



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MEXICO

CAMPUS "ARAGÓN"

"ESTUDIO DE LOS AISLADORES SOPORTE DE
BARRA GUIA DE 750 VOLTS CORRIENTE CONTINUA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
NOBEL CARLOS ALAVEZ PEREZ

ASESOR: ING JOEL LOPEZ CONTRERAS

SAN JUAN DE ARAGON ESTADO DE MEXICO

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

NOBEL CARLOS ALAVEZ PÉREZ
PRESENTE.

En contestación a su solicitud de fecha 29 de febrero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JOEL LÓPEZ CONTRERAS pueda dirigirla el trabajo de Tesis denominado "ESTUDIO DE LOS AISLADORES SOPORTE DE BARRA GUÍA DE 750 VOLTS CORRIENTE CONTINUA", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México., 1 de marzo de 1996
EL DIRECTOR

M. en C. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



c c p Jefe de la Unidad Académica.
c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/IIa.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

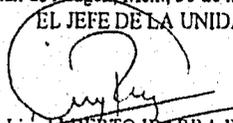
UNIDAD ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería
Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 28 de mayo del año en curso, por la que se comunica que el alumno NOBEL CARLOS ALAVEZ PÉREZ, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "ESTUDIO DE LOS AISLADORES SOPORTE DE BARRA GUÍA DE 750 VOLTS CORRIENTE CONTINUA", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del examen profesional.

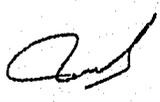
Sin otro particular, le reitero las seguridades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, Mex., 30 de mayo de 1996.
EL JEFE DE LA UNIDAD


Lic. ALBERTO BARRA ROSAS.

~~c c p Asesor de Tesis.~~
~~c c p Interesado.~~

AIR/la.





UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO CAMPUS "ARAGON"

JEFATURA DE CARRERA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

OF. No. ACIME/ 231 / 96.

LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
JEFE DE LA UNIDAD ACADEMICA
P R E S E N T E

Por este medio me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Sínodo del Examen Profesional del alumno (a): NOBEL CARLOS ALAVEZ PEREZ, con el tema de tesis : "ESTUDIO DE LOS AISLADORES SOPORTE DE BARRA GUIA DE 750 VOLTS CORRIENTE CONTINUA".

PRESIDENTE:	ING. RAUL BARRON VERA	OCTUBRE, 78
VOCAL:	ING. IRMA VELAZQUEZ GONZALEZ	MAYO, 84
SECRETARIO:	ING. RAMON MEJIA ROLDAN	MARZO, 85
SUPLENTE:	ING. JOEL LOPEZ CONTRERAS	OCTUBRE, 88
SUPLENTE:	ING. JUAN ANTONIO VILLANUEVA ORTEGA	SEPTIEMBRE, 94

Quiero subrayar que el Director de la Tesis es el ING. JOEL LOPEZ CONTRERAS, el cual es incluido en base a lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPANOL"
San Juan de Aragón, Edo. de México, 31 de Mayo de 1996

EL JEFE DE LA CARRERA

ING. RAUL BARRON VERA



c.c.p. Ing. Manuel Martínez Ortiz - Jefe del Depto. de Servicios Escolares
Ing. Miguel Ángel Maldonado Muñoz - Secretario Técnico de IME
Ing. ING. JOEL LOPEZ CONTRERAS.- Asesor de Tesis
ALUMNO

A mis padres: José Alavez López
Yolanda Pérez Pérez

Quienes me brindaron incondicionalmente su apoyo durante la realización de mis estudios y me animaron durante el tiempo que dedique a la preparación de esta tesis.

A mi esposa: Hermelinda y a mi hijo Carlos Aarón por su paciencia que me tuvieron durante la realización de este trabajo.

A mis hermanos: Leticia, Fernando, José Gabriel, que siempre me brindaron su apoyo.

A mi amigo Angel Rene por su entusiasmo.

A la E.N.E.P. Aragón: Que en su seno me formo.

Agradezco a mis familiares, el estímulo y la ayuda para lograr este objetivo.

Agradezco al Departamento de Ingeniería y Desarrollo por la oportunidad que me dio para hacer posible la realización de este trabajo, muy en especial a los ingenieros Marco Antonio Guzman Cruz, David Guerrero Gutierrez, José Manuel Mota López, Adán Cabrera, y al Doctor en Física Homero Velázquez Campos. A todos por su valiosa cooperación en este trabajo.

Reconocimiento

Al Ing Joel López Contreras (asesor) y al Ing. José Pedro Valencia Pacheco, por su valiosa ayuda y por el tiempo que dedicaron a la culminación de esta tesis.

**“ESTUDIO DE LOS AISLADORES
SOPORTE DE BARRA GUIA DE 750
VOLTS CORRIENTE CONTINUA”**

ÍNDICE

	PAGINA
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE VÍAS.	
1.1 Tipos de vías que integran el sistema.....	4
1.1.2.- Vía principal	4
1.1.3.- Vía secundaria.....	5
1.2 Constitución de la vía.....	5
1.2.1.- Rieles.....	6
1.2.2.- Pista de rodamiento.....	8
1.2.2.1.- Propiedades mecánicas de las pistas de rodamiento	9
1.2.2.2.- Pistas de concreto	10
1.2.3.- Barra guía	10
1.2.3.1.- Composición química de las barra guía tanto nacionales como francesas	10
1.2.3.2.- Características mecánicas de la barra guía	11
1.2.3.3.- Finalidad	12
1.2.4.- Aparatos de vía	12
1.2.5.- Durmientes	14
1.2.5.1.-Tipos de durmientes	14

1.2.6.- Balasto.....	16
1.2.7.- Aisladores	17
CAPITULO 2 AISLADORES	
2.1.- Aisladores de barra guía.....	18
2.2.- Propiedades y materiales de los aisladores	21
2.3.- Tipos de aisladores	21
CAPITULO 3 ESFUERZOS MECÁNICOS	
3.1.- Esfuerzos que se generan en el sistema de vías	24
3.2.- Fuerza centrífuga	29
3.3.- Esfuerzos aplicados a la barra	30
3.4.- Esfuerzos aplicados al travesaño	33
3.4.1.- Esfuerzo vertical	33
3.4.2.- Modulo de inercia de la barra	33
3.4.3.- Momento de flexión de la sección AA	34
3.5.- Factor de trabajo	34
CAPITULO 4 PRUEBAS, ANÁLISIS Y RESULTADOS	
4.1.- Prueba de aisladores	35
4.2.- Pruebas mecánicas	36
4.2.1.- Primera fase: Prueba de esfuerzo mecánico a 3000 daN durante 30 segundos	37
4.2.2.- Segunda fase: Prueba de esfuerzo mecánico progresivo hasta alcanzar los 6000 daN	38

4.2.3.- Tercera fase: Prueba de ruptura por esfuerzo mecánico	38
4.3.- Pruebas eléctricas	39
4.3.1.- Medición de la resistencia de aislamiento en seco.....	39
4.3.2.- Verificación de la no variabilidad de la resistencia bajo 5000 volts durante 60 segundos	39
4.3.3.- Prueba de contorno en seco	39
4.3.4.- Prueba de contorno bajo lluvia	40
4.3.5.- Medición de la recuperación de aislamiento después de mojado	40
4.3.6.- Prueba de arco eléctrico	40
4.3.7.- Prueba bajo infiltración de agua salada	41
4.4.- Pruebas térmicas	40
4.4.1.- Verificación de la no propagación de la flama	41
4.4.2.- Prueba de resistencia a las variaciones bruscas de temperatura	42
4.4.3.- Prueba de envejecimiento acelerado.....	42
4.5.- Análisis	43
4.5.1.- Criterio de aceptación.....	43
4.5.2.- Discretización de los resultados	43
4.6.- Resultados	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
BIBLIOGRAFIA.....	64

INTRODUCCION

Como resultado del crecimiento de la población, en las últimas décadas, la ciudad de México se encuentra actualmente conurbada con 17 municipios del Estado de México, integrando de esta manera la zona metropolitana que rebasa los límites del Distrito Federal.

