si el itinerario se establece

Destrucción de un itinerario:

- Si el CDV de acercamiento está ocupado, utilizar la destrucción de urgencia (DU), el itinerario se destruye después de 30 segundos.
- Si el CDV de acercamiento está libre:
 - a) Utilizar la destrucción ordenada (DO) el itinerario se destruye inmediatamente.
 - b) Oprimir simultáneamente el botón de destrucción de la línea horizontal que corresponda al CDV de destino del itinerario por destruir y al botón DO o DU según el tipo de destrucción.

Cada vez que se utilice la destrucción DU el contador avanzará de una unidad.

3.2.3 Mando por botón de un itinerario

Cada caja comprende:

- Uno o varios botones de mando de itinerario.
- Uno o varios indicadores amarillos (este indicador significa que el itinerario está registrado o establecido).
- Un indicador luminoso blanco (este indicador significa que el itinerario está destruido).

Para mandar un itinerario:

- Oprimir el botón de itinerario hasta que se encienda el indicador luminoso amarillo.

Para destruir un itinerario:

- Oprimir el botón "anulación"

La señal pasa en alto total, el indicador amarillo se apagará después de 30 segundos.

3.2.4 Anuncio de entrada a la zona de los talleres

Cuando uno o varios de los itinerarios:

26 - 34
26 - 54
46 - 34

de la terminal este establecido, el jefe del PMT será informado que un tren está por entrar en la zona de talleres por vía U ó X.

En este caso, el indicador correspondiente se encenderá con funcionamiento de un zumbador.

- El paro del zumbador se obtiene oprimiendo el botón PZ
- El apagador se apaga al destruirse el itinerario

3.2.5 Botón de autorización (BA)

El mando de itinerario de acceso a las vías V, PG, y P, es tributario del accionamiento simultáneo del botón de mando del itinerario por el jefe del PMT y del botón de autorización (BA) ubicado a la entrada de la vía de destino, accionado por el agente de la maniobra que recibe el tren.

- A) El indicador del pupitre se enciende en blanco fijo al oprimir el botón de autorización; queda encendido durante el establecimiento y se apaga al destruirse el itinerario.
- B) El indicador en la caja del BA se enciende en blanco fijo al registrarse el itinerario, se apaga al destruirse el itinerario.

3.3 MANIOBRAS DIVERSAS EN LA ZONA DE LOS TALLERES

3.3.1 Prescripciones generales

Los movimientos de la terminal hacia los garages de transportación o los talleres (vía y material rodante) se efectúan por las vías U ó X.

Los movimientos inversos de los garages o de los talleres hacia la terminal se efectúan por las mismas vías (U ó X).

Para todos estos movimientos es posible, previo acuerdo del PCC, utilizar una u otra vía.

Los movimientos entre las vías de los talleres (PR y vía de pruebas) se efectúan normalmente por la vía T, así como los movimientos entre las vías de los talleres y vía de lavado.

Los movimientos entre la vía de lavado y los garages se efectúan por vía X o U.

Los movimientos que interesan al grupo talleres material rodante se efectúan mediante acuerdo del jefe de taller o del agente por el designado; jefe de maniobras material rodante.

Todos los movimientos, salvo los internos del grupo taller, se anotarán en la bitácora (hora, naturaleza del movimiento, número o composición del tren).

De una manera general, los movimientos de entrada y de salida del garage tienen prioridad sobre los demás movimientos. Antes de emprender una maniobra, el jefe del PMT deberá cerciorarse de que esta no estorbe a una maniobra prioritaria.

3.3.2 Maniobras de entrada y salida del garage

A. Entrada a garage (ejemplo de vía G5):

Al estar el tren anunciado en 34 ó 54 (indicador "pedido de garage encendido"), el jefe del PMT manda el itinerario 34-G5 o 54-G5.

El conductor detendrá el tren en la señal 34B o 54B según la vía de entrada. Paso a CML 15. Volverá a detenerse a nivel del punto de detención controlado (G5A). Si la posición G5B está libre prosigue y ahí se estaciona.

B. Salida de garage:

Según el programa de salidas de garage (ejemplo G5-34) el jefe del PMT deberá cerciorarse que el indicador 34 "pedido de garage" no esté encendido.

Mando del itinerario G5A-34 por acción simultánea de los botones G5A y 34.

- a) Si la vía U está libre, los itinerarios G-36 y 36 34 se autorizan.
- b) Si la vía U está ocupada, el itinerario mandado se establece pero sólo se autoriza parcialmente hasta la señal 36.

Sin embargo es posible, para reducir el intervalo entre dos salidas de garage, mandar el itinerario G5A-36 y seguidamente mandar 36-34 ó 36-54.

La conducción del tren se efectuará en CML 15 hasta la señal 34A ó 54A, donde pasará a conducción CML 25.

3.3.3 Maniobras de entrada y salida del taller rodante

A. Entrada

- PCC anuncia el envío del tren al PMT
- PMT anuncia al jefe de maniobras material rodante quien le indicará la vía donde deba dirigirse el tren (ejemplo T5).

Al estar el tren anunciado (encendido del indicador 34 ó 54 "pedido de garage").

- Confirmación al jefe de maniobras MR de la llegada del tren.
- Mando del itinerario 34-76 ó 54-76 por acción del botón 76.
- Mando del itinerario 76-T5 por acción simultánea de los botones 76 y T5.

El conductor detiene al tren en la señal 34 ó 54 según la vía de entrada y pasa a CML 15. Vuelve a detenerse a nivel de la señal 76B donde tomará conducción CMR hasta la vía T5.

B. Salida

- El jefe de maniobras MR solicita itinerario a PMT para la salida de un tren (ejemplo vía T5 a vía U).
- El jefe del PMT avisa a PCC y al tener acuerdo del regulador: manda el itinerario 76-34 (por acción del botón 34).
 - 1) Si la vía U está libre, los itinerarios T5-76 y 76-34 se autorizan.
 - 2) Si la vía U está ocupada, el itinerario mandado se establece pero sólo se autoriza parcialmente hasta la señal 76A.

La conducción del tren se efectúa en CHR hasta la señal 76A. Detención para pasar a CML 15, hasta la señal 34A ó 54A, según la vía dándose la conducción en CML 36.

3.3.4 Maniobras al interior del grupo garage

(Ejemplo de vía G5 a vía G3)

El jefe del PMT:

- Se cerciorará que la vía G3 pueda recibir el tren.
- Solicita a PCC la autorización para penetrar a vía X ó U.
- Manda el itinerario G5-34 ó G5-54 según el caso.

Conducción den CML 15 hasta despejar la señal 34B o 54B.

- Mando del itinerario 34-G3 o 54-G3.

Tipo de conducción idéntico

3.3.5 Maniobras al interior del grupo taller material rodante

El jefe de maniobras material rodante solicita la maniobra a PMT (ejemplo de vía T5 a vía T7).

- Mando del itinerario T5-76.

Conducción en CMR hasta despejar la señal 76B.

- Mando del itinerario 76-T7.

Conducción en CMR hasta destino.

3.3.6 Movimientos entre el grupo taller material rodante y grupo garage

El jefe de maniobras material rodante solicita a PMT la maniobra (ejemplo: de vía T5 a G5).

El jefe del PMT se cerciora de que la vía G5 puede recibir el tren y solicita a PCC autorización para entrar a vía X o U.

- Mando del itinerario T5-76 y 76-34 ó 76-54 según el caso.

Conducción en CMR hasta la señal 76A. paso a CML 15 hasta despejar la señal 34B ó 54B.

- Mando del itinerario 34-G5 ó 54-G5.

Conducción en CML 15.

3.3.7 Maniobras de entrada y salida del taller de vía

A. Entrada

El jefe del PMT informado por PCC avisará al jefe de maniobras vía quien dispondrá los aparatos de vía para recibir el tren.

El estar el tren anunciado el jefe del PMT confirma al jefe de maniobras vía la llegada del tren.

Mando del itinerario 34-V ó 54-V según la vía con acción simultánea del botón "BA" en la señal V y del botón de mando del pupitre.

Conducción en CMR a partir de la señal V.

Nota: Durante la interrupción del servicio PMT las maniobras pueden efectuarse mediante el mando por los botones locales ubicados en las señales 54B (para la entrada) y V (para la salida).

El mando de entrada debe efectuarse con acción simultánea del BA en la señal V y del botón de mando (señal 54B).

B. Salida

Tren en señal V.

El jefe de maniobras vía solicita a PMT la maniobra.

El jefe del PMT solicita autorización a PCC para penetrar a vía X ó U.

- Mando de itinerario V-34 ó V-54 según la vía.

Conducción en CML 15 a partir de la señal 76A.

3.3.8 Maniobras de entrada, salida y circulación de vía P

A. Entrada

El jefe de maniobras material rodante solicita a PMT la maniobra

- Mando del itinerario 75-P ó V-P con acción simultánea del botón BA y de la colocación de la llave prisionera en la cerradura en la señal P.

Conducción en CMR a partir de la señal 76A.

B. Salida

Después del pedido de la maniobra de salida de la vía P.

- Mando del itinerario P-75 ó P-V con acción simultánea del botón BA, para la vía V, y la colocación de la llave prisionera en la cerradura en la señal P.

Conducción en CR hasta la señal 76B ó hasta la vía V.

C. Circulación en la vía P

La puesta en vía libre de la señal P (verde) depende de:

- El retiro de la llave prisionera de la cerradura en la señal P.
- El retiro de la llave prisionera en la cerradura en la señal P.
- El control de la posición "izquierda" del aparato de vía P y la liberación del CDV P2.

La ocupación del CDV P2 mantiene la señal P en alto espaciamiento.

3.3.9 Maniobras de entrada y salida de PG

A. Entrada

El jefe de maniobras material rodante solicita a PNT la maniobra:

- Mando de itinerario V-PG con acción simultánea del botón BA en la señal PG y del botón de mando del pupitre.

Conducción en CMR.

B. Salida

Mando del itinerario PG-V con acción simultánea del botón BA en la señal PG y del botón de mando del pupitre.

Conducción en CMR.

Nota: Durante la interrupción del servicio PMT las maniobras pueden efectuarse mediante el mando de los botones locales ubicados en las señales y (para entrada) y PG (para la salida). El mando de entrada debe efectuarse con la acción simultánea del botón BA en la señal PG y el botón en la señal V. El mando de salida debe efectuarse con la acción simultánea del botón en la señal V y el botón V en la señal PG.

3.4 MANIOBRAS DE SOCORRO DE LOS APARATOS DE VIA

(Ver figura No. 3)

Está absolutamente prohibido maniobrar una aguja sin protección previa de las señales de maniobra o en su defecto, mediante señales móviles.

El mando manual de una aguja sólo la efectúa el jefe del puesto de maniobra.

No hay socorro eléctrico, solamente socorro en mando manual.

Las llaves se encuentran en una llave de grupo.

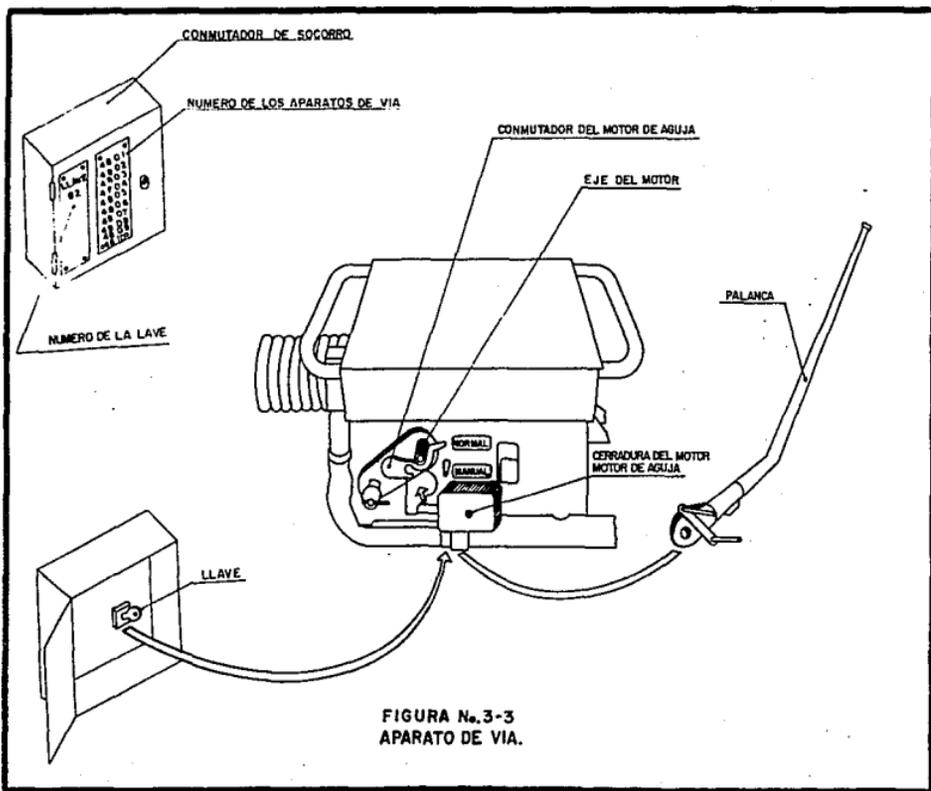
Al sacar la llave, las señales interesadas se ponen en alto total.

Hay 9 tipos de llaves según el aparato de vía por maniobrar.

- * Abrir, con llave triangular, el conmutador de socorro que lleva el número de la aguja por poner en mando manual.
- * Sacar la llave del conmutador (las señales se ponen en alto total).
- * Introducir la llave en la cerradura del motor de aguja.
- * Poner el conmutador del motor de aguja en posición "manual".
- * Poner la palanca en el extremo del eje del motor.
- * Maniobrar la palanca para mover la aguja
- * Sacar la palanca

Poner el conmutador del motor de aguja en posición "normal".

Sacar la llave y volver a ponerla en el conmutador de socorro (las señales podrán desbloquear).



CAPITULO 4

ESPECIALIDADES ELECTROMECANICAS QUE INTERVIENEN PARA LA IMPLANTACION DE UN TALLER DE MANTENIMIENTO

4.1 SISTEMA DE TRACCION

Dentro de la presente especificación se define el sistema de tracción como la totalidad de los equipos e interconexiones que se encuentran comprendidas desde la salida del equipo de medición de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (C.L. y F.C.) en 23 KV hasta la llegada de las barras guía en 750 V., C.C.

Los sistemas de alimentación en los talleres se realizarán bajo el criterio de alimentación a vías secundarias, es decir, que se zonificarán las zonas del taller por medio de interruptores automáticos, los cuales contarán con bucles de ruptores de urgencia propios, que actuarán sobre cada interruptor en particular las zonas adyacentes.

Las zonas de talleres se dividirán principalmente en cuatro partes:

- Zona de estacionamiento
- Zona de taller de pequeña revisión (mantenimiento menor)
- Zona de vía de pruebas
- Zona de taller de gran revisión (mantenimiento mayor)

Las subdivisiones que normalmente existen en cada una de éstas zonas estarán definidas de acuerdo a las características propias de cada proyecto en particular.