Específicamente, en los últimos 30 años la capital a evolucionado de una ciudad de 5 millones de habitantes en una área aproximada de 316 kilómetros cuadrados, a casi 15 millones distribuidos en una zona altamente poblada en 2000 kilómetros cuadrados en la que se transportan 29.5 millones de personas al día.

El acelerado y desordenado crecimiento demográfico en esta zona, ha provocado desequilibrios entre la infraestructura urbana y las demandas de la población, lo cual ha provocado grandes deficiencias en el transporte con el consecuente deterioro en el nivel de la calidad y cobertura de los servicios. Así mismo, la insuficiencia del transporte colectivo en la ciudad, ocasiona que se incrementen los medios de transporte particular, agravando el problema de vialidad y de contaminación ambiental,

Como se han conservado los altos índices de crecimiento, esto ha ocasionado que se convierta la ciudad más poblada del mundo, por lo que se requiere que al tomar las decisiones políticas socio-económicas que contemplen el futuro del desarrollo urbano de la ciudad, primordialmente en el rubro de transporte.

Es por esto, que el Sistema de Transporte Colectivo (METRO) ha constituido la respuesta del gobierno Federal, a la necesidad de contar con un medio de transporte de alta capacidad, eficiencia y rapidez en la ciudad de México. En sus años de servicio, el METRO ha demostrado su eficiencia en la solución del transporte colectivo. Su gran aceptación y perspectivas de crecimiento hacen ver su utilización como una verdadera columna vertebral de un sistema bien articulado de medios de transporte público para la ciudad de México.

El METRO desempeña en la actualidad, un papel de primera importancia en el transporte de usuarios de la ciudad de México y su zona metropolitana y requiere modernizar su infraestructura para continuar enfrentando el rápido crecimiento de la demanda de transporte.

Actualmente el sistema cuenta con una red total de 178 kilómetros y 154 estaciones con 10 líneas. Para el año 2000 se tiene planeado contar con una cobertura de 342 kilómetros, lo que significa una expansión equivalente a la red actual.

En el sistema de Vías existen diversos componentes, los cuales son sometidos a esfuerzos continuos con el paso de los trenes. Uno de los principales elementos que componen el sistema, es el aislador soporte de barra guía, que permite aislar al tercer riel de los demás elementos, además de soportar los esfuerzos que transmite el material rodante a la barra guía.

Los aisladores han estado en operación desde las primeras líneas en su primera etapa a partir de 1969 hasta los 90's, lo que ha provocado que se degraden paulatinamente en sus características mecánicas y eléctricas, por lo que se realizó el siguiente estudio del aislador, para conocer mejor el comportamiento de este elemento de la vía, que ha estado operando bajo las condiciones mencionadas.

CAPITULO 1

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE VIA.

1.1 TIPOS DE VIAS QUE INTEGRAN AL SISTEMA.

En el Sistema de Transporte Colectivo (METRO) existen diferentes tipos de vía, de las cuales tenemos las siguientes:

1.1.2 VÍA PRINCIPAL

Se entiende como vía principal, la vía sobre cual circulan los trenes con pasajeros a altas velocidades. Este tipo de vía se encuentra instalada en toda la red del metro, en la cual tenemos los siguientes tipos de vía. (ver fig.1)

-Vías sobre balasto con durmientes de madera tipo superficial y túnel.

-Vías sobre balasto, con durmiente de concreto biblock y monoblock tipo superficial y túnel

-Vías sobre plataforma de concreto, tipo túnel.

-Vía sobre losa de concreto.

1.1.3 VÍA SECUNDARIA

Se considera como vía secundaria, a toda la vía por la que circula material rodante sin pasajeros, normalmente a baja velocidad, este tipo de vías se localizan en el área de talleres, garage, en peines, etc. Dentro de este tipo de vía se encuentran principalmente:

-Vías sobre fosa.

-Vías de garage.

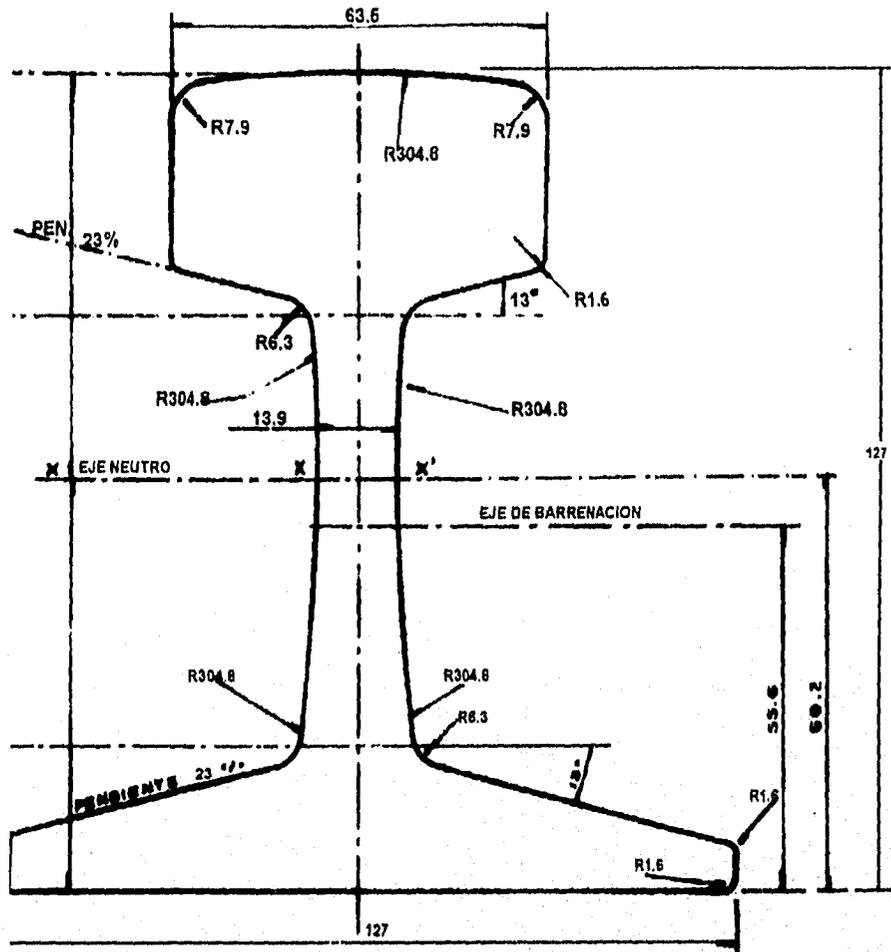
-Vías de talleres, sobre balasto exterior e interior a las naves de depósito.

-Vías de peine.

-Vías de prueba.

1.2 CONSTITUCIÓN DE LA VÍA :

- Rieles.
- Pistas de rodamiento.
- Barras de guiado.
- Aparatos de vía.
- Durmientes.
- Balasto.
- Aisladores.



PERFIL DEL RIEL 80 ASCE

SECCION : 5071 mm²

PESO : 39.807 Kg/m

DENSIDAD : 7.85

FIGURA : 2



Figura 1 Vía sobre balasto con sus principales elementos.

1.2.1 RIELES

Normalmente se utilizan dos tipos de rieles, el riel 80 ASCE (ver fig. 2) y el riel 100 RE (ver fig. 3), con un peso de 39.807 Kg/m y 50.391 Kg/m respectivamente. A la parte superior del riel se le denomina "HONGO" la parte media "ALMA" y ala parte inferior "PATIN". Están constituidas por tramos de 18 metros soldados entre sí por el proceso alumino-térmico.

Las longitudes de los tramos varían de 36 a 108 metros según el tipo de implantación de vía.

La composición química de los rieles es la siguiente: para los rieles 80 ASCE es un acero no tratado de calidad ordinaria y para los rieles 100 RE, es un acero no tratado de calidad normalmente dura.

RIEL 80 ASCE (ACERO UIC-860-0)

	CARBONO	% 0.37-0.55
procedimiento	MANGANESO	% 0.70-1.20
THOMAS	SILICIO	% 0.35 Max.
	FOSFORO	% 0.08 Max.
	AZUFRE	% 0.05 Max.

También se puede obtener este acero por los procedimientos Bessemer, Siemens, Martín Básico, procedimiento eléctrico y de soplado al oxígeno.

RIEL 100 RE (CALIDAD NORMALMENTE DURA)

	CARBONO	% 0.50-0.70
	MANGANESO	% 1.30-1.70
	SILICIO	% 0.50 Max.
	FOSFORO	% 0.05 Max.
	AZUFRE	% 0.05 Max.

El riel 80 ASCE se utiliza en tramos de vía normal en terminales y talleres, en cambio en los aparatos de vía solo se utilizan los rieles de tipo 100 RE.

La unión de ambos rieles se realiza por medio de un riel de enlace mixto de 100/80 ASCE, articulado del lado del aparato de vía y soldado del lado normal.

1.2.2 PISTAS DE RODAMIENTO:

Se encuentran fijadas sobre los extremos de los durmientes, son tramos de 18 metros de longitud de laminado especial en forma de I de alas anchas, tienen un peso aproximado de 68.4 kilogramos por metro lineal. Soldados entre sí por el proceso alumino-térmico*.

La composición química de la pista de rodamiento es la siguiente:

PISTA FRANCESA

CARBONO: $\leq 0.200\%$

FOSFORO: $\leq 0.055\%$

AZUFRE: $\leq 0.055\%$

NITROGENO: $\leq 0.008\%$

PISTA NACIONAL

CARBONO: $\leq 0.30\%$

FOSFORO: $\leq 0.05\%$

AZUFRE: $\leq 0.06\%$

NITROGENO: $\leq 0.009\%$

MANGANESO $0.30\% \leq Mn \leq 0.90\%$

* PROCESO ALUMINO-TERMICO.- La soldadura aluminio-térmica consiste en depositar acero fundido dentro de un molde que circunda la unión. Esta reacción es altamente exotérmica alcanzando una temperatura aproximadamente a los 2800°C, este proceso es por medio de fundición.

La reacción es $Fe_2O_3 + 2Al \Rightarrow Al_2O_3 + Fe_2$.

1.2.2.1 LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS PISTAS DE RODAMIENTO SON LAS SIGUIENTES:

Los perfiles serán de acero estructural, tipo A-36 para la pista metálica nacional definido por las normas NOM B-254, y son las siguientes:

-Tensión de ruptura:

$40.0 \text{ da N/mm}^2 (4080 \text{ Kg/cm}^2) \leq R \leq 55.0 \text{ da N/mm}^2 (5610 \text{ Kg/cm}^2)$.

-Límite de fluencia:

$24.7 \text{ da N/mm}^2 (2520 \text{ Kg/cm}^2)$.

-Alargamiento en 200 mm de longitud calibrada:

mínimo 20%

-alargamiento en 50 mm de longitud calibrada:

mínimo 21%

Para la pista metálica francesa, los perfiles serán de acero tipo E-24.2 NE definido para la norma francesa A 35-501 con las siguientes características.

-Esfuerzo de ruptura:

$36.0 \text{ da N/mm}^2 (3670 \text{ Kg/cm}^2) \leq R \leq 44.0 \text{ da N/mm}^2 (4490 \text{ Kg/cm}^2)$.

-Alargamiento: $A \geq 28\%$

-Doblado en frío a 180°: No deben existir grietas o desgarros en el metal.

La finalidad de la pista de rodamiento, es proveer un camino para la circulación al material rodante.

1.2.2.2. PISTAS DE CONCRETO:

Están constituidos por elementos de una longitud máxima de 6 metros de sección rectangular, de 23 centímetros de base por 14 centímetros de altura. Estas pistas anteriormente se utilizaban en las áreas de talleres y en las fosas de visita dado que la circulación de trenes se realiza a bajas velocidades y sin pasajeros.

1.2.3 BARRA GUÍA:

Esta hecha de un acero dulce fundido en forma de un ángulo en tramos de 18 metros de largo, soldados entre sí, también por el proceso aluminotérmico, tiene un peso aproximado de 44.360 Kg/m. Esta barra sirve para alimentar a los trenes con un voltaje de 750 volts de corriente continua en la tracción y equipos auxiliares presentes en la línea. Además están colocadas sobre los aisladores sujetadas por medio de pernos Nelson, véase (figura 4, 5).

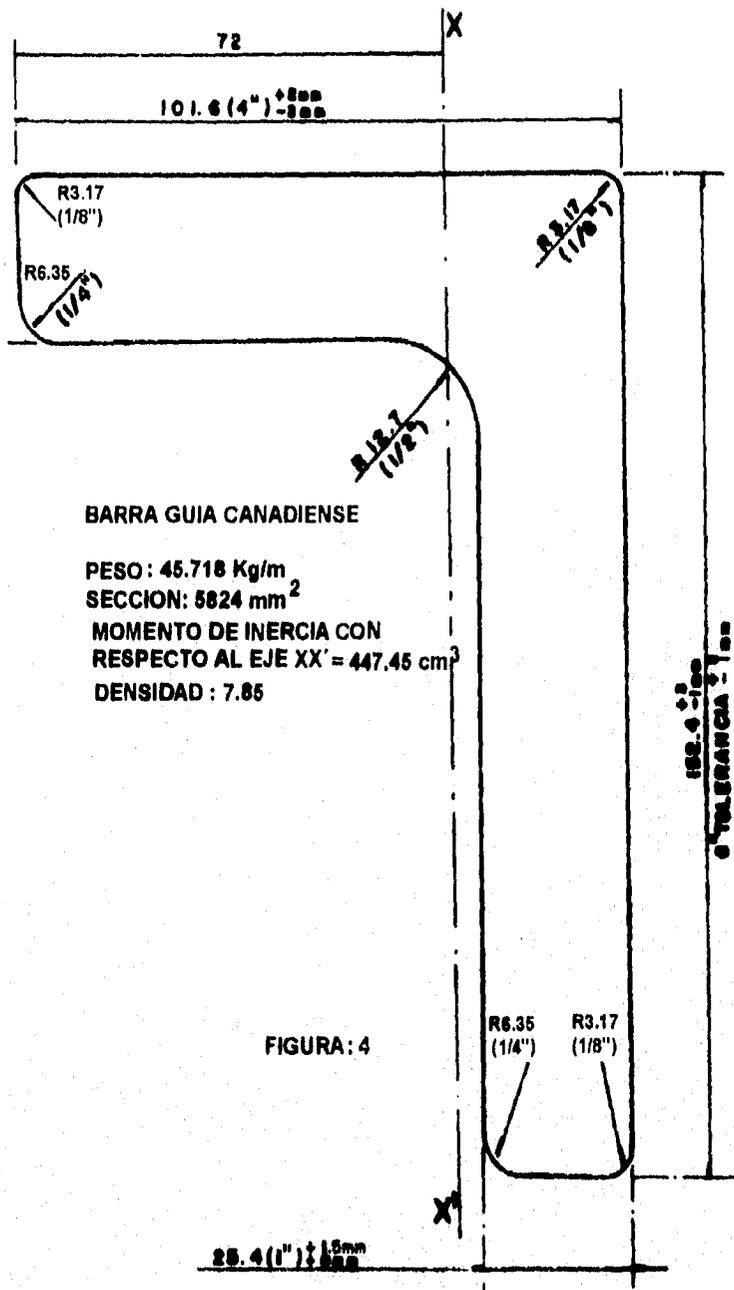
1.2.3.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS BARRAS-GUÍA TANTO NACIONALES COMO FRANCESAS.