La alimentación eléctrica de 750 V., C.C. hacia los talleres deberá prever la alimentación a las siguientes áreas:

- Caseta de tracción
- Nave de pequeña revisión
- Nave de gran revisión
- Vía de pruebas
- Vía de lavado
- Taller eléctrico

4.2 SISTEMAS ELECTRONICOS

4.2.1 Señalización

4.2.1.1 Generalidades

El sistema de señalización tienen por objeto mantener la seguridad del recorrido de los trenes en líneas de red del Metro, restringiendo la autorización de operación, que dependen del estado general de las líneas. Las funciones fundamentales de este sistema son las siguientes:

- Evitar durante la circulación de los trenes sobre la misma vía y en el mismo sentido, todo posible alcance entre ellos, independientemente del tipo de marcha utilizado, así como evitar cualquier incidente contrario a la seguridad en el movimiento de los trenes en las zonas de maniobras.

- Mantener el movimiento telemandado local de los aparatos de vía, conservando siempre las condiciones o enclavamientos eléctricos y mecánicos a fin de evitar cualquier riesgo de colisiones o descarrilamientos de trenes.

Lo antes mencionado se logra con la utilización del sistema llamado de señalización lateral de bloqueo automático luminoso, en el cual las indicaciones relativas a la automatización y límites de velocidad son dadas mediante indicadores luminosos y semáforos instalados a todo lo largo de la línea; la detección del tren se realiza mediante circuitos de vía CDV. A dos filas del riel aislado, con juntas aislantes de separación y conexiones indicativas que aseguran la continuidad del retorno de tracción. El control y tratamiento de las informaciones procesadas por un sistema de lógica de seguridad intrínseca, se aloja en los locales técnicos de cada estación. Las informaciones y las condiciones necesarias del sistema lógico se transmiten a los puestos de maniobras en terminales y al puesto central de control PCC, desde los cuales se realizan los mandos o cancelaciones de los movimientos o itinerarios, con la utilización del pupitre de mando y del tablero de control óptico TCO, en el que se visualiza la posición de los trenes, el estado de la señalización y la posición de los aparatos de vía.

4.2.2 Pilotaje Automático

Para obtener una adecuada capacidad de transporte, se debe contar con un sistema que permita a los trenes obtener un intervalo práctico mínimo, una velocidad comercial adecuada y un tiempo de recorrido óptimo con las máximas condiciones de seguridad. El intervalo mínimo teórico no debe ser mayor de 90 seg. de tal

forma que se logre obtener una velocidad comprendida entre 33 y 36 Km/h, permitiéndose circular con varios tipos de marchas en las intersecciones, manteniendo una precisión de ± 5 seg.

En caso de avería del modo principal de conducción, que es el pilotaje automático (PA) o el modo alterno, que es la conducción manual controlada (CMC), que permite al conductor tener el control manual del tren con un nivel de seguridad parecido al del pilotaje automático, se procederá a la toma de una conducción manual limitada (CML), la cual tendrá umbrales de velocidad, con la que se deberá conservar un intervalo para los demás trenes en línea, tratando que este intervalo conserve la velocidad comercial y respetando siempre las indicaciones de señalización, tanto velocidad como de paro frente a las señales restrictivas.

La CML no podrá utilizarse mientras estén en servicio el PA o la CMC.

En caso de indisponibilidad de estos modos de conducción, el único modo posible de circulación será la conducción manual restringida (CMR), que limita la velocidad a 35 Km/h, la cual es un modo de conducción propio del tren, por lo que no existe la protección de paro ante las señales restrictivas.

La CMR no podrá utilizarse mientras estén en servicio el PA, la CMC o la CML.

Toda falla o avería de cualquier elemento deberá provocar el paro total del tren, o bien la aplicación de una orden más restrictiva que la que se hubiese dado, cualquiera que sea el origen de la falla.

Por último, el tren no podrá conducirse en conducción limitado

al CRAN T₂ (CLT₂), la cual no tiene protección de paro ante señales restrictivas ni control de velocidad.

El sistema contará con un control permanente de velocidad en PA, CMC y CNL, de tal forma que:

- No se rebasen las indicaciones de límite de velocidad dadas en señalización.
- La velocidad sea tal que el tren no pueda franquear una señal de alto, y en caso contrario, entrará en funcionamiento el control de franqueamiento, protegido por la señal restrictiva.
- En caso de sobrevelocidad, se mandará el frenado de -- urgencia hasta el paro total del tren.

Las informaciones correspondientes a las instalaciones fijas que permiten los diferentes modos de conducción, no dependerán de un mismo canal de transmisión, el cual no deberá estar instalado sobre algún elemento energizado con alta tensión.

En los casos de conducción automática y manual limitada existirá en cabina una indicación luminosa, señalando la disponibilidad o indisponibilidad de estos modos de conducción.

El sistema contará en todos sus modos de conducción con un dispositivo de control del sostenimiento del arillo del hombre muerto, permitiéndose liberar este arillo durante 2.5 segundos; en caso de rebasar este tiempo, deberá provocarse el frenado de urgencia hasta el paro total del tren.

Otro de los dispositivos de control con que deberá contar el

sistema de PA es el de selección de apertura de puertas dependiendo de la posición del andén, de tal manera que se evite que se abran las puertas del lado equivocado.

Para evitar la circulación de los trenes con conducción desde la cabina trasera y efectuar movimientos en sentido contrario, existe un control del sentido de marcha, tanto en PA, CMC y CML, como en CHR.

4.2.3 Mando Centralizado

Generalidades:

El mando centralizado es un conjunto de medios que permiten regular la circulación de los trenes, así como el estado de la alimentación de tracción en las líneas. Estos medios están concentrados en el puesto central de control (PCC) y se encuentran a disposición del regulador, agente responsable de la operación. Se compone de mandos o medios de intervención, que transmiten informaciones del PCC a las líneas y controles o fuentes de información, que envían informaciones de las líneas al PCC.

El PCC reunirá en una misma sala de operación y para cada Línea del Metro lo siguiente:

- El pupitre del regulador, con sus platinas telefónicas de itinerarios, de despacho bajo orden DBO, de funciones de las zonas de tracción, periféricos de la computadora de tráfico PGT, así como platinas de marchas e inicialización en PA.

- El tablero de control óptico (TCO) que centraliza controles relativos a la circulación de los trenes, así como los mandos y controles correspondientes a la alimentación de tracción.

En el PCC, una sala técnica agrupará el conjunto e otros equipos del mando centralizado, que se encontrará en el nivel inferior a la sala de operación.

En los restantes, las acciones del PCC designarán tanto las acciones manuales del regulador, como las automáticas de las computadoras de tráfico.

Transmisión de las informaciones

Los intercambios de informaciones entre las líneas y el PCC se agruparán por una parte con un dispositivo de teletransmisión electrónico para las informaciones de tráfico y por otra con hilos para algunas informaciones de tracción.

Funciones realizadas

En el PCC el regulador y operador de cada línea, dispone de funciones de mando y control, así como de funciones de tratamiento, entre ellas:

- Mando directo y control de los itinerarios
- Control de posiciones de las agujas y del aspecto de las señales de maniobra.
- Control de la posición de los trenes.

- Mando directo y control de los indicadores de regulación en las estaciones sobre el CBO.
- Tratamiento de identificación de los trenes, que permite conocer la identificación de los trenes en línea con la visualización de su número sobre el TCO.
- Tratamiento mando automático de las maniobras, que permite entrar en el mando automático de los itinerarios utilizados en operación normal.
- Tratamiento salida de la terminal, que regula la salida de los trenes en las terminales en función del horario.
- Tratamiento regulación, que regula automáticamente la marcha de los trenes de estación en estación, por acción sobre los tiempos de estacionamiento y sobre las velocidades del PA.
- Mando directo y control de los aparatos tracción, que alimentan las vías desde los puestos de rectificación, control de la presencia o ausencia de la alimentación tracción en línea, enclavamientos de seguridad correspondientes que provocan el corte automático de la tracción y enclavamientos de energía, en caso de accionamiento del corte de urgencia.

El regulador del PDC es quien manda y controla los puestos de rectificación (PR) y las cabeceras de las líneas de alimentación de los PAF.

4.2.4 Alarmas

Básicamente el sistema de alarma está estructurado funcionalmente en: acciones de control, a través de los cuales se puede verificar el estado que guarda el equipo de interés, y en acciones de mando, las que permiten cambiar el estado operacional de

algunos equipos.

En el caso particular de este sistema de alarmas, el control permite verificar la disponibilidad de los equipos, indicando cuando estos no se encuentran en condiciones normales de operación, de tal manera que pueda tenerse un control de falla.

Así pues, existirá un botón para cada mando y un indicador luminoso por cada control que se lleve a cabo.

4.2.5 Telefonía Directa

Red de enlaces telefónicos directos

Cada Línea del Metro tiene su instalación telefónica directa particular, que se converga en los edificios del PCC. Esta red comprende en los PCC los siguientes puestos:

1. El pupitre del jefe de reguladores, común a seis reguladores de línea, para enlaces con cada pupitre de línea, el PDC, el centro de comunicaciones y otros.
2. El PCC, común a seis líneas, para enlaces con el jefe de reguladores, el centro de comunicaciones y otros.
3. El pupitre del regulador de cada línea para enlaces con los puestos de las señales de maniobra, el PDC, jefe de reguladores, fosas de visita, PML y otros.
4. El centro de comunicaciones para enlaces que se clasifican en tres grupos:

- a) El centro de comunicaciones para enlaces telefónicos, con las taquillas y jefes de estación, permanencias de seguridad y vigilancia, y gabinetes de alarma a mitad de andén.
- b) Teléfonos directos: enlaces telefónicos con el personal de operación de la línea, reguladores, jefe de reguladores, PDC, llamada general de taquillas, jefe de estación y otros.
- c) Sonorización, enlaces con cada equipo de sonorización de las estaciones, para el envío de mensajes a los usuarios de la estación.

4.3 SISTEMAS HIDRAULICOS Y SANITARIOS

Dentro de los talleres están comprendidas instalaciones para depósito, reparación menor y mayor de los trenes, prueba de los mismos, reparación de equipos varios como transformadores, rectificadores, bombas, motores, etc., así como instalaciones para el personal administrativo.

Requerimientos generales de agua potable

Para cubrir las necesidades de agua de todas las instalaciones de los talleres y poder satisfacer el gasto y la presión suficiente en el momento que se requiera, se utilizarán equipos de bombeo programado, operando con una cisterna con la capacidad adecuada, que para tal caso se proyecte y garantice un óptimo funcionamiento sin problemas de operación.

Necesidades de agua y suministro

Para poder cubrir las necesidades de agua potable a los talleres, se deberán de tomar en cuenta cuatro requerimientos en los que se utilizará el agua, y que son:

- a) Uso personal y de servicio: sanitarios, cocina, regaderas, limpieza y aseo.
- b) Uso industrial: para lavado de trenes y accesorios, agua para enfriamiento, agua para proceso, llenado de pipas, etc.
- c) Riego: para todas las zonas jardinadas, así como de patios.
- d) Protección contra incendio: reserva de agua destinada para extinguir incendios.

4.4 SISTEMA DE AIRE

La ventilación para los talleres es un problema de vital importancia que requiere una solución eficaz para preservar la higiene y la seguridad industrial.

En los diseños de ventilación correspondientes, deberá tomarse en consideración que la distribución de las masas de aire contaminado dentro de los talleres es irregular, estando en función del área en que se generan.

Dentro de los talleres del Metro debe diseñarse además, un sistema de aire comprimido cuya función es la de alimentar los

equipos localizados en las áreas de trabajo correspondientes a la nave de gran revisión, pequeña revisión y vehículos auxiliares.

4.5 SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIO

Son locales donde se dá mantenimiento preventivo y correctivo a los trenes que circulan por las líneas, así como a los equipos varios requeridos para la operación del sistema.

Dentro de los talleres están comprendidas áreas para depósito, reparación menor, mayor y pruebas de los trenes, reparación de equipos varios como transformadores, rectificadores, bombas, motores, etc., así como áreas para el personal administrativo.

La seguridad física de estos talleres dependerá en gran parte del sistema de protección contra incendio, por lo que deberá considerarse en todos aquellos locales que lo requieran, la instalación de gabinetes que permitan combatir en forma adecuada y eficiente cualquier conato de incendio que se presente en dicho lugar.

Red de distribución de protección contra incendio (PCI)

El sistema de PCI que deberá utilizarse en las redes de distribución de los talleres será por medio de bombeo, mediante el sistema de red abierta debido al probable sembrado irregular de los locales que considere el proyecto arquitectónico, por lo que básicamente se utilizará una tubería principal a la que se le irán agregando tuberías secundarias para formar toda la red. Se

deberá considerar que la tubería principal vaya alojada a las trincheras, de preferencia comunes junto con otras tuberías hidráulicas y de fácil acceso, para que se puedan efectuar inspecciones o mantenimiento, según se requiera.

4.6 SISTEMAS ELECTRICOS

Se requerirá un taller completo por cada tres líneas de Metro para el funcionamiento y mantenimiento de los trenes.

Se denomina taller de Metro, a un agrupamiento de edificios en los cuales se realizan diferentes servicios. Estos edificios son: nave de depósito, nave de pequeña revisión, almacén general, nave de vehículos auxiliares, edificio de servicios generales, taller eléctrico, edificio de zapatas y frenos, edificio de ingeniería, puesto de maniobras, fosas de revisión en vías de prueba, taller de maquinado de durmientes, cisterna y cuartos de bombas, y nave de gran revisión.

Todos estos edificios deberán de contar con instalaciones eléctricas adecuadas para la alimentación de alumbrado, contactos y fuerza.

La instalación eléctrica en general, el diseño y la fabricación de sus equipos, deberán estar de acuerdo con la última edición de las siguientes normas y reglamentos en vigor:

- NEMA: National Electric Manufacturers Association
- CONNIE: Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica
- RIE: Reglamento de Instalaciones Eléctricas.
- NTIE: Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.

CAPITULO 5

ANALISIS DEL DIAGRAMA UNIFILAR DE ALIMENTACION TRACCION DEL TALLER DE MANTENIMIENTO

5.1 DEFINICION DEL SISTEMA DE TRACCION EN EL TALLER DE MANTENIMIENTO

5.1.1 Objetivo

La finalidad es establecer las condiciones y requerimientos necesarios para la implantación del sistema de tracción. A fin de que proporcione condiciones adecuadas de servicio a un alto nivel de eficiencia y seguridad dentro del taller.

5.1.2 Características generales del taller y su operación

La construcción de la línea del sistema de transporte colectivo, acarreado como consecuencia ineludible, la construcción de un taller de mantenimiento para el material rodante que circulaba por estas líneas. Siendo necesario dotar de todos los servicios a este mantenimiento de material rodante.

Uno de los servicios estrictamente necesarios para la operación de este taller, es el sistema de tracción.

Tomando como base la conformidad del taller de mantenimiento se

define la distribución del sistema de tracción.

5.1.3 Consideraciones para la implementación del sistema de tracción.

El sistema de tracción deberá proveerse para dar un servicio a intemperie, sin que esta condición origine ninguna perturbación en su funcionamiento, ni fatiga anormal en sus elementos.

Las condiciones generales que deberán de tomarse en cuenta para la implementación, son las siguientes:

| | |
|---|-----------|
| Rango de temperatura ambiente | -4 a 32°C |
| Altura sobre el nivel del mar | 2,240 m |
| Humedad relativa | 90% |
| Tensión eléctrica de alimentación nominal | 750 VCC |
| Caída de tensión máxima permisible | -20% |
| Sobretensión máxima permisible | +20% |

La implementación del sistema de tracción deberá ajustarse a la normatividad establecida por las siguientes instituciones:

| | |
|------|---|
| IEC | International Electrotechnical Commission |
| NF | Norma Francesa |
| IEEE | Institute of Electronical and Electrical Engenier |
| NEC | National Electric Code |
| NFPA | National Fire Protection Association |
| ASTM | American Society of Test Materials |
| ANSI | American Normalization and Standard Institute |
| NEMA | National Electric Manufactures Association |

NOH Norma Oficial Mexicana
CCONNIE Comité Consultivo de Normalización Nacional
de la Industria Eléctrica.

5.1.4 Sistema de suministro de la energía

El suministro de energía eléctrica para la operación del sistema, proviene de una alimentación normal, a los talleres que se efectúa mediante la subestación de rectificación (S.R.) El Rosario. (Ver diagrama unifilar general de tracción y figura No. 5-1).

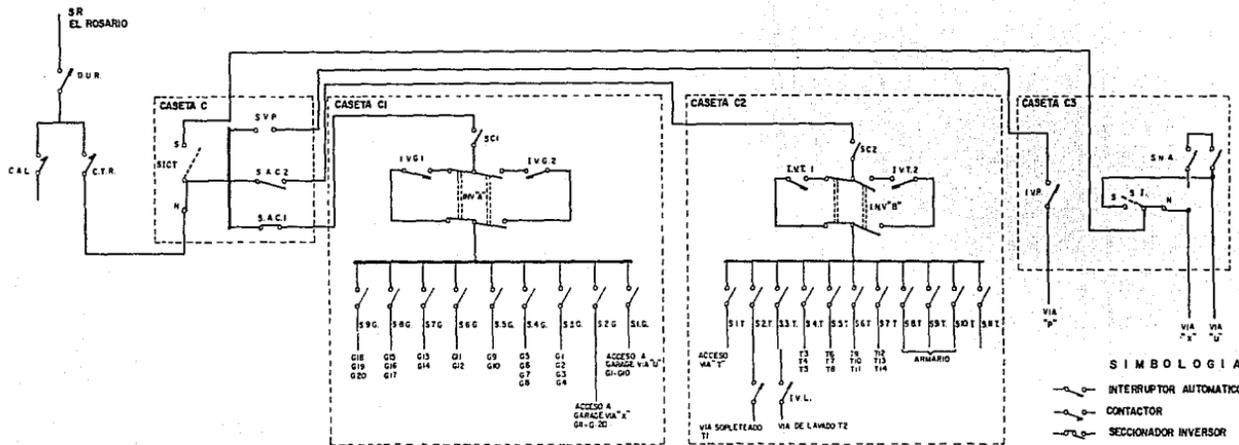
Existe además una alimentación en socorro que se efectúa a partir del extremo de la terminal El Rosario.

La subestación de rectificaciones S.R. recibe la tensión de 23 KV de C.A. 3 fases y a través de un interruptor automático, se alimenta al transformador de potencia, el cual entrega a la salida del secundario una tensión de 580 V.C.A., 60 Hz, para alimentar el grupo rectificador hexafásico, el cual da en sus terminales de salida una tensión de 750 V.C.C. con la que se alimenta la barra guía.

La S.R. El Rosario está prevista para alimentar a la sección uno de la Línea, solo mediante el contactor de alimentación (CAL), y a los talleres mediante el contactor talleres Rosario (CTR). La S.R. alimenta a la Línea y a los talleres a cada uno separadamente.

Los conductores negativos pasaran a través del seccionador de operación manual sin carga del negativo del rectificador hasta los rieles de las vías.

DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL DE TRACCION



SIMBOLOGIA

- INTERRUPTOR AUTOMATICO
- CONTACTOR
- SECCIONADOR INVERSOR
- SECCIONADOR MANUAL
- N POSICION NORMAL
- S POSICION SOCORRO
- N.A. NORMALMENTE ABIERTO

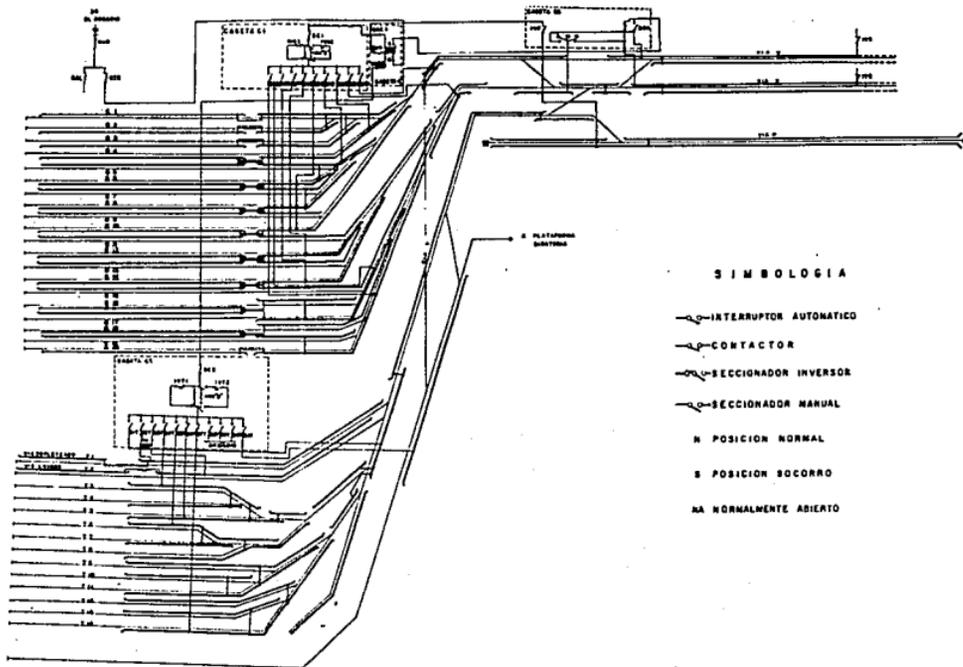


FIGURA No. 5-1
ALIMENTACION TRACCION

5.1.5 Red de alimentación tracción de los talleres

El sistema de tracción de los talleres se alimenta en 750 V.C.C., de la siguiente forma: (Ver diágrama unifilar general de tracción y figura No. 5-1).

La alimentación normal de los talleres se efectúa mediante la S.R. El Rosario.

La alimentación en socorro se efectúa a partir del extremo (tras estación) de la terminal El Rosario.

Dos seccionadores manuales, uno S.I.G.T. (seccionador inversor general de talleres) (caseta C) y el otro S.N.A. (seccionador normalmente abierto) (caseta C3) permiten pasar de alimentación normal a alimentación socorro.

La alimentación normal se efectúa de la siguiente forma:

- Estando el S.I.G.T. en posición "normal" (N).
- El Rosario alimenta a la sección 1 de la Línea 6 mediante el contactor de alimentación C.A.L. y los talleres mediante el contactor talleres El Rosario, C.T.R.

El S.R. puede alimentar a la línea y a los talleres, a cada uno en forma separada.

La limentación en socorro se acciona de la siguiente manera:

Se colocará el seccionador S.I.G.T. en posición "socorro" (S) y el seccionador normalmente abierto (S.N.A.) cerrado (antes de cualquier maniobra de los seccionadores S.I.G.T. y S.N.A. de las casetas C y C3 respectivamente, cerciorarse de que la corriente esté cortada en el conjunto de los talleres y accionar, por

medida de seguridad un ruptor de bucle 1 y otro del bucle 2).

En caso de no disponer de la alimentación normal, se alimentará a los talleres socorro a partir del extremo (tras estación) de El Rosario, mediante el interruptor de vía secundaria I.V.S. (102), I.V.S. 2 en socorro del I.V.S. 1.

La alimentación del I.V.S. se efectúa normalmente a partir de la acción 1 de la Línea, mediante el contactor de la terminal.

Para la alimentación de acceso a los talleres y garages se efectúa de la siguiente forma:

- La alimentación se efectúa a partir del contactor de terminal C.T. mediante el inversor I.V.S. (102), I.V.S. 2 en socorro del I.V.S. 1.
- Los seccionadores SVX y SVV permiten aislar respectivamente las vías V y X.

Alimentación de los C.D.V. (circuitos de vía) de tránsito.

La alimentación se efectúa a partir de la vía y mediante el S.I. en la caseta C3, en caso de falla de alimentación de la vía X, la alimentación de socorro se hace a través de la vía V y el S.I. en socorro.

5.1.5.1 Caseta C (Ver figura No. 5-2)

Los equipos de tracción instalados en esta caseta se realizan de la siguiente forma:

El S.I.G.T. (seccionador inversor general de talleres) recibe alimentación normal mediante el contactor talleres y puede recibir una alimentación en socorro también.

El S.A.C.1 (seccionador alimentación caseta 1) el cual como su nombre lo indica da alimentación a caseta C1).

El S.A.C.2 (seccionador alimentación caseta 2) que da alimentación a la caseta C2.

El S.V.P. (seccionador vía de pruebas, esta alimenta la vía de pruebas, a partir de S.I.G.T. y el interruptor de vía de pruebas I.V.P.

El S.A.C.1, S.A.C.2, y el S.V.P. están interconectados en un mismo punto con el S.T.G.T. a través de conductores dentro de la misma caseta (C).

5.1.5.2 Caseta C1 (Ver figura No. 5-2)

Los equipos de tracción instalados en esta caseta se destinan a la alimentación de las vías de acceso al taller y zona de garages.

La distribución en esta caseta C1 se realiza de la siguiente forma:

El S.C.1 (seccionador de caseta 1) que recibe alimentación a partir de S.I.G.T. y el S.A.C.1.

El I.N.V. "A" (seccionador inversor bipolar "A") que cierra la

alimentación a su bus a través de I.V.G. 1 o 2 ya sea en alimentación en socorro o normal.

El I.V.G. 1 o 2 (interruptor de vía de garage 1 o 2) que recibe alimentación a través de S.C.1 energiza un bus, (teniendo I.V.G.2 en socorro del I.V.G.1) del cual se toman las siguientes alimentaciones.

- Para alimentar la vía de acceso al garage vía "V" mediante el S.G.1.
- Para alimentar las vías de acceso al garage vía "X" mediante el S.2.G.
- Para alimentar el haz de acceso a las vías G1 a G4 del garage mediante S.3.G.
- Para alimentar el haz de acceso a vías G5 a G8 del garage mediante S.4.G.
- Para alimentar el acceso a vías G9 y G10 del garage mediante el S.5.G.
- Para alimentar el acceso a vías G11 y G12 del garage mediante el S.6.G.
- Para alimentar el acceso a vías G13 y G14 del garage mediante el S.7.G.
- Para alimentar el acceso a vías G15, G16 y G17 del garage mediante el S.8.G.
- Para alimentar el acceso a vías G18, G19 y G20 del garage mediante el S.9.G.

5.1.5.3 Caseta C2 (Ver figura No. 5-2)

Los equipos de tracción instalados en esta cabina se destinan a la alimentación de la vía de acceso al taller, a la zona de taller, a la zona de vía de sopleteado, vía de lavado y armario.

La distribución de esta caseta se realiza de la siguiente forma:

El S.C.2 (seccionador de caseta 2) que recibe alimentación a partir del S.I.G.T. y S.A.C.2.

El I.N.V. "B" (seccionador bipolar "B") que cierra la alimentación a un bus a través de I.V.T. 1 o 2 ya sea en alimentación normal o socorro.

El I.V.T. 1 o 2 (interruptor de vía de talleres 1 o 2) que recibe la alimentación a través de S.C.2, energiza un bus, (teniendo I.V.T.2 en socorro de I.V.T.1), del cual se toman las siguientes alimentaciones:

- Para alimentar la vía de acceso al taller vía "T" mediante el S.1.T.
- Para alimentar la vía de sopleteado a través de I.V. SOP (interruptor de sopleteado) mediante el S.2.T.
- Para alimentar la vía de lavado a través de I.V.L. (interruptor vía de lavado) mediante el S.3.T.
- Para alimentar el acceso a vías T3, T4 y T5 del taller mediante el S.4.T.

- Para alimentar el acceso a vías T6, T7 y T8 del taller mediante el S.5.T.
- Para alimentar el acceso a vías T9, T10 y T11 del taller mediante el S.6.T.
- Para alimentar el acceso a vías T12, T13 y T14 del taller mediante el S.7.T.
- Para alimentar el armario de señalización del taller mediante los S.8.T., S.9.T y S.10 T.
- Para alimentar el acceso al taller vía "V" mediante el S.11.T.

5.1.5.4. Caseta C3 (Ver figura No. 5-2)

Los equipos de tracción instalados en esta caseta se destinan a dar una alimentación en socorro en dado caso de que la alimentación normal no esté prestando servicio. Esto quiere decir que en caso de no disponer de la alimentación normal se alimentará a los talleres en socorro a partir del extremo (tras estación) de El Rosario, mediante el interruptor de vía secundaria I.V.S. 1 o 2, I.V.S.2 en socorro del I.V.S.1.

La distribución de esta caseta C3 se realiza de la siguiente forma:

El S.N.A. (seccionador normalmente abierto) que da alimentación en socorro tomándola de la vía "V" o de la vía "X", según el caso y alimentando de esta manera el S.I.G.T.

El seccionador S.I. (seccionador inversor) que tiene la función de dar alimentación, ya sea en posición normal o socorro a la vía de entrada "X".

El I.V.P. (interruptor de vía de pruebas) que tiene la función de interrumpir o alimentar la vía "P" (vía de pruebas) recibiendo alimentación de S.V.P. ubicado en caseta C.

5.2 DETERMINACION DEL TIPO Y CAPACIDAD DE LOS PUENTES DE CONTINUIDAD DEL RETORNO NEGATIVO DEL SISTEMA DE TRACCION EN EL TALLER DE MANTENIMIENTO.

5.2.1 Objetivo

La presente sección tiene como finalidad establecer las condiciones necesarias para determinar el tipo y calibre de los conductores a utilizar como puentes de continuidad en el circuito de retorno negativo a fin de garantizar la continuidad eléctrica de los rieles y pistas de rodamiento en las zonas de unión denominadas "juntas mecánicas".

5.2.2. Introducción

La continuidad eléctrica en los rieles y pistas de rodamiento del sistema de vía en el taller es de gran importancia para el sistema de tracción ya que al sistema de vía, además de utilizarse como carril de rodamiento del tren, se utilizan como conductores de retorno negativo de la corriente, y dado que el sistema de vías se conforma por tramos de rieles unidos mecánicamente (emplanchuelados), en tales zonas se deberán garantizar la continuidad eléctrica, haciéndose necesario para estos, la utilización de puentes de cables de cobre soldados a patín de los rieles y pista de rodamiento, mediante el proceso de reacción exotérmica.

5.2.3. Consideraciones generales

El calibre de los puentes de continuidad se determinará por ampacidad, a partir de las características eléctricas del material rodante, por lo que se hace necesaria su referencia.