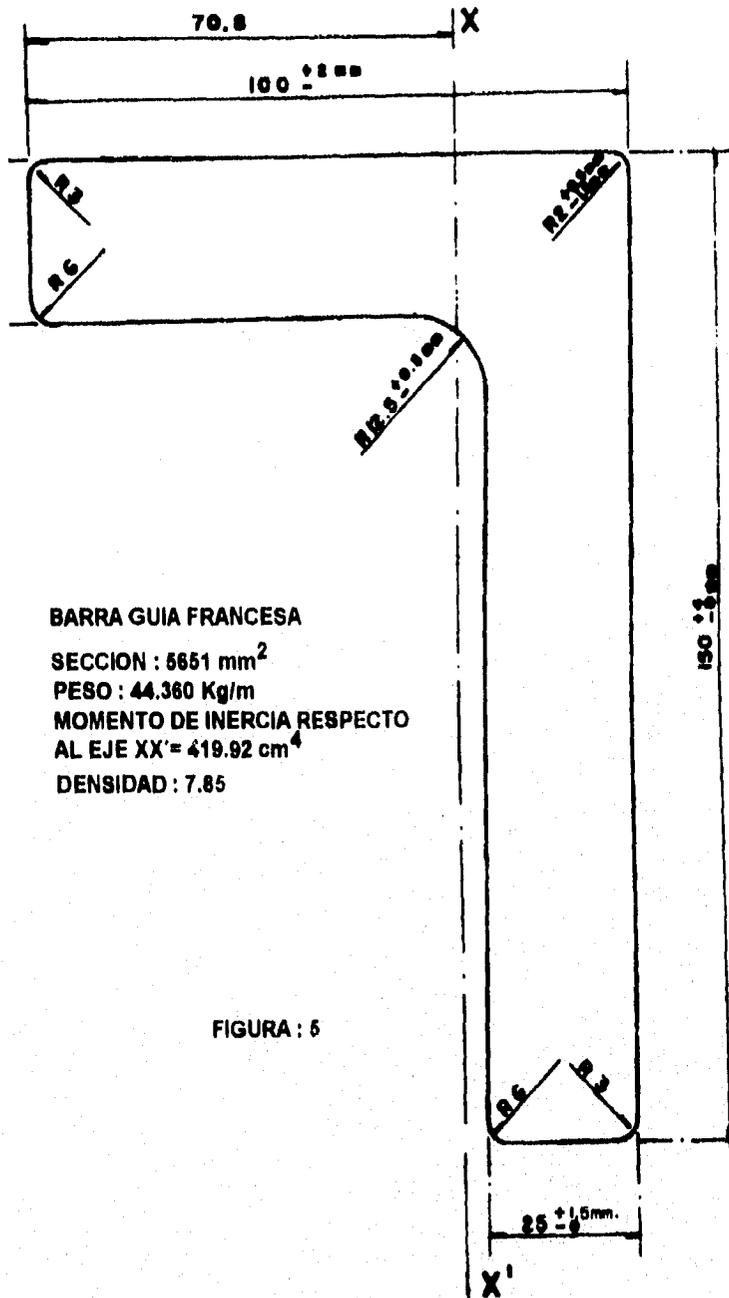
ACERO FRANCES

CARBONO: $\leq 0.123\%$

FOSFORO: $\leq 0.055\%$

AZUFRE : $\leq 0.055\%$





NITROGENO: $\leq 0.008\%$

ACERO NACIONAL

CARBONO: $\leq 0.300\%$

FOSFORO: $\leq 0.050\%$

AZUFRE : $\leq 0.060\%$

NITROGENO: $\leq 0.009\%$

MANGANESO $0.72\% \leq Mn \leq 1.20\%$

SILICIO : $\leq 0.30\%$

(P+S): $\leq 0.09\%$

1.2.3.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA BARRA-GUÍA.

Para el acero francés, es un acero de tipo A-34-2NE (No Efervescente).

- Tensión de ruptura:

$$33.0 \text{ da N/mm}^2 (3370 \text{ Kg/cm}^2) \leq R \leq 41.0 \text{ da N/mm}^2 (4180 \text{ Kg/cm}^2)$$

- Alargamiento: $A \geq 30\%$

- Doblado en frío a 180° : No debe aparecer ninguna grieta o desgarre en el metal.

Para el acero nacional, es un acero de tipo A-36 de las Normas Oficiales mexicanas.

- Tensión de ruptura:

$40.0 \text{ da N/mm}^2(4100 \text{ Kg/cm}^2) \leq R \leq 55.0 \text{ da N/mm}^2(5600 \text{ Kg/cm}^2)$.

- Límite de fluencia:

mínimo: $24.7 \text{ da N/mm}^2(2500 \text{ Kg/cm}^2)$.

- Alargamiento en 200 mm de longitud calibrada:

mínimo: 20%

- Alargamiento en 50 mm de longitud calibrada:

mínimo: 21%

- Doblado en frío a 180°: No deberán aparecer grietas en la parte exterior del doblado.

1.2.3.3 FINALIDAD

La barra de guiado tiene la función de guiar y de alimentar de corriente directa de tracción del material rodante, sirviendo de apoyo en la parte superior al tapiz de transmisión de las señales de control de pilotaje automático de los trenes.

1.2.4 APARATOS DE VÍA

Es el conjunto de elementos que permiten la comunicación entre una vía y otra para la circulación del material rodante, colocándose principalmente en tramos rectos y planos.

Existen dos tipos de aparatos de vía, los de tangente 0.13 y los de tangente 0.20, ubicados en vía principal y en vías secundarias respectivamente.

Los aparatos de vía están instalados de manera que formen desviaciones o comunicaciones, cambiando el curso del material rodante hacia la derecha o hacia la izquierda de su ruta inicial.

Se componen de piezas de fundición de acero al manganeso y otros elementos tales como agujas, contrarrieles y cerrojos además de los motores que efectúan el movimiento para el cambio de posición de las agujas.

Así como la vía ordinaria, los aparatos de vía son colocados sobre balasto. (ver figuras 6 y 7).



fig.6 Aparatos de vía tag. 0.13 en vía principal



fig.7 Aparatos de vía tang. 0.20 en vía secundaria

1.2.5 DURMIENTES

En la actualidad existen varios tipos de durmientes instalados en la red del S.T.C. Tenemos los de madera, concreto biblock y monoblock.

La función de ellos es soportar los rieles, pistas de rodamiento, barras guía, aisladores, además de soportar las cargas que el material rodante ejerce sobre la vía, así como de mantener uniformes, la separación entre rieles y pistas de una misma vía.

1.2.5.1 TIPOS DE DURMIENTES.

Dentro de los durmientes de madera, encontramos los siguientes tipos: (ver fig. 8).

- Durmientes ordinarios tipo "O": Estos durmientes soportan los rieles y las pistas de rodamiento.