5.2.3.1. Características del material rodante

| | |
|-----------------------------------|--------------|
| - Número de motores por vehículo | 4 motores |
| - Potencia de los motores | 128 KW |
| - Eficiencia de los motores (n) | 0.9 |
| - Tensión nominal de alimentación | 750 V.c.c. |
| - Peso vehicular vacío | 237 ton/tren |
| (4/3) carga máxima de afluencia | |

5.2.4 Análisis de cálculo

Para efectos de cálculo se consideran trenes de nueve vehículos, circulando dentro del taller.

5.2.4.1 Potencia por vehículo vacío

4 motores, 128 KW, 237 ton/tren vacío = 347.70 tren
vehículo motor 347 ton/tren carg. v.vac.

$$P_{\text{vehículo vacío}} = 347.7 \text{ KW}$$

5.2.4.2 Demanda de corriente de arranque por motriz

De la Ley de Ohm para corriente directa (C.D.), tenemos:

$$I_n = \frac{P_{\text{vehículo vacío}}}{V \times n}$$

$$I_{\text{arranque}} = \frac{347.7}{750 \times 0.9} = 515.11 \text{ Amp por motriz de arranque}$$

O también se puede obtener:

Considerando la curva de comportamiento con modo de conducción T_2 ó tracción en T_2 , se obtiene: (ver fig. No. 5-3).

$$I_{\text{arranque}} = 510 \text{ Amp por motriz de arranque}$$

5.2.4.3 Corrientes de arranque por tren de 9 vehículos (con 2 motrices con cabina, 4 motrices sin cabina y 3 remolques).

$$I_{\text{arranque}} = I_{\text{arr. por motriz}} \times 6 = 510 \times 6 = 3060 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{arranque}} = 3060 \text{ Amp. por tren}$$

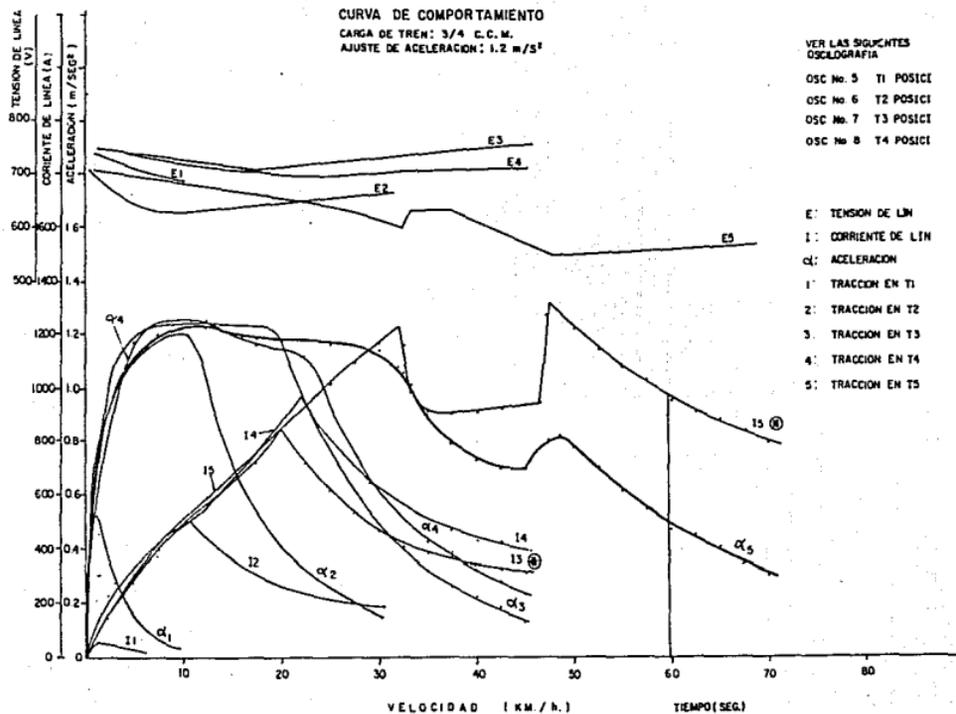


FIGURA No. 5-3

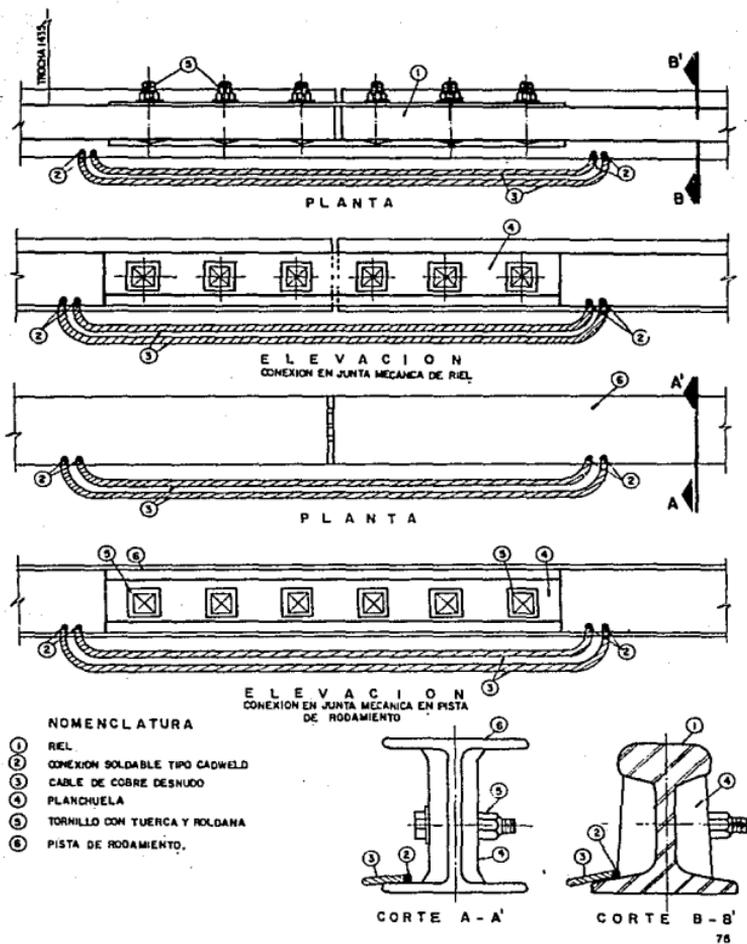


FIGURA No.5-4

5.2.5 Selección del tipo y calibre de conductores

Debido a que la corriente de retorno se conducirá hacia la S.E.R. a través de los rieles de la vía, en forma proporcional, ya que ambos rieles y pista presenten el mismo valor de resistividad, entonces: (ver fig. N° 5-4).

$$I_{\text{riel pista}} = \frac{I_{\text{arranque}}}{4} = \frac{3060}{4} = 765 \text{ Amp}$$

Así mismo, es recomendable por razones funcionales y de seguridad instalar a razón de dos puentes por riel y pista a fin de garantizar la continuidad eléctrica, en caso de desprendimiento o desoldamiento indeseado de una o ambas soldaduras de los extremos del conductor, por lo tanto:

$$I_{\text{conductor}} = \frac{\text{riel pista}}{2} = \frac{765}{2} = 382.5 \text{ Amp}$$

Que corresponde a un calibre comercial de 3/0 AWG con una capacidad de 420 Amp.

5.2.6 Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en los cálculos se define que para garantizar la continuidad eléctrica en las zonas de unión mecánica (emplanchuelado) del sistema de vías, se instalarán por riel dos conductores de cobre desnudo calibre 3/0 AWG, soldados al patín de dichos rieles y pista, mediante el proceso de reacción exotérmica.

Las características de este conductor serán:

- Conductor desnudo de cobre suave
- Calibre 3/0 AWG
- De 19 hilos
- Clase B
- Ampacidad 420 AWG
- Sección del conductor 85 mm²

5.3 DETERMINACION DEL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES PARA ALIMENTACION AL SISTEMA DE TRACCION EN EL TALLER DE MANTENIMIENTO

5.3.1 Objetivo

El presente punto (5.3) tiene la finalidad de establecer las condiciones necesarias, para determinar el número y calibre de los conductores a utilizar como enlace entre la subestación de rectificación, y el sistema de tracción de los talleres de mantenimiento.

5.3.2 Consideraciones generales

La determinación del número y calibre de los conductores de enlace entre la subestación eléctrica de rectificación (S.E.R.) y el sistema de tracción, se hará en función de la potencia de la propia S.E.R., considerando, factor de potencia, factor de corrección por temperatura y factor de corrección por agrupamiento, así como la capacidad de conducción del conductor seleccionado.

5.3.2.1. Parámetros a considerar

Los parámetros que consideramos para el cálculo serán:

- Potencia de transformador en S.E.R. 4000 KW
- Voltaje nominal de alimentación 750 Vcc
- Temperatura ambiente de -4°C a 32°C
- Temperatura máxima de los conductores 90°C
- Factor de potencia 0.9

5.3.2.2. Capacidad de suministro de corriente de la S.E.R.

Para determinar la capacidad de suministro de corriente de la S.E.R., se procederá de la siguiente manera;

- Potencia del transformador = 4000 KW

La potencia a considerar del lado del rectificador será:

$$KW = 4000 \text{ KW}$$

Por lo tanto:

$$I_{nom} = \frac{KW}{V} = \frac{4000 \text{ KW}}{750 \text{ V}} = 5333.33 \text{ Amp}$$

Esta es la corriente nominal que suministrará en condiciones normales el rectificador, sin embargo por su propia constitución y de acuerdo con las especificaciones funcionales, este podrá operar con una sobrecarga del 50% por un período de hasta dos horas, por lo que se deberá de considerar este parámetro.

$$I_{sc} = 5333 \times 1.5 = 8000 \text{ Amp.}$$

I_{sc} es la corriente que deben soportar los alimentadores al sistema de tracción.

5.3.3. Determinación del número y calibre de conductores

Partiremos para el cálculo, tomando como base las características del conductor de cobre flexible calibre 444.4 HCM, con

aislamiento AD-90, para 1000 volts con capacidad de conducción de 641 Amp.

5.3.3.1 Corrección por temperatura y agrupamiento

Para definir el número de conductores a utilizar, se hará necesario corregir la ampacidad del conductor tanto por efectos de temperatura como por efectos de agrupamiento, para lo cual tomamos en cuenta las consideraciones generales hechas en el Manual Técnico de Cables de Energía (segunda edición), de acuerdo con lo siguiente:

Que el factor de corrección por temperatura se determinará tomando la consideración de cables en ductos subterráneos, una temperatura máxima del conductor de 90°C y una temperatura del terreno de 20°C, se tendrá entonces:

Factor de corrección por temperatura, según Manual Técnico de Cables de Energía, Tabla 10.6 (A) pag. 154.

$$F.C.T. = 1.03$$

Ahora, el factor de corrección por agrupamiento para determinarlo estamos considerando un cable por ducto y un arreglo de 10 tubos por lo que tendremos:

Factor de corrección por agrupamiento = 0.61

$$F.C.A. = 0.61$$

De tal forma, que el número de conductores está definido por:

$$\begin{aligned} \text{NUM COND} &= \frac{\text{Isc}}{\text{CAP. COND. X F.C.T. X F.C.A.}} \\ &= \frac{8000}{641 \times 1.03 \times 0.61} = 19.86 \end{aligned}$$

Por lo que el número de conductores se ajustará a 20.

5.3.4. Conclusiones

Como se podrá apreciar, en base a los resultados del cálculo, el número de conductores a utilizar en la salida de la S.E.R. serán de 20 del calibre 444.4 mcm, a razón de 10 por salida con las características del conductor que a continuación se enumeran.

- Conductor de cobre flexible
- Calibre 444.4 M.C.M.
- Aislamiento AD-90
- Voltaje de operación 1000 Volts
- Ampacidad de 641 AMP.

CAPITULO 6

EQUIPOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACION TRACCION CON MANDO MANUAL

6.1 ALCANCE

Este capítulo tiene como finalidad, establecer los requerimientos indispensables para el diseño, manufactura, pruebas e instalación de los seccionadores para operación manual sin carga, destinados a equipar el sistema de tracción del taller de mantenimiento del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

6.2 CONDICIONES DE SERVICIO

Los seccionadores manuales de operación sin carga, deberán operar satisfactoriamente bajo las siguientes condiciones de servicio:

| | |
|----------------------------------|------------|
| - Temperatura ambiente máxima | 45 °C |
| - Temperatura ambiente mínima | 5 °C |
| - Temperatura ambiente promedio | 18 °C |
| - Presión barométrica | 585 mm hg |
| - Humedad relativa | 90% |
| - Altitud sobre el nivel del mar | 2,240 msnm |
| - Servicio | interior |
| - Sismo | 0.08 g |

6.3 NORMAS DE CONSTRUCCION

El diseño, fabricación y pruebas de los seccionadores de operación manual sin carga deberá ajustarse a lo estipulado en última edición de las siguientes normas:

| | |
|---------|---|
| NOM | Norma Oficial Mexicana |
| CCONNIE | Comité Consultivo de Normalización Nacional de la Industria Eléctrica |
| ANSI | American Normal Standard Instituto |
| ASTM | American Society of Test Materials |
| NEC | National Electric Code |
| UL | Underwriters Laboratories Inc. |
| IEEE | Institute of Electronical and Electrical Engeniers |
| IEC | International Electrotechnical Comision |
| DIN | Deutscher industry Norm |

6.4 CONSIDERACIONES GENERALES

Los seccionadores son equipos para operación manual sin carga, mismos que permitirán aislar eléctricamente diversos tramos de la barra guía.

Serán utilizados para equipar el sistema de tracción de taller de mantenimiento alimentando a través de ellos la barra guía en 750 Vcc, desde las cassetas de tracción ubicadas estratégicamente dentro de dicho taller.

Cabe mencionar que los seccionadores deberán operar sin carga y

sin tensión y contará con dos microcontactos que abrirán el interruptor de alimentación al ser accionados.

6.5 CARACTERISTICAS PARTICULARES

Los seccionadores deberán operar a una tensión de 750 Vcc, con una sobretensión máxima permisible del 20%.

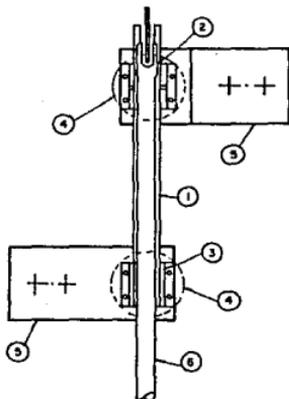
Todos los seccionadores tendrán una capacidad de 1,000 Amperes, a excepción de dos seccionadores, uno de los cuales tendrá una capacidad nominal de 1,500 A., y el otro una capacidad nominal de 3000 A (ver punto 6.14), ver figura No. 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, y 6-5.

Todos los seccionadores serán para operación manual sin carga, por lo que en los casos en que se haga estrictamente necesario abrir con tensión, se deberá de cortar la alimentación correspondiente. Sus elementos deberán ser intercambiables.

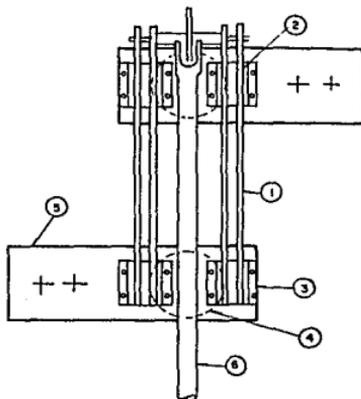
COMPONENTES

Cuchillas: Barra de cobre con capacidad suficiente para la corriente nominal del equipo y de sección rectangular que se sujeta al soporte inferior, el cual utiliza como eje de articulación para efectuar su desplazamiento angular en las maniobras de cierre o apertura.

Soporte inferior: Es el elemento que se utiliza como eje de articulación de la cuchilla, ya que la sujeta por medio de pernos de diámetro adecuado, los cuales, además de proporcionar la presión suficiente para garantizar un buen contacto de la cuchilla, permiten su desplazamiento angular durante las



SECCIONADOR DE 1000 A.

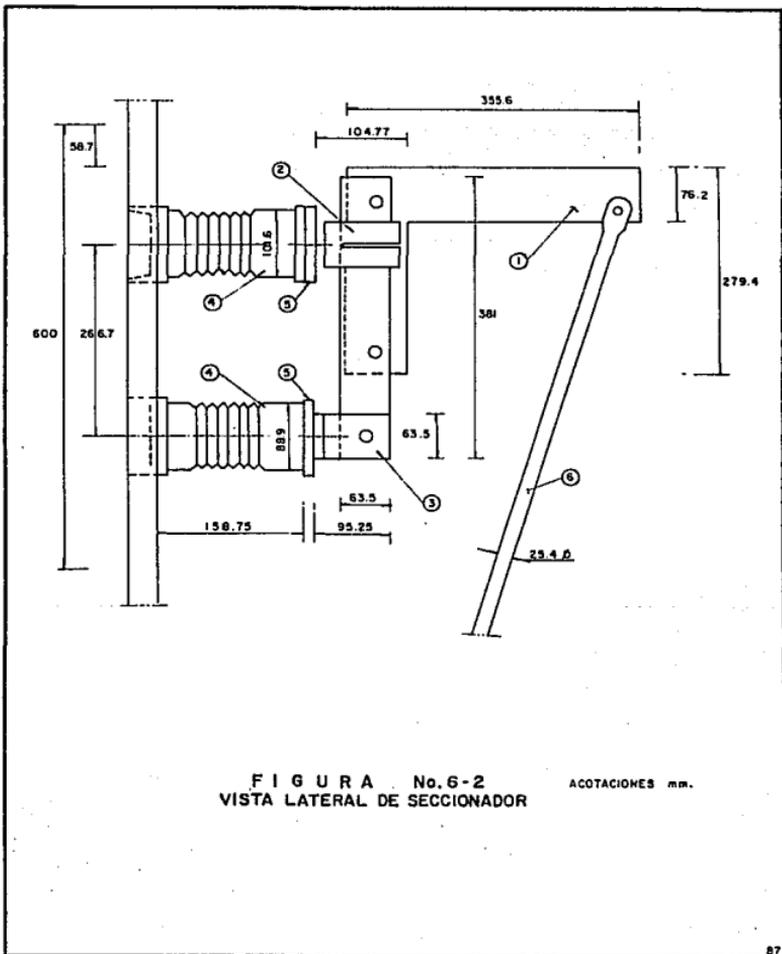


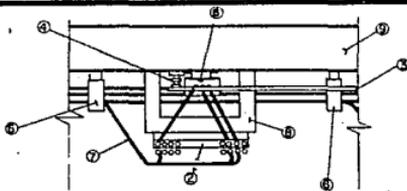
SECCIONADOR DE 1500 A. Y 2500 A.

N O M E N C L A T U R A (PARA FIGS. 6-1 y 6-2)

- ① CUCHILLA
- ② MORDAZA SUPERIOR
- ③ BASE INFERIOR O ARTICULACION
- ④ AISLADORES
- ⑤ TERMINALES PARA CONEXION
- ⑥ PALANCA DE MANDO

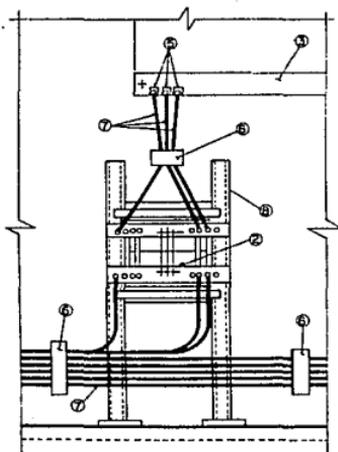
F I G U R A No. 6-1
SECCIONADORES DE MANDO MANUAL



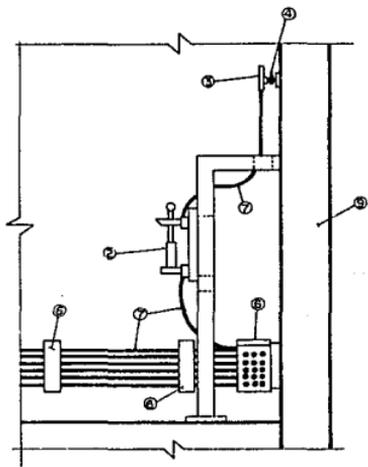


PLANTA

SECCIONADOR DE 1500 AMP.

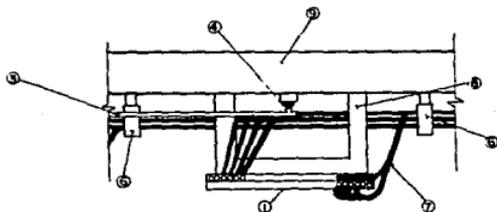


VISTA FRONTAL

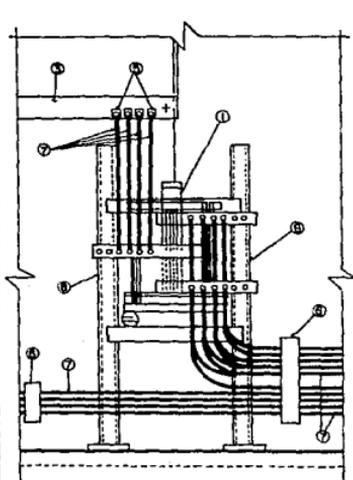


VISTA LATERAL

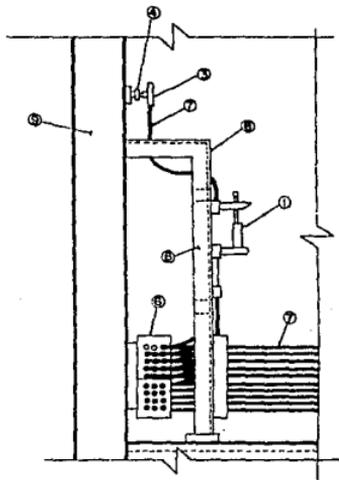
FIGURA No. 6-3
SOPORTE Y CONEXION DE CABLES PARA
SECCIONADOR DE 1500 AMP.



PLANTA
SECCIONADOR INVERSOR DE 3000 AMP.



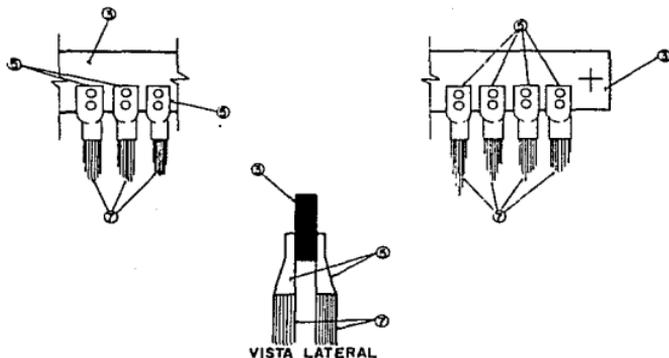
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

FIGURA No. 6-4

SOPORTE Y CONEXION DE CABLES PARA
SECCIONADOR INVERSOR DE 3000 AMP.



CONEXION DE CABLES 240mm^2 A BARRA DE
COBRE ELECTROLITICO

FIGURA No. 6-5

NOMENCLATURA
(PARA FIGS. No. 6-3, 6-4 y 6-5)

- ① SECCIONADOR INVERSOR DE 3000 AMP
- ② SECCIONADOR DE 1500 AMP.
- ③ BARRA DE COBRE ELECTROLITICO DE 12.7mm. (1/2) DE
ESPESOR
- ④ AISLADOR SOPORTE RESIBLOC DE RESINA EPOXY
- ⑤ TERMINAL BURNDY DE COMPRESION
- ⑥ CLEMA DE MADERA DE PINO
- ⑦ CABLE DE COBRE DE 240mm^2 (500 M.C.M.) X.L.P.
- ⑧ SOPORTE DE CANAL ESTRUCTURAL
- ⑨ MURO DE CONCRETO

maniobras de cierre o de apertura. Dicho soporte va fijado directamente sobre una barra de cobre con cuatro perforaciones que permiten la conexión de los cables de salida, la cual se fijará sobre un aislador.

Mordaza superior: Elemento en el que se conecta la cuchilla en la posición "cerrado" del seccionador. Dicha mordaza va fijada directamente sobre una barra de cobre y un aislador y se constituye generalmente por dos "dedos" o piezas de cobre ranuradas o laminadas a fin de hacerlas más flexibles y garantizar un mejor contacto con las cuchillas del seccionador al encontrarse en su posición "cerrado".

Palanca y varilla de accionamiento: Dicho elemento deberá estar estrictamente aislado entre la zona de contacto con el operario y la de conexión mecánica con la cuchilla del seccionador, a fin de garantizar su seguridad durante posibles maniobras de operación del equipo "con tensión" y "sin carga".

Base o soporte aislante: Todos los seccionadores se fijarán sobre bases o soportes constituidos con material aislante auto extingible, con excelentes propiedades dieléctricas apropiadas a la tensión nominal de operación, y suficiente resistencia mecánica para soportar los esfuerzos resultantes de las mecánicas de cierre y/o apertura, considerando incluso, maniobras bruscas sobre el equipo. El proveedor deberá suministrar toda la tornillería necesaria para la fijación al canal base así como el propio canal.

Terminales o bornes de conexión: Elementos que se utilizarán para la conexión de los conductores de salida del seccionador, cobre rectangular de sección suficiente y con perforaciones para

atornillar hasta 4 zapatas de cable calibre 500 mcm.

Micros a fin de curso: Estarán integrados en el mecanismo de la palanca de mando en la parte superior, e inferior para señalar tanto la apertura como el cierre de la cuchilla, serán del tipo normalmente abierto y actuarán sobre el circuito de cierre del interruptor que alimenta.

6.6. PRUEBAS

Todos los seccionadores deberán ser sometidos a las pruebas referidas en la tabla no. 6.

6.7 INSPECCION Y PRUEBAS

La compañía que realice el trabajo deberá inspeccionar todo el suministro para comprobar la calidad y características específicas y aceptar o rechazar el suministro de acuerdo con el resultado obtenido en dichas pruebas.

Así como también se deberá inspeccionar durante el período de fabricación y pruebas, el equipo y la calidad de los materiales y mano de obra empleada.

Se deberá exigir sin cargos: un programa de pruebas para someterlo a aprobación, información e inclusive, dibujos del taller que juzgue convenientes para una buena inspección.

Las inspecciones y pruebas efectuadas no relevaran al proveedor de la responsabilidad de cumplir con las especificaciones y con el tiempo de entrega indicado al inicio del acuerdo.

6.8 CERTIFICADO DE PRUEBAS

El proveedor deberá entregar a la compañía, antes del embarque del equipo, las actas que certifiquen que las pruebas efectuadas resultaron satisfactorias.

6.9 PARTES DE REPUESTO

El proveedor deberá proporcionar una lista de partes y refacciones de repuesto, mismas que no formarán parte del alcance de suministro, adquiriéndose solo las que se juzgue conveniente.

Dicha lista deberá indicar claramente el concepto, la cantidad propuesta y el precio unitario, a fin de estar en condiciones de tomar una decisión adecuada.

6.10 EMPAQUE

Los seccionadores deberán empacarse de acuerdo a las mejores prácticas comerciales, en embalajes sólidos que no hayan sido utilizados con anterioridad, los cuales deberán estar suficientemente sellados para protegerlos contra corrosión y daños mecánicos que pudieran resultar durante el transporte y almacenaje correspondiente.

Cualquier daño imputable a empaque defectuoso o inadecuado deberá ser corregido por el proveedor cuando se requiera, sin costo alguno.

6.11 GARANTIA

El proveedor garantizará que los equipos suministrados, serán de primera calidad, libres de fallas de diseño, material o de mano de obra, y que cumplirán satisfactoriamente con las características técnicas y de operación establecidas en este capítulo.

La garantía tendrá una vigencia de 2 años a partir de la fecha de suministro o de un año a partir de la puesta en operación, lo que ocurra primero.

Cualquier defecto de diseño, material o mano de obra detectado durante el periodo de garantía deberá ser corregido por el proveedor, efectuando la reparación y/o el cambio de componentes defectuosos sin cargo alguno para STC, y si fuera necesario efectuar peritaje, desmontaje de equipo y transporte a la planta de fabricación, estos gastos correrán también a cuenta del proveedor.

Si durante el periodo de garantía, el equipo presentara defectos y el proveedor no atiende el reporte respectivo de STC para su reparación, STC podrá autorizar la reparación en campo o subcontratar con otros dicha reparación, siendo el costo de los servicios (peritaje, retiro del equipo, transporte, reparación, etc), transferidos al proveedor a través de la fianza de garantía otorga al STC.

6.12 DERECHOS DE PATENTE

Los derechos eventuales de patente que pudieran presentarse

serán a cargo del proveedor, quien garantizará a STC la impunidad total contra cualquier reclamación que se pudiera presentar al respecto.

6.13 INFORMACION QUE DEBE PROPORCIONAR EL PROVEEDOR

Adjunto a la cotización el proveedor deberá entregar la siguiente información en español.

- Planos preliminares, indicando dimensiones, peso, configuración, etc.
- Catálogos y especificaciones detalladas del equipo indicando sus componentes y accesorios.
- Fotografías de equipos similares en operación (incando: lugar, empresa y antigüedad).
- Propuesta del programa de capacitación.

El proveedor seleccionado deberá entregar en un plazo máximo de 10 días hábiles después de otorgada la orden de compra la siguiente información, en idioma español:

- Planos y especificaciones definitivas para construcción del equipo, mismos que deberán ser previamente aprobadas por STC, indicándose en esta información en forma clara y precisa todos los detalles y materiales para construcción.
- Instructivos y manuales para montaje, mantenimiento y operación del equipo.
- Programa aprobado por STC de capacitación para el personal de operación y mantenimiento.

6.14 ANEXO

Información adicional que entrega STC. Descripción

- Diagrama general de tracción
- Esquema cabina C
- Esquema cabina C-1
- Esquema cabina C-2
- Esquema cabina C-3

Capacidades de seccionadores

Descripción

Seccionador 1000A
Seccionador 1500A
Seccionador 3000A

CAPITULO 7.