- Durmientes tipo "S": Este tipo de durmiente soporta al aislador

- Durmientes especiales: Los cuales se utilizan para colocar los aparatos de vía y para montajes especiales de las vías.

Los durmientes de concreto tienen la misma función que los de madera, sin embargo son compuestos en su construcción por dos bloques de concreto reforzado unidos por un tirante metálico embebido en los bloques de concreto. (ver fig. 9) Los hay del tipo "O" y tipo "S" y "SO", que soporta los rieles, pistas de rodamiento, y aisladores respectivamente.

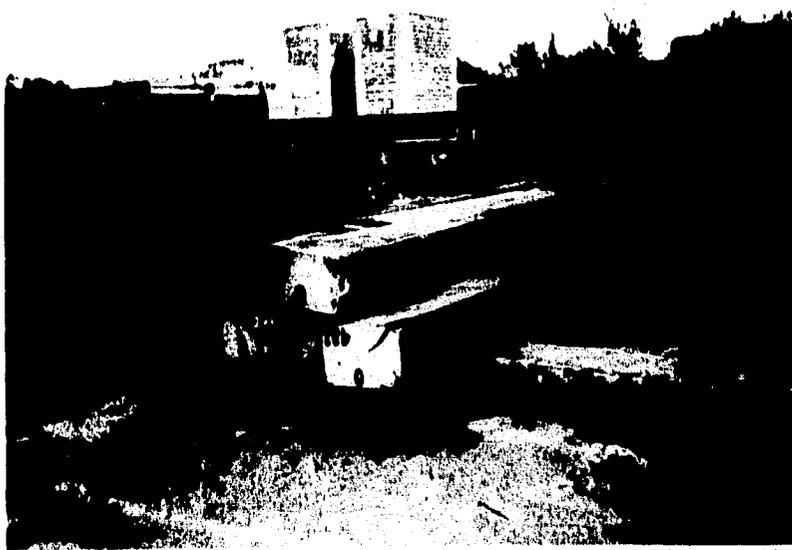


Fig. 8 Durmientes de madera

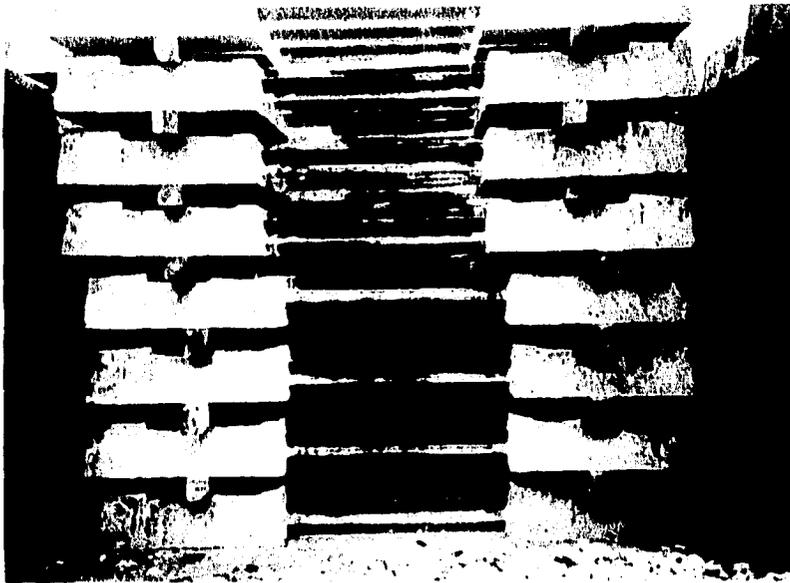


Fig. 9 Durmientes de concreto biblock

1.2.6 BALASTO

Esta constituido de piedra triturada. Se encuentra instalado sobre la losa del túnel a todo lo largo y ancho de este.

El espesor de la capa del balasto es variable en las curvas, pero se mantiene constante en los tramos rectos con una medida de 40 a 45 centímetros aproximadamente abajo de los durmientes.

Las funciones principales del balasto son las siguientes:

- Asegurar la repartición de las cargas, que genera el material rodante sobre la vía y que se transmiten a los durmientes.
- Impedir el desplazamiento de los elementos de vía.

- Asegurar el fácil drenaje de las aguas infiltradas.

- Amortiguar las vibraciones que producen los trenes a su paso.

- Permitir la rápida renivelación de la vía.

1.2.7 AISLADORES

Están constituidos por un bloque aislante, capaz de proporcionar un aislamiento eléctrico perfecto y permanente. A pesar de los esfuerzos mecánicos a los cuales es sometido en servicio y las condiciones físicas que estará expuesto.

CAPITULO 2 AISLADORES

2.1 AISLADORES DE LA BARRA GUIA.

Están constituidos por un bloque aislante, capaz de proporcionar un aislamiento, eléctrico perfecto y permanente. Apesar de los esfuerzos mecánicos a los cuales es sometido en servicio y las condiciones físicas que estará expuesto.

Los aisladores no deberán incluir ningún material metálico incorporado.

Los aisladores se emplean para dar apoyo así como para la fijación de las barras guía.

Los aisladores, se encuentran fijados sobre zoclos metálicos, de bridas laterales, en los extremos de los durmientes de madera tipo "S" (ver figura 10); y en los extremos de los durmientes tipo biblock.

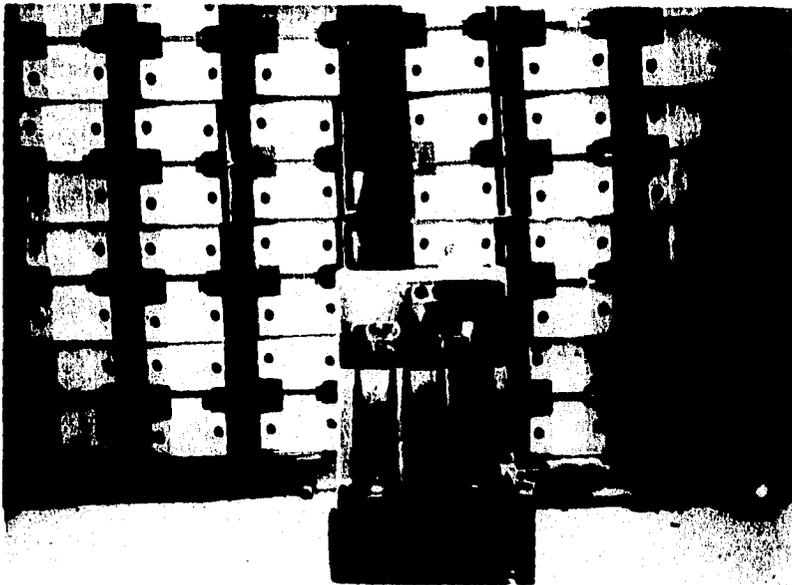


Fig. 10 Lote de aisladores

Estos soportan los esfuerzos laterales que genera el material rodante al pasar, sobre la barra guía tanto en rectas como en curvas.

Como elemento aislante, no debe permitir el paso de la corriente eléctrica a los demás elementos de la vía

Actualmente están instalados en la red del sistema aisladores fabricados en polyester-fibra de vidrio y en algunos puntos específicos de las líneas 1,2 y 3 hay instalados los del tipo metálico con campana de vidrio, (ver figura 12).

Los aisladores de polyester-fibra de vidrio se han diseñado para su funcionamiento en los distintos tipos de instalaciones de la red.