EQUIPOS DEL SISTEMA DE ALIMENTACION TRACCION CON MANDO ELECTRICO Y APERTURA AUTOMATICA POR INCIDENTE EN LA ZONA CORRESPONDIENTE.

5.1 ALCANCE

Este capítulo tiene como finalidad establecer los requerimientos indispensables para el diseño, manufactura, pruebas e instalación de los seccionadores para operación manual sin carga destinados a equipar el sistema de tracción del taller de mantenimiento del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

7.2 CONDICIONES DE SERVICIO

Los seccionadores manuales de operación sin carga, deberán operar satisfactoriamente bajo las siguientes condiciones de servicio:

| | | |
|---|--------------------------------|-----------|
| - | Temperatura ambiente máxima | 45 °C |
| - | Temperatura ambiente mínima | -5 °C |
| - | Temperatura ambiente promedio | 18 °C |
| - | Presión barométrica | 858 mmHg |
| - | Humedad relativa | 90% |
| - | Altitud sobre el nivel del mar | 2240 msnm |
| - | Servicio | interior |
| - | Sismo | 0.08 g |

7.3 NORMAS DE CONSTRUCCION

El diseño, fabricación y pruebas de los seccionadores de operación manual sin carga deberá ajustarse a lo estipulado en la última edición de las siguientes normas:

| | |
|---------|---|
| NOH | Norma Oficial Mexicana |
| CCONNIE | Comité Consultivo de Normalización Nacional de la Industria Eléctrica |
| NEMA | National Electric Manufacturers Association |
| ANSI | American Normal Standard Institute |
| ASTM | American Society of Test Materials |
| NEC | National Electric Code |
| UL | Underwriters Laboratories Inc. |
| IEEE | Institute of Electronical and Electrical Engenierrs |
| IEC | International Electrotechnical Comission |
| DIN | Deutscher Industrity Norm |

7.4 CONSIDERACIONES GENERALES

Los interruptores objeto de la presente especificación son equipos para operación automática, mismos que permitirán alimentar o aislar eléctricamente diversas zonas del sistema de tracción del taller de mantenimiento.

Todos los interruptores deberán diseñarse para operar a una tensión nominal de 750 VCC una sobretensión máxima admisible del 20% y estará ubicados dentro de un gabinete autosoportado y aislado.

Cabe mencionar que dichos interruptores podrán operar con y sin tensión, y así mismo, con y sin carga; por lo que deberán considerarse estas condiciones para su diseño.

7.5 CARACTERISTICAS PARTICULARES

Todos los interruptores deberán diseñarse para operar a una tensión de 750 VCC, con una tolerancia admisible de $\pm 20\%$.

Todos los interruptores se podrán calibrar hasta tres veces su corriente nominal, ya que tendrán una capacidad de sobrecarga del 200% durante dos horas con una ocurrencia de dos veces por día. Cada interruptor contará con una identificación y leyendas necesarias todas en español.

Todos los interruptores deberán de contar con una protección del tipo magnética que originará su apertura en caso de presentarse una sobrecorriente en la zona que alimente.

Todos los equipos deberán de contar con un circuito de mando y control diseñado para brindar un alto índice de seguridad, e incluirán un conmutador con la leyenda "en servicio - fuera de servicio". Cada interruptor deberá ser montado sobre aislamientos adecuados al soporte correspondiente para su fijación, dichos aislamientos o aisladores deberán presentar excelentes propiedades dieléctricas y gran resistencia mecánica, de tal forma que soporten sin dañarse las operaciones de cierre y apertura del equipo.

Las condiciones necesarias para el cierre de los equipos son las siguientes:

- Que la corriente circulante a través del equipo sea menor que la de su calibración.
- Que exista presencia de tensión en su circuito de control.

Si el equipo se encuentra cerrado y deja de cumplirse cualquiera de estas condiciones, se abrirá de inmediato y permanecerá en esta posición hasta que un operador restablezca las condiciones necesarias y opera el equipo al cierre.

A continuación se refieren las características adicionales de cada uno de los equipos.

7.5.1 Interruptor de vías de depósito (IVD)

Este interruptor tendrá una capacidad nominal de 1000 A.

Se instalará en la cabina de tracción 1, y su operación de cierre y apertura en mando local eléctrico, se realizará desde dicha cabina.

7.5.2 Interruptor de vías de mantenimiento (IVM)

Este interruptor tendrá una capacidad nominal de 1000 A.

Se instalará en la cabina de tracción 2, y su operación de cierre y apertura en mando local eléctrico, se realizará desde dicha cabina.

7.5.3 Interruptor de vías de lavado (IVL)

Este interruptor tendrá una capacidad nominal de 1000 A.

Se instalará en la cabina de tracción 1, y su operación de cierre y apertura en mando local eléctrico, se realizará desde dicha cabina.

7.5.4 Interruptor de vías de pruebas (IVP)

Este interruptor tendrá una capacidad nominal de 1000 A.

Se instalará en la cabina de tracción 2, y su operación de cierre y apertura en el mando local eléctrico, se realizará desde dicha cabina.

7.5.5 Accesorios para mando y señalización del equipo

Todos los cables para señalización, mando y control local y a distancia, deberán ser suministrados por el proveedor.

Todos los interruptores tendrán mando y señalización local y a distancia con interlock de chapa y llave ubicada en el tablero de mando local. Todas las chapas tendrán la misma combinación.

Se instalarán botoneras que contengan los siguientes elementos:

- Botón pulsador rojo para efectuar el cierre de equipo.
- Botón pulsador verde para efectuar la apertura del equipo.
- Foco rojo para señalar que el equipo se encuentra cerrado.
- Foco verde para señalar que el equipo se encuentra abierto.
- Contactos auxiliares "cerrado" del interruptor, cuyos botones de conexión estarán debidamente indentificados, sobre una tablilla.

En la botonera de mando a distancia se instalará una alarma sonora y luminosa que señale cuando cada equipo esté en mando local.

Para el paso IVD e IVM el mando a distancia se instalará en el puesto de maniobras (torres de control de trenes).

El mando a distancia del IVL se ubicará en el local de mando de la máquina lavadora de trenes por lo que se deberá considerar en su instalación un cofre de dimensiones adecuadas, tipo industrial, para fijación a muro, con chapa, en su puerta para efectos de seguridad.

Para el mando a distancia del IVP se consideran dos cofres que se instalarán uno en cada cabecera de la fosa de inspección, cada uno con las mismas características de fabricación descritas anteriormente.

7.6 PRUEBAS

Las cabezas de diseño se realizarán a los equipos de cabeza de serie, según lo establecen las normas indicadas en el apartado 3 de esta especificación.

El proveedor podrá prescindir de la realización de las pruebas de diseño presentando los certificados avalados por una institución de carácter oficial (UL, etc.).

A todos los equipos se les efectuará las pruebas de rutina establecidas por las normas mencionadas en el inciso 3 de esta especificación.

Después de efectuadas estas pruebas los equipos deberán quedar en estado normal de funcionamiento y a plena satisfacción de STC. Las partes dañadas o flameadas deberán ser sustituidas por el proveedor, sin cargos para STC.

Una vez instalados los equipos y en operación normal a fin de recepcionarlos en forma definitiva, se efectuará una serie de pruebas que garanticen su buen funcionamiento, a satisfacción del representante de STC. Quedando los resultados asentados en el acta de recepción correspondiente.

7.7. INSPECCION Y PRUEBAS

STC y/o su representante autorizado se reservan el derecho de inspeccionar todo el suministro para comprobar la calidad y características específicas y aceptar y rechazar le suministro de acuerdo con el resultado obtenido de dichas pruebas.

STC y/o su representante autorizado tendrá acceso a todas las instalaciones del fabricante durante el período de fabricación y pruebas para inspeccionar el equipo y calidad de los materiales y mano de obra empleada.

El proveedor dará a STC o su representante autorizado libre de cargos, un programa de pruebas para su aprobación y toda la información necesaria, inclusive dibujos de taller que juzgue convenientes para una buena inspección.

Las inspecciones y pruebas efectuadas no relevaran al proveedor de la responsabilidad de cumplir con esta especificación y con el tiempo de entrega indicado en la orden de compra.

Los costos de inspección y pruebas serán libres de cargo adicional para STC, debiendo ser considerados dentro de la cotización del proveedor.

7.8 CERTIFICADO DE PRUEBAS

El proveedor deberá entregar a STC, antes del embarque del equipo, las actas que certifiquen que las pruebas efectuadas resultaron satisfactorias.

7.9 PARTES DE REPUESTO

El proveedor deberá proporcionar una lista de partes y refacciones de repuesto, mismas que no formarán parte del alcance de suministro, adquirido solo las que STC juzgue convenientes.

Dicha lista deberá indicar claramente el concepto, la calidad propuesta y el unitario, a fin de que STC esté en condiciones de tomar una decisión adecuada.

El proveedor debe garantizar la existencia de refacciones y partes de repuesto por un período mínimo de 10 años.

7.10 EMPAQUE

Los interruptores deberán empacarse de acuerdo a las mejores prácticas comerciales, en embalajes sólidos que no hayan sido utilizados con anterioridad, los cuales deberán estar suficientemente sellados para protegerlos contra corrosión y daños mecánicos que pudieran resultar durante el transporte y almacenaje correspondiente.

Cualquier daño imputable a empaque defectuoso o inadecuado

debera ser corregido por el proveedor cuando se requiera, sin costo alguno para STC.

7.11 GARANTIA

El proveedor garantizará que los equipos suministrados, serán de primera calidad, libres de fallas de diseño material o mano de obra, y que cumplirán satisfactoriamente con las características técnicas y de operación establecidas en la presente especificación.

La garantía tendrá una vigencia de dos años a partir de la fecha de suministro o de un año a partir de la puesta en operación, lo que ocurra primero.

Cualquier defecto de diseño, material o mano de obra detectado durante el periodo de garantía deberá ser corregido por el proveedor, efectuando la reparación y/o el cambio de componentes defectuosos sin cargo alguno para STC, y si fuera necesario efectuar peritaje, desmonte de equipo y transporte a la planta de fabricación, estos gastos correrán también a cuenta del proveedor.

Si durante el periodo de garantía el equipo presentará defectos y el proveedor no atiende el reporte respectivo de STC para su reparación, STC podrá autorizar la reparación en campo o subcontratar con otros dicha reparación, siendo el costo de los servicios de peritaje, retiro del equipo, transporte, reparación, etc.), transferidos al proveedor a través de la fianza de garantía otorgada a STC.

7.12 DERECHOS DE PATENTE

Los derechos de patente que pudieran presentarse serán a cargo del proveedor, quien garantizará a STC la impunidad total contra cualquier reclamación que se pudiera presentar al respecto.

7.13 INFORMACION QUE DEBE PROPORCIONAR EL PROVEEDOR

7.13.1 Adjunto a la cotización el proveedor deberá entregar la siguiente información en español.

- Planos preliminares del equipo y sus accesorios de control, mando y señalización, indicando dimensiones, peso, configuración, etc.
- Catálogos y especificaciones detalladas del equipo indicando sus componentes y accesorios.
- Fotografías de equipos similares en operación (indicando: lugar, empresa y antigüedad).
- Propuesta de programa de capacitación.

El proveedor seleccionado deberá entregar en un plazo máximo de 10 días hábiles después de otorgada la orden de compra, la siguiente información, en idioma español:

- Planos y especificaciones definitivas para construcción del equipo, mismos que deberán ser previamente aprobados por STC, indicándose en esta información en forma clara y precisa todos los detalles y materiales para construcción.
- Requerimientos de obras civil y de estructuras para soporte.

- Instructivos y manuales para montaje, mantenimiento y operación del equipo.
- Programa de operación y mantenimiento en idioma español, y suficientemente amplio para cubrir las funciones para las cuales se ha instituido.

7.14 OPERACION EN PRIMERA ETAPA

A pesar de que la construcción del taller de mantenimiento se llevará a cabo en dos etapas, para su operación en primera etapa será necesario adquirir la totalidad de los interruptores de acuerdo a la relación anexa.

| Descripción | Identificación | Cap. | Ubic. | Cant. |
|---|----------------|-------|----------|-------|
| Interruptor automático de vía de garage | IVG | 1000A | caseta 1 | 2 pza |
| Interruptor automático de vía de talleres | IVT | 1000A | caseta 2 | 2 pza |
| Interruptor automático para vía de lavado | IVL | 1000A | caseta 2 | 1 pza |
| Interruptor automático para vía de sopleteado | IVSOP | 1000A | caseta 2 | 1 pza |
| Interruptor automático para vía de pruebas | IVP | 1500A | caseta 3 | 1 pza |

CAPITULO 8

CABLES Y CANALIZACIONES USADAS EN LA RED ALIMENTACION TRACCION

8.1 DISEÑO DE CANALIZACIONES ELECTRICAS EN TALLERES

En virtud de la gran cantidad de cables que se requiere instalar dentro de los talleres, los cuales implican múltiples trayectorias, no sólo dentro de los propios edificios, sino ellos mismos y con la variedad de instalaciones que se tienen en los peñas de acceso por donde los trenes llegan a las naves, el tendido de los mismos se deberá realizar de la forma más limpia posible, buscando además, dar las mayores facilidades posibles al personal para el futuro mantenimiento.

Lo anterior debe ser logrado diseñando la red más adecuada de ductos y registros en función de las necesidades reales de cada taller. Para lograr esto, deberá tomarse en consideración que se requiere tener en bancos separados los sistemas de tracción, control y fuerza en general, lo que por ningún motivo podrán ser instalados en un mismo banco de ductos.

La construcción de ductos y registros deberá apearse a la especificación 78-IEM-003-III-13-66E.

BANCOS DE DUCTOS (Ver corte N-N)

En caso de que existan en los mismos registros cables de control y tracción se deberá prever alguna separación física que permita

garantizar que en caso de falla en los cables de tracción, no se contaminen los cables de control; asimismo, debe tomarse muy en cuenta que estos puntos de coincidencia entre ductos de control y ductos de tracción solo ocurran por causas de fuerza mayor, procurando diseñar bancos por separado.

REGISTROS (Ver figura No. 8-1)

La localización de los registros en la zona de talleres, sobre todo en los sitios donde se ubican los peines tanto de la nave de depósito como de la nave de pequeña revisión, deberá considerar su ubicación de la siguiente manera:

Se trazarán con cal los ejes de las vías según proyecto, con el fin de conocer su posición física en el área; posteriormente se deberá trazar los registros y se localizarán de la misma manera los aparatos de vía que se deberán implantar.

Una vez que se tengan trazados en campo todos estos datos de referencia, se deberá proceder a relocalizar los registros con el fin de evitar que queden ubicados por debajo de las vías. El criterio general que se deberá seguir para ello será que el paño exterior del registro más próximo a cualquier eje de vía quede ubicado a 1.6 m respecto al eje de vía; sin embargo, cuando por diseño propio de los peines esta distancia no se pueda respetar deberá caerse en diseños especiales de registro para permitir la libre instalación de vía, considerando que el obstáculo más próximo a la misma se ubicara a una distancia de 0.20 m con respecto al punto de donde termina el durmiente más largo por instalarse.