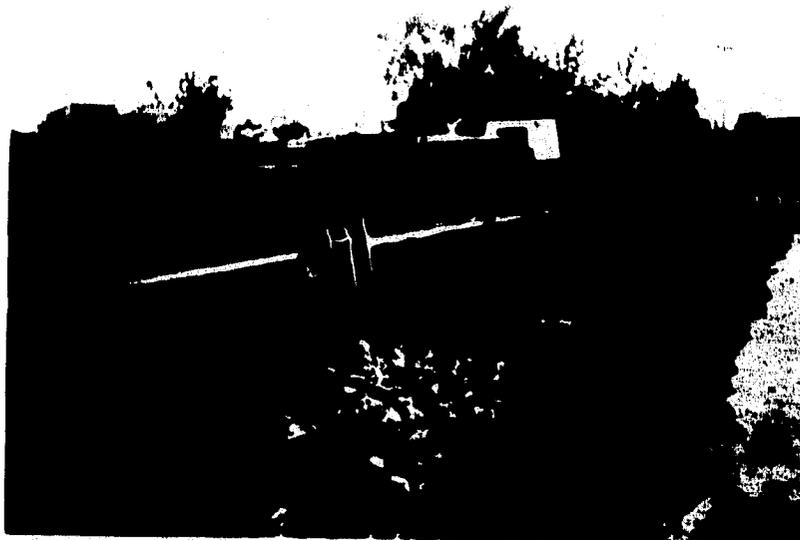


Fig. 11 Ubicación de los aisladores en la vía

Los aisladores de polyester-fibra de vidrio con orificios normales para la recepción del perno tiene un diámetro regular de 21 mm.

2.2 PROPIEDADES Y MATERIALES DE LOS AISLADORES.

El aislador es de polyester armado con fibras de vidrio y no debe de incluir ningún tipo de entramado metálico integrado.

Los materiales que forman al aislador deben ser compactos y exentos de burbujas de aire o de porosidades, además el material tiene que ser auto-extingible.

El aislante debe ser estable en el transcurso del tiempo, es decir que cualquier fisura que apareciera durante el periodo de servicio, no debe disminuir sus propiedades mecánicas y eléctricas.

El porcentaje de polyester y fibra de vidrio que componen al aislador soporte de barra-guía es aproximadamente el siguiente:

Resina: 40.00 % .

Fibra de Vidrio: 60.00 % .

2.3 TIPOS DE AISLADORES

Existen dos tipos de aisladores, que se diferencian por la forma de los orificios para la fijación de la barra guía:

- Tipo superficial: Son los que se utilizan en vías a la intemperie, y tienen los orificios ovalados permitiendo la dilatación de la barra guía originada por los cambios de temperatura.

-Tipo túnel: Son los que se utilizan en vías instaladas en túnel y tienen los orificios redondos (ver figura 13 y 14)

Los aisladores, se encuentran fijados sobre zoclos metálicos, de bridas laterales, en los extremos de los durmientes de madera tipo "S". Soportando los esfuerzos laterales que genera el material rodante, sobre la barra guía tanto en rectas como en curvas. Como elemento aislante, no debe permitir el paso de la corriente eléctrica a los demás elementos de la vía.

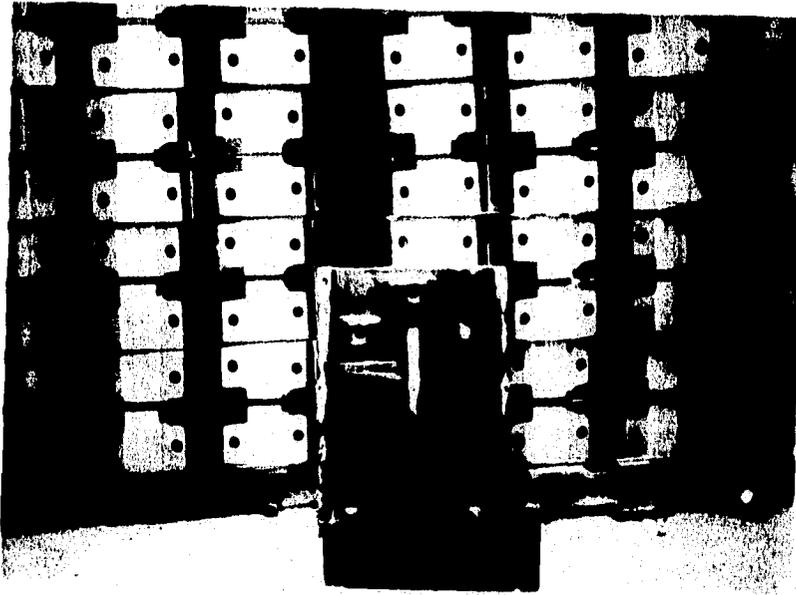


Fig. 13 Aislador tipo túnel

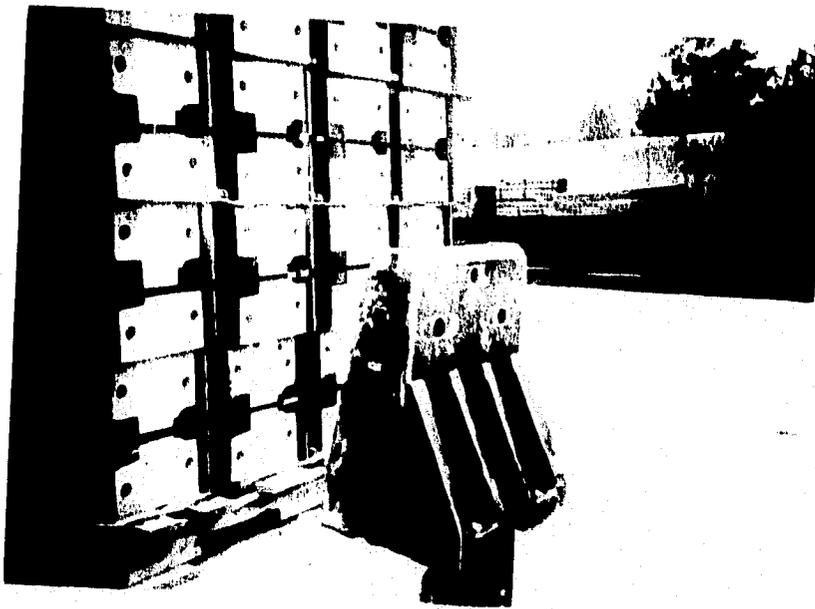


fig. 14 Vista lateral del aislador tipo túnel

CAPITULO 3

ESFUERZOS MECANICOS

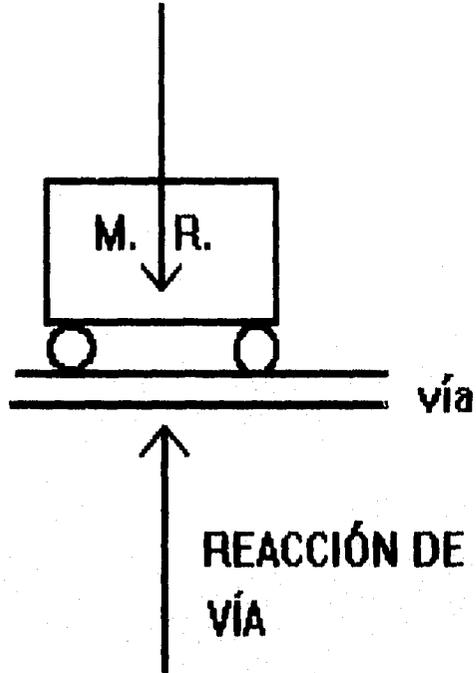
3.1 ESFUERZOS QUE SE GENERAN EN EL SISTEMA DE VÍAS.

La vía en general es un conjunto de dispositivos necesarios para soportar, guiar y suministrar energía eléctrica al material rodante

Las diferentes fuerzas que soporta la vía son:

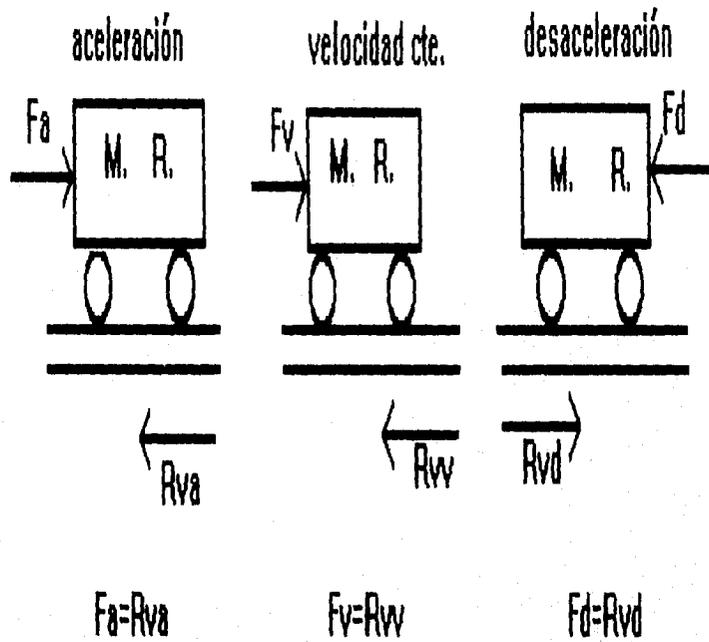
- a).- El peso del material rodante.

PESO DEL MATERIAL RODANTE



El peso del material rodante es soportado por la vía y por medio de su respuesta (ó reacción de la vía) que lo equilibra y no permite desplazamientos verticales.

b).- Las fuerzas longitudinales desarrolladas, durante la aceleración ó desaceleración, durante la circulación a velocidad constante.

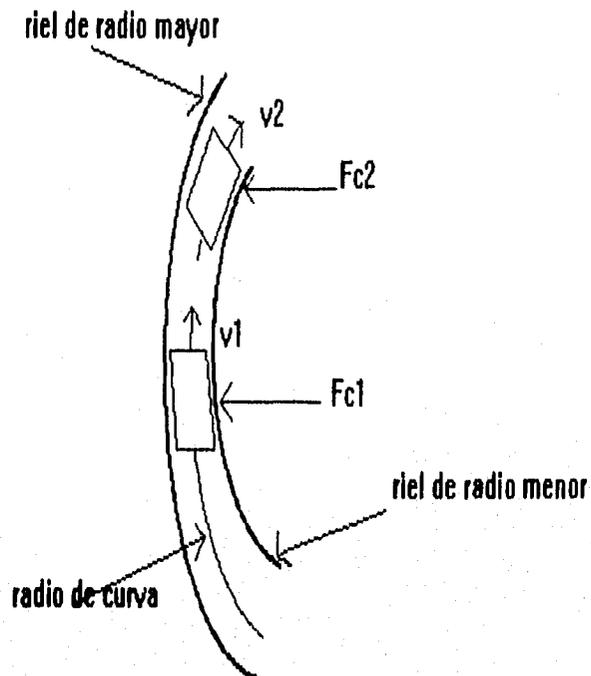


Los motores suministran la fuerza de aceleración (F_a) y la fuerza necesaria para mantener el material rodante a velocidad constante (F_v), que son soportadas por la vía por sus reacciones (R_{va}) y (R_{wv}) respectivamente.

Los frenos producen la fuerza de la desaceleración (F_d) que es soportada por la vía por su reacción (R_{vd}).

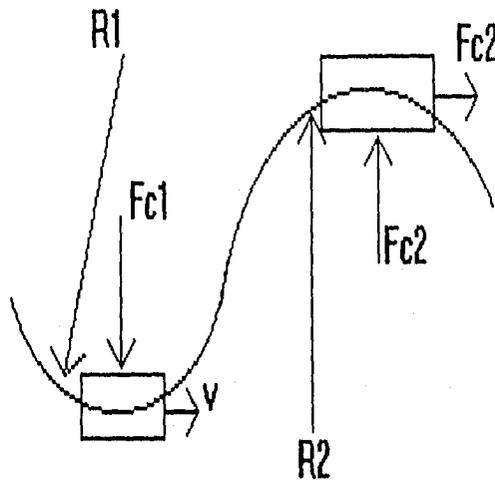
En general la fuerza de aceleración y la fuerza de desaceleración son mayores que F_v .

c).- Las fuerzas transversales que resultan de la circulación del material rodante sobre tramos de vía en curva (fuerza centrífuga).



Para un mismo radio "R", la fuerza centrífuga aumenta cuando la velocidad "v" aumenta.

En forma similar, para una misma velocidad la fuerza centrífuga es mayor en una curva con menor radio.



Si $R1$ es menor que $R2$, $Fc1$ es mayor que $Fc2$, para la misma velocidad.

Para compensar parcialmente la acción de la fuerza centrífuga, el riel de rodamiento de radio mayor se coloca un poco más alto, que el riel de rodamiento de radio menor. Este desnivel de rieles se le llama sobre elevación

La sobre elevación se encuentra limitada por el centro de gravedad de los carros ya que no pueden llegar a tener un valor muy grande porque se correría el riesgo de que al perarse el tren en esa curva se volteara al no existir fuerza centrífuga.

De tal forma que para una sobre elevación y un radio " R " existe una velocidad ideal " v " del tren que permite funcionar a la vía y al tren sin tener que soportar excesos de fuerzas transversales.

Si la velocidad es menor que la ideal, la fuerza centrífuga disminuye, inclinándose la fuerza combinada al lado 2 tal que (Fc2) se hace mayor que (Fc1). En caso de que sea mayor la velocidad que la ideal; se inclina al lado 1 la fuerza combinada, aumentando (Fc1) siendo mayor que (Fc2).

3.2 FUERZA CENTRIFUGA

Para inscribir una curva en la vía el vehículo precisa de una aceleración centrífuga cuyo valor es:

$$\delta = V^2 / R \dots \dots \dots (1)$$

donde : δ = aceleración centrífuga en m/seg.²

V = Velocidad del vehículo en m/seg.

R = Radio de la curva en m.

si llamamos V a la velocidad del vehículo expresado en Km/hr se verifica:

$$V = v1000/3600 = v/3.6$$

Sustituyendo en (1) queda:

$$\delta = v^2 / (3.6)^2 R$$

Esta aceleración centrípeta, cuya reacción es la aceleración centrífuga que se ejerce sobre la vía y sobre las personas situadas en el propio vehículo se mantiene a lo largo de toda la curva y afecta a un determinado valor a las condiciones de circulación y a la comodidad del viajero.

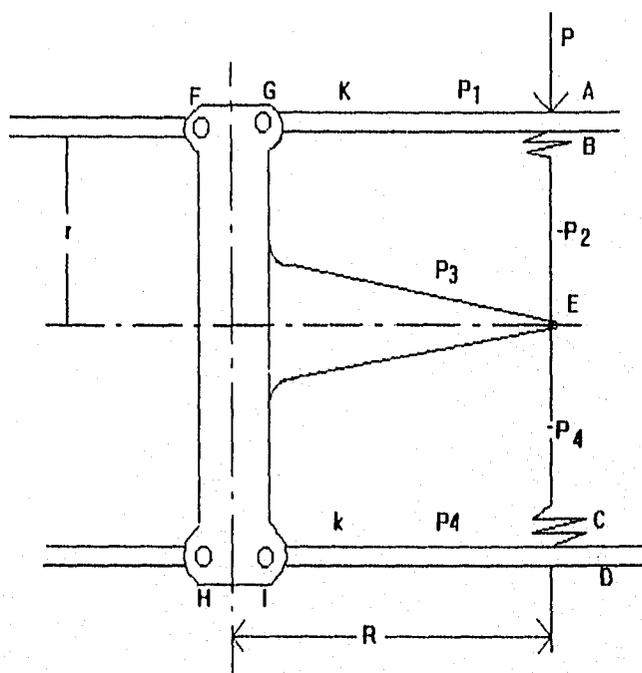
El producto de la aceleración centrífuga por la masa del vehículo de la fuerza de reacción en T_m que la vía debe ejercer sobre este.

$$F = m v^2/R = (w/g)(v^2/R)$$

$$F = wv^2/127R$$

3.3 ESFUERZOS APLICADOS A LA BARRA

a) Esfuerzo transversal. Estos esfuerzos son producidos por el paso del material rodante, durante su circulación en la vía, los esfuerzos son dirigidos hacia el exterior de la curva.