Existirán casos como en los puntos de convergencia de las vías

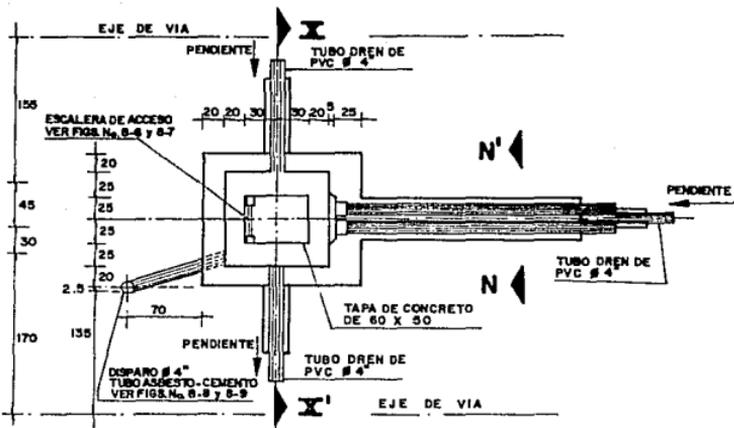
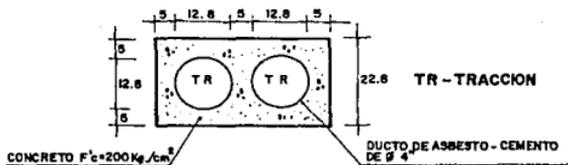


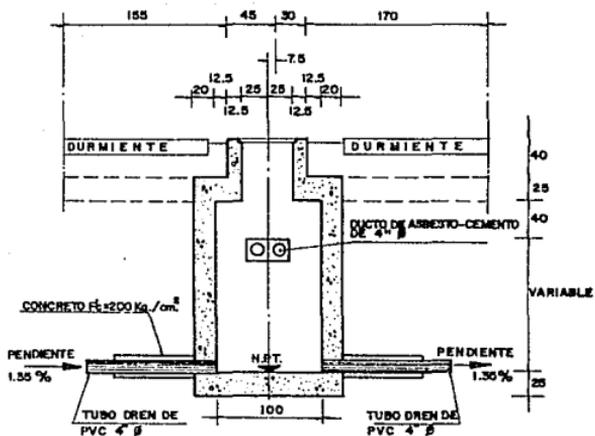
FIGURA No. 8-1
PLANTA
REGISTRO DE TRACCION



2 VIAS

CORTE N-N' ESC. 1:10
 ACOT. cm.

BANCO DE DUCTOS



C O R T E X - X' SIN ESC.

ACOT. cm.

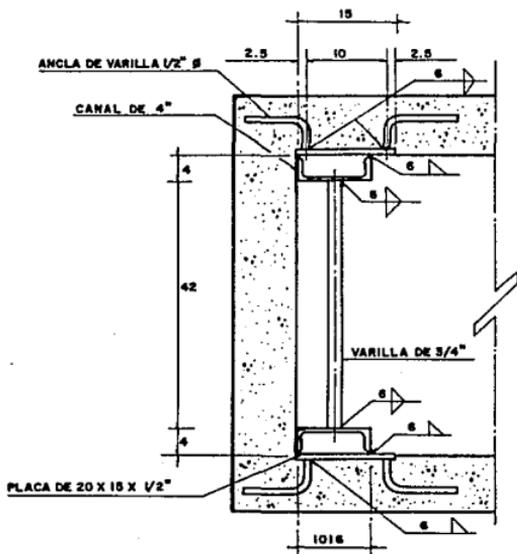


FIGURA No. 8-2
DETALLE DE POSICION DE PLACAS CON
ANCLAS

SIN ESC.

ACOT. cm.

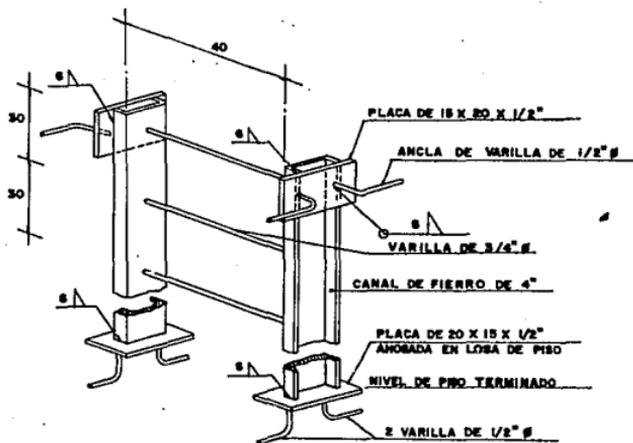


FIGURA No. 8-3
DETALLE DE ESCALERA

ACOT. cm.

SIN ESC.

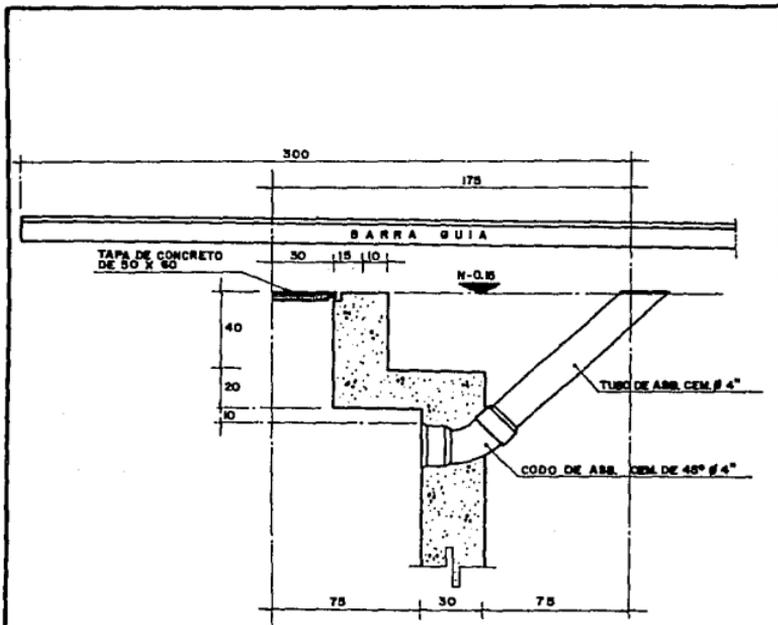


FIGURA No. 8-4

"DISPARO"

DETALLE PARA CONEXION DE REGISTRO A BARRA GUIA

ESC. 1: 20

ACOT. cm.

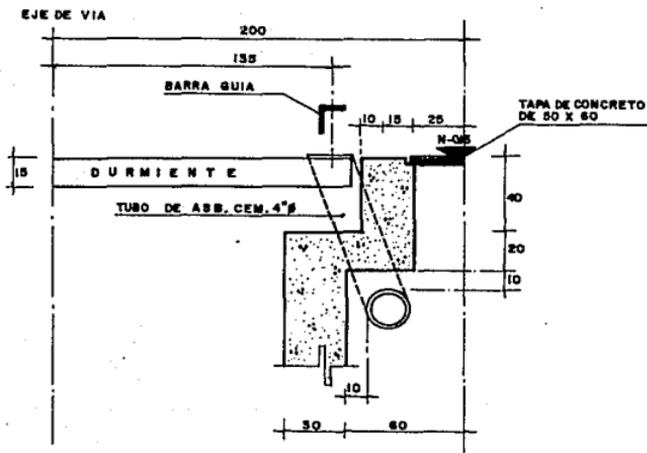


FIGURA No. 8 - 5

"DISPARO"

DETALLE PARA CONEXION DE REGISTRO A
BARRA GUIA

ESC. 1:20

ACOT. cm.

hacia los aparatos, en donde las soluciones mencionadas con anterioridad no serán posibles llevarlas a cabo, por lo que el criterio de construcción de registros se basara en un diseño especial, llamado cuello de ganso, solución que consiste en construir el cuerpo del registro a 0.26 m por debajo de los durmientes, es decir, a 0.45 m aproximadamente, abajo del nivel de balasto, tomando como referencia que el obstaculo más próximo del durmiente es la cara superior de la losa del techo del registro, debiéndose únicamente prolongar hacia el exterior un cuello de ganso que servirá de acceso al registro y como asiento de la tapa.

Para estos casos, el paño exterior de este cuello deberá quedar como mínimo a una distancia de 0.20 m del paño de la cabeza de cualquier durmiente.

Toda la red de registro deberá contar con un tubo de PVC de 101 mm (4") de diámetro para desagüe de los mismos, es decir, que a lo largo de la trayectoria de los bancos de ductos se deberá proveer una pendiente mínima que obligue al agua a circular por gravedad a través de toda la red de ductos y registros, hasta un cárcamo destinado para este fin. El diseño de este drenaje así como la elección de la pendiente, obligará a tener especial cuidado en la elección de los niveles de desplante de los registros afectados.

Cuando los bancos de ductos no resulten colineales, el centro de la tapa se colocará en el punto donde crucen los ejes de dichos bancos. En la losa del techo del registro se dejará un hueco circular de 0.85 m de diámetro, cuyo centro deberá coincidir con el cruce geométrico de los ejes de los bancos de ductos.

La cara exterior de la losa de techo de registro deberá quedar a

un nivel de 0.20 m por debajo del nivel de piso terminado o balasto, con el objeto de contar con un espacio para colocar y renivelar la tapa tipo P-84R, según rasante del nivel de piso terminado o balasto.

Para el caso de canalizaciones de cables en la zona de peines de las naves de depósito y/talleres, se deberá utilizar canaletas de fibra de vidrio o de concreto, tratando de que el uso de estas canaletas sea lo más restringido posible, debiéndose consultar el proyecto correspondiente para la definición de trayectorias de las canaletas y sus instalaciones.

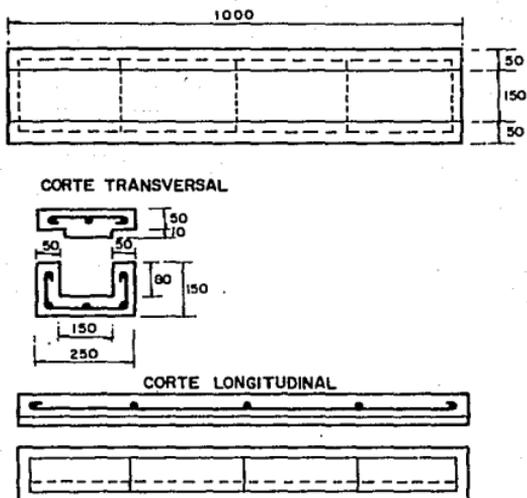
Para mayor información sobre datos constructivos de estas canalizaciones, figura No. 8-6.

8.2 CABLEADO

En la instalación de estos equipos se presentarán dos tipos de cableado: uno para unión o interconexión y el otro para el retorno de la corriente de tracción, denominado puente de continuidad. El cableado entre equipos comprende el enlace de la subestación de rectificación con las vías, interconectando los diferentes equipos que intervienen en la distribución de la corriente de tracción, tales como seccionadores, interruptores, contactores, etc.

La instalación del cable de tracción deberá realizarse de manera general de acuerdo con lo establecido en el capítulo 3, "Métodos de instalación, conductores y canalizaciones" del reglamento de instalaciones eléctricas de SECOFI en vigor, secciones 301, 302 y 303, en lo que corresponda al tipo de conductor indicado por el proyecto y adoptando el sistema métrico en todos los elementos

CANALETA SIMPLE PARA 6 CABLES DE TRACCION



LAS BARRAS Y ESTRIBOS SON DE FIERRO REDONDO DE 6.3 mm.
DE DIAMETRO CON AMARRES DE 2 mm. DE DIAMETRO.

RESISTENCIA DEL CONCRETO: $f' \geq 200 \text{ kg/cm}^2$

F I G U R A No. 8-6
CONSTRUCCION E INSTALACION DE CANALETAS DE
CONCRETO

ACOTACIONES EN mm.

de la instalación (canalizaciones, planos etc).

En particular, la instalación de cables de tracción ubicados en las subestaciones de rectificación, nichos de tracción y vías deberán cumplir lo siguiente:

1. Los cables de tracción conducirán la energía eléctrica en corriente continua, de las subestaciones de rectificación, hacia las vías pasando por las cabinas de tracción, en donde se conectarán a los equipos que distribuyen la energía hacia las vías. La instalación de estos cables se hará de diferentes maneras, dependiendo de las características de los lugares en donde se van a instalar y conectar.
2. La instalación de los cables de tracción estará en función de los diversos tipos de canalizaciones y soportes utilizados para éste sistema y serán los siguientes:
 - Cables en ductos y registros. (Ver figura No. 8-1)
 - Cables depositados en charola. (Ver figura No. 8-2)
 - Cables en muro con soportes. (Ver figura No. 8-10)
 - Cables en muro con clemas. (Ver figura No. 8-7 y 8-8)
 - Cables en canaleta sobre balasto. (Ver figura No. 8-2)
3. En todos los casos, el representante suministrará el cable de tracción únicamente, quedando por cuenta de contratista el suministro de canalizaciones, soportes y accesorios.
4. Los cables serán de acuerdo a lo indicado en la cláusula 4.02.01.004.E, conductores para 1 KV, y salvo indicación contraria sus características generales serán las siguientes.

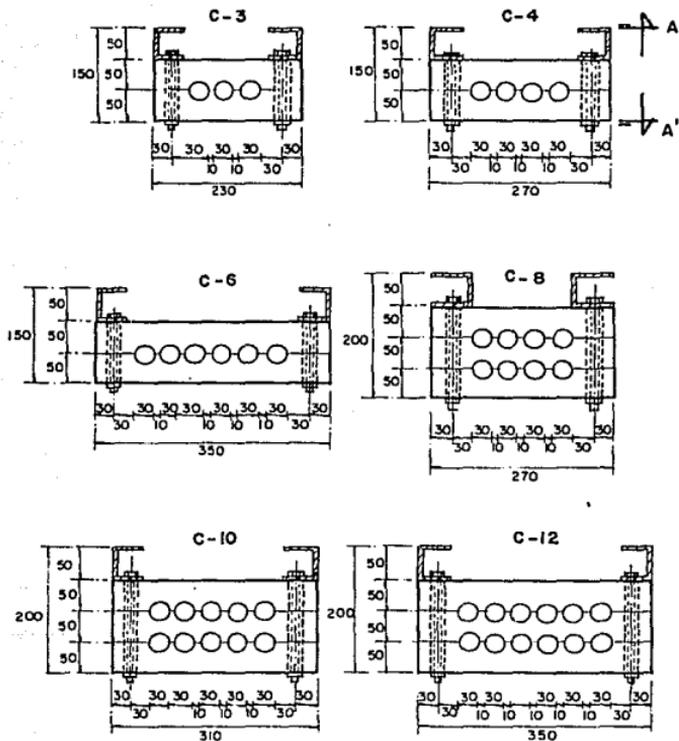
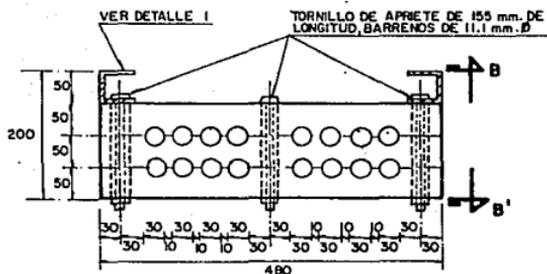
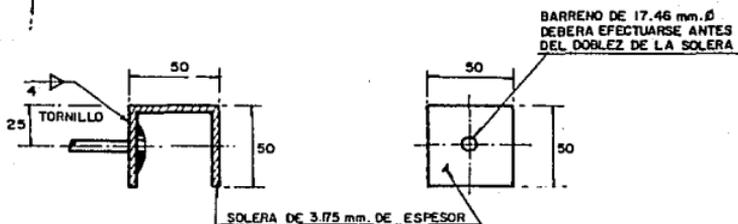


FIGURA No. 8-7
CONSTRUCCION E INSTALACION DE CLEMAS

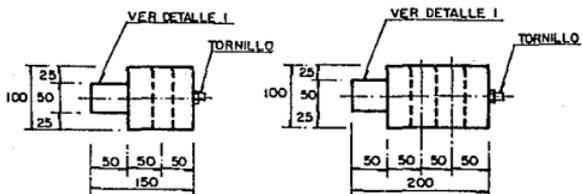
ACOTACIONES EN mm.



C - 16



DETALLE I



VISTA A - A'

VISTA B - B'

ACOTACIONES EN mm.

FIGURA No. 8-8

DETALLES Y CORTES PARA LA CONSTRUCCION E INSTALACION DE CLEMAS

- Cable de cobre recocido tipo suave de 240 mm², de sección.
 - Diámetro total de 28 mm, incluyendo el aislamiento.
 - Peso aproximado del cable, 27 N/m (3 Kg/m).
 - Los cables se entregarán en carretes con longitud aproximada de 500 m.
5. El contratista será responsable del cable y su manejo desde que le sea entregado por el almacén del representante, hasta la recepción de la instalación o la devolución del cable nuevamente al almacén, en caso de exedentes.
6. Las actividades para cada tipo de instalación se describen a continuación.

8.2.1 CABLEADO EN DUCTOS Y REGISTROS (Ver figura No. 8-1)

Antes de efectuar trabajos en los registros se deberán de colocar barreras de advertencia a los trabajadores de otras áreas para evitar accidentes. Posteriormente se procederá a lo siguiente:

- Limpieza de los registros
- Limpieza de los ductos con un dispositivo metálico denominado "ratón" de anillos de acero o malla, con un diámetro 10 mm menor que el diámetro interior del ducto; después de hacer pasar al ratón por el ducto, se pasará una bola de estopa, trapo o esponja para retirar materiales extraños.
- Durante el cableado se deberá instalar un dinamómetro y un cuentametros, para vigilar que la tensión de jalado no

exceda de 4.05 Kn (450 Kg) y para contabilizar la longitud del cable instalado.

- Para determinar la longitud máxima de jalado se puede considerar un coeficiente de fricción de 0.5.
- El jalado del cable se podrá hacer con un perno de tracción o una malla de acero denominada "calcetín".
- En los casos en que los registros no sean colineales y se tenga que cablear haciendo curvas, se deberán utilizar rodillos o poleas con radios de curvatura lo más amplio posible para facilitar el cableado, debiendo tomar en cuenta que la presión lateral máxima permitida por el cable es de 6.3 Kn/m (700 Kg/m).
- El radio mínimo de curvatura al que se puede someter el cable es de 12 veces su diámetro exterior.
- Para facilitar el deslizamiento del cable durante el cableado, se podría aplicar como lubricante bentonita o el producto que recomienda el fabricante, a excepción de la grasa.
- La instalación de los cables en los registros deberá hacerse colocando soportes en las paredes de los pozos.
- No deberán dejarse cables expuestos a la entrada de los registros para evitar que puedan ser golpeados por la caída de los objetos o de las mismas tapas.
- Se deberá dejar la holgura suficiente para absorber las dilataciones del cable.

8.2.2 Cableado en charolas (Ver figura No. 8-10)

Para este tipo de instalaciones se pueden presentar dos casos:

a) En charola ya instalada

- Colocación de los cables en la charola respetando el radio mínimo de curvatura permisible.
- Peinado de los cables en la charola.
- Agrupación y fijación de los cables a la charola con cinturón de plástico.

b) Con instalación de charola

- Fijación de correderas al muro con taquete expansivo o perno roscado de 15.9 mm de diámetro, con una profundidad mínima del barreno de 70 mm.
- Colocación de ménsulas en las correderas.
- Instalación de la charola de 40 cm de ancho de fierro galvanizado por inmersión en caliente o de aluminio, la cual deberá de cumplir con lo indicado en la cláusula 4.02.0.002.C.01, charolas soporte, tipo escalera.
- La separación entre correderas será de 2.40 m; el sistema deberá diseñarse para soportar una carga de 5.4 Kg/m (600 Kg/m).
- La unión entre tramos de charola deberá formar una estructura continua, libre de obstáculos y desniveles entre tramos, para la cual se utilizarán conectores rectos, curvos, cruces, reducciones, etc., de fácil montaje que garanticen una buena unión mecánica.
- Después de colocar la charola, se depositará el cable

- ① CHAROLA DE LAMINA GALVANIZADA
- ② MEMBRILA PARA SOBRTAJE
- ③ CANAL VERTICAL

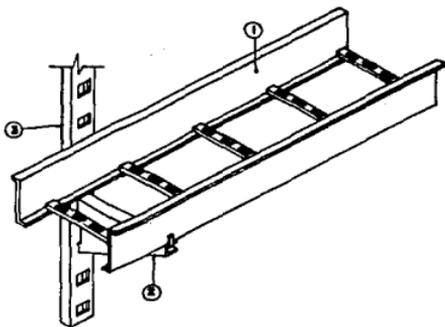


FIGURA No. 8-9
CHAROLA PARA CANALIZACION DE CABLES

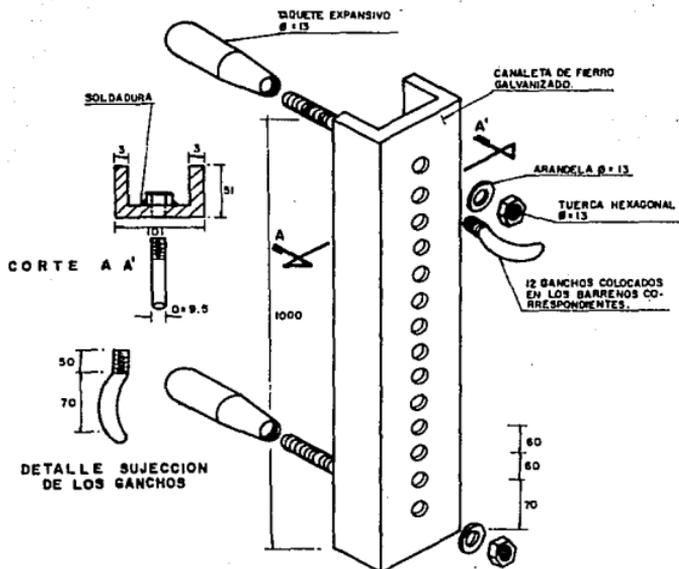


FIGURA No. 8-10
 INSTALACION DE SOPORTE PARA CABLES DE
 TRACCION

ACOTACIONES EN mm.

- en la charola respetando el radio mínimo de curvatura.
- Peinado de los cables en la charola.
- Agrupación y fijación de los cables con cinturón de plástico a la charola.

8.2.3 Cables instalados en muro con soportes

- Suministro e instalación del canal "corredera" con soportes (ver figura 8-10). Las correderas se fabrican con seis o doce soportes, de acuerdo al número de cables por instalar.
- La fijación de las correderas al muro se hará con taquetes expansivos o pernos roscados, de 13 mm de diámetro, con una profundidad mínima del barreno de 70 mm a cada 120 cm.
- Colocación del cable sobre los soportes.
- Fijación del cable al soporte con cinturón de plástico.
- Todos los elementos para la fijación de soportes serán galvanizados.

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

9.1 CONCLUSIONES

Queda justificado lo importante que es contar con un taller de mantenimiento para el Sistema de Transporte Eléctrico Metro. Dada la importancia y relevancia que este tiene en el transporte de nuestro país.

El taller de mantenimiento debe contar con las instalaciones y recursos adecuados para poder satisfacer las necesidades que se deriven a lo que se le va a dar mantenimiento en este caso es el material rodante compuesta de 9 carros (2 motrices con cabina, 4 motrices sin cabina y 3 remolques).

Para darle mantenimiento el taller debe contar con un depósito (garage) con un taller de mantenimiento menor y con uno de mantenimiento mayor cada uno tiene sus funciones y actividades bien definidas para evitar una desorganización, en el propio taller.

El taller de mantenimiento debe estar controlado en cuanto entradas y salidas a zonas tales como grupo garage, grupo talleres, vía de pruebas, vía de lavado, plataforma giratoria, etc. Todos estos movimientos deben operar de manera coordinada por lo que se debe tener un análisis operativo del taller de mantenimiento; todo este análisis debe estar plasmado en un tablero de control óptico situado en un local, para poder

maniobrar y mandar la operación de cierto itinerario, siguiendo en forma ordenada los pasos a seguir ejecutar una maniobra de entrada, salida o circulación a una zona o vía del taller.

En el taller de mantenimiento intervienen para que este funcione, diferentes especialidades electromecánicas como son sistema de tracción sistemas electrónicos (señalización, pilotaje automático, mando centralizado, alarmas, telefonía), sistemas hidráulicos, sistema de aire, sistemas de protección contra incendio y todo el sistema eléctrico. Cada una de estas especialidades son pilar importante para el buen funcionamiento del taller de mantenimiento.

Para dar mantenimiento al material rodante se requiere de cierto número de maniobras, para ejecutar estas maniobras requerimos mover el material rodante y para ello debemos dar alimentación tracción a la barra guía y rieles. La alimentación tracción es todo un estudio de ingeniería dado que debe complementarse y coordinarse con la operación del propio taller.

Para la alimentación tracción se dibuja una planta para indicar las zonas o vías a alimentar, posteriormente se elabora un diagrama unifilar de la alimentación tracción; el cual definirá la filosofía de alimentación tracción al taller en toda su área.

En el diagrama unifilar de la alimentación tracción, se deben calcular y definir:

La alimentación eléctrica desde la subestación de rectificación, el cálculo del calibre de los conductores para la alimentación al sistema de tracción en el taller, el cálculo del calibre de los conductores para el retorno negativo del sistema de tracción, la capacidad de los equipos de tracción con mando

manual llamados seccionadores, los equipos de tracción con mando automático llamados interruptores, las conexiones entre estos equipos y donde estarán alojados.

Una planta del sistema de alimentación tracción nos definirá las trayectorias de canalizaciones de conductores, las cabinas o locales situados estratégicamente para cubrir el área a alimentar.

En cada una de las cabinas se alojarán los equipos de tracción dichos equipos deben cumplir con una serie de normas, especificaciones, pruebas para que puedan formar parte del sistema de alimentación tracción.

En la red de alimentación tracción se deben seguir una serie de trayectorias para que los cables lleguen al punto de alimentación. Dichos cables deben contar con una canalización adecuada para proteger el cable de agentes externos como de esfuerzo mecánicos, algunas de las canalizaciones más utilizadas son por ejemplo canaletas, charolas, clemas, soportes en muros, ductos y registros, estas canalizaciones son seleccionadas debido a las características propias del cable utilizado para la alimentación tracción al taller de mantenimiento en toda su extensión.

9.2 COMENTARIOS

Este documento titulado alimentación tracción a un taller de mantenimiento del Sistema de Transporte Eléctrico Metro esta elaborado dando en primera instancia el porque de la implementación de un taller de mantenimiento, que es el mantenimiento y porque se lleva a cabo. La finalidad de este

documento es introducir en primer lugar al lector a lo que es un taller de mantenimiento que es lo que hay en él, a que se le va a dar mantenimiento y todas y cada una de las funciones y actividades que se desarrollarán en dicho taller. Así como también el análisis operativo para un buen control de cada una de las maniobras a realizar, para los movimientos del material rodante.

Después de introducir al lector a lo que es un taller de mantenimiento del Sistema de Transporte Eléctrico Metro, que hay en el que actividades y funciones se realizarán y como opera. Procedimos a plantear el sistema de alimentación tracción, para poder definir, así los elementos como cables alimentadores, arreglo de equipos de tracción, localización estratégica de las cabinas para alojar el equipo definición de las funciones de cada equipo y además las canalizaciones para alojar los conductores de la red de alimentación tracción.

El cometido de este documento presentado es ampliar el conocimiento en cuanto la implantación de un taller de mantenimiento para el sistema de transporte eléctrico metro que se debe tomar en cuenta, para un buen diseño o proyecto en cuanto a las instalaciones y edificios que contiene y como deben operar estos además de que tengan un concepto amplio de lo que es el sistema de alimentación tracción, sus componentes, sus funciones, el cálculo de estos componentes, sus características físicas y eléctricas y todo lo que lleva consigo, para tener una alimentación tracción a un taller de mantenimiento del Sistema de Transporte Eléctrico Metro funcional y eficiente.

BIBLIOGRAFIA

- Especificación para Material FM-86
- S.T.C. Metro La Operación del Metro
Ing. Julian Díaz Arias
Semana del Metro
- S.T.C. Metro La Operación y el Puesto Central de Control en
el Metro
Ing. Emiliano Ramiro Lazana
Conferencia para la semana del Metro
- S.T.C. Metro El Mantenimiento en el Sistema de Transporte
Colectivo - Metro
Ing. Guillermo Carrión Hernández
Conferencia para la semana de Metro
- S.T.C. Metro Talleres y Material
Rodante
Ing. Guillermo Aguilar Hurtado
Conferencia para la semana del Metro
- S.T.C. Metro
Manual de operación
Talleres el Rosario Línea No. 6
- Manual Técnico de Cables de Energía
Segunda edición
- Catálogo General 1990
Condumex sector electromanufacturas

- Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas
 Parte I Instalaciones para el uso de Energía Eléctrica
 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial

- Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las
 Líneas del Metro de la Ciudad de México
 Comisión de Vialidad y Transporte Urbano
 Secretaría General de Obras
 Volumen 1
 2 Proyecto
 Parte 2.02 Obra Electromecánica

- Especificación para el Proyecto y Construcción de las
 Líneas del Metro de la Ciudad de México
 Comisión de Vialidad y Transporte Urbano
 Secretaría General de Obras
 Volumen 2
 3 Construcción e Instalaciones
 Parte 3.02 Obra Electromecánica

- Especificación para el Proyecto y Construcción de las
 Líneas del Metro de la Ciudad de México
 Comisión de Vialidad y Transporte Urbano
 Secretaría General de Obras
 Volumen 3
 4 Calidad de Materiales
 Capítulo 4.02.01 - 004 Materiales y Productos para Tracción
 5 Calidad de Equipos y Sistemas
 Parte 5.02 Obra Electromecánica

- Anteproyecto definitivo del complejo de SEDUE Tren Ligero
 México
 Transurb Consult

- Estudios realizados para el Metro de Monterrey (Metrorrey)
- Folio de Curvas de Comportamiento del Material Rodante
Talleres Ticomán
Gerencia de Material Rodante