Sea :

P La carga máxima aplicada (esfuerzo de guiado)

P1 – P4 Los esfuerzos tomados por los travesaños del chasis

P2 Esfuerzos ejercidos en una media barra

P3 El esfuerzo tomado por el puente

K La rigidez del travesaño del chasis

k La rigidez radial de los elementos elásticos B y C (soportes SC

51)

k' La rigidez radial de los elementos elásticos F, G, H, Y (soportes

SC

81)

La rigidez del puente en el punto $E = \frac{4r}{R} k'$

a, d Las flechas del travesaño del chasis

b, c Las flechas radiales de los elementos elásticos B y C

e La flecha del puente sobre el punto E

Debemos tener:

$$P = P1 + P2$$

$$P2 = P3 + P4$$

$$a = b + c + d$$

$$e = a - b$$

$$P1 = Ka$$

$$P2 = kb$$

$$P3 = pe$$

$$P4 = kc = Kd$$

Se admite que cuando el esfuerzo máximo de guiado P es aplicado a la rueda de guiado opuesta no hace contacto sobre el riel de guiado.

La resolución del sistema de ecuaciones siguientes nos da:

$$c = P \times \frac{1}{(1 + k/K) (1 + \rho/k) K + \rho + K + k}$$

$$a = c(1 + k/K) (1 + \rho/k) + 1$$

$$b = c(1 + k/K) \rho + 1$$

$$d = (k/K)c$$

$$e = c(1 + k/K)$$

Para la aplicación presente nosotros tenemos

$$P = 14\,715 \text{ N}$$

$$I = 13\,500\,000 \text{ mm}^4$$

$$K = 3EI/l$$

$$\text{con } l = 795 \text{ mm}$$

$$K = \frac{3 \times 196\,200 \times 13\,500\,000}{502\,459\,875} = 15\,800 \text{ N/mm}$$

$$k = 13\,245 \quad (\text{soporte SC 51})$$

$$k' = 20\,600 \text{ N/mm} \quad (\text{soporte SC 81})$$

$$\rho = \frac{4 \times 495}{795} \times 20\,600 \text{ N/mm}$$

$$c = \frac{14\,715}{(1 + 13\,245/15\,800) (1 + 51\,300/13\,245) 15\,800 + 51\,300 + 15\,800 + 13\,245}$$

$$c = 0.0555 \text{ mm}$$

$$a = 0.0555 (1 + 13\,245/15\,800) (51\,300/13\,245) + 1$$

$$a = 0.552 \text{ mm}$$

$$b = 0.0555 (1 + 13\,245/15\,800) (51\,300/13\,245) + 1$$

$$b = 0.45 \text{ mm}$$

$$d = (13\,245/15\,800) \times 0.0555 = 0.0465 \text{ mm}$$

$$e = 0.0555 (1 + 13\,245/15\,800) = 0.102$$

3.4 ESFUERZOS APLICADOS AL TRAVESAÑO

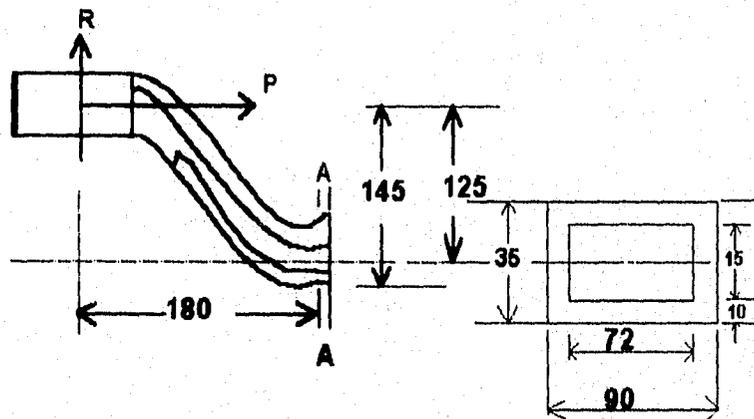
$$P_2 = 13\,245 \times 0.45 = 5\,960 \text{ N}$$

$$P_4 = 13\,245 \times 0.0555 = 735 \text{ N}$$

3.4.1 ESFUERZO VERTICAL

$R = 6\,620 \text{ N}$ a cada parte A y D del chasis

3.4.2 MODULO DE INERCIA DE LA BARRA



$$I = 1/12 (90 \times 35^3) - (72 \times 15^3)$$

$$I = 301\,312 \text{ mm}^4$$

$$I/v = 301\,312/17.5 = 17\,218 \text{ mm}^3$$

3.4.3 MOMENTO DE FLEXION EN LA SECCION AA

$$M_f = 6\,620 \times 18 + 5\,960 \times 12.5 = 193\,660 \text{ cm-N}$$

3.5 FACTOR DE TRABAJO

$$193\,660/(10 \times 17.2) \cong 1\,125 \text{ bars} \quad (11.47 \text{ Kg/mm}^2)$$

CAPITULO 4

PRUEBAS, ANALISIS Y RESULTADOS

4.1 PRUEBAS DE LOS AISLADORES

En el Sistema de Transporte Colectivo, se realizan diferentes tipos de pruebas a los aisladores soporte de barra-guía y toma de corriente, con el fin de asegurar la calidad de estos, llevandose acabo las siguientes pruebas:

- Pruebas mecánicas
- Pruebas eléctricas
- Pruebas térmicas

4.2 PRUEBAS MECÁNICAS

Examen visual y verificaciones geométricas. Esta prueba será aplicada a todos los aisladores.

Deben efectuarse cuatro tipos de pruebas mecánicas:

Prueba de esfuerzo mecánico transversal

Prueba de esfuerzo mecánico longitudinal

Prueba de esfuerzo mecánico vertical

Prueba de esfuerzos repetidos (0 a 1500 daN)

Para realizar las pruebas, el aislador por probar será sujetado sólidamente sobre su base por medio de una fijación análoga a la usada en el montaje del aislador. Para la prueba de esfuerzo mecánico transversal y la prueba de esfuerzos repetidos, la fuerza de prueba se aplica paralelamente a la superficie de la base a 0.287 m de ésta en dirección hacia el exterior de la vía. La fuerza se apoya en el centro de una placa de repartición de 25 mm de espesor.

Para la prueba de esfuerzo mecánico longitudinal, la fuerza de prueba se aplica siguiendo el prolongamiento de la barra y en el extremo de una placa de repartición igual a la base y a 0.287 m de la superficie de la base

Durante las pruebas de esfuerzo mecánico transversal y longitudinal, las flechas se medirán a 0.287 m del pie del aislador.

Para la prueba de esfuerzo vertical, la fuerza vertical se aplica sobre el aislador por medio de una placa de repartición, usando para la distribución del esfuerzo las tres perforaciones de la cabeza.

Las pruebas de esfuerzo mecánico transversal y longitudinal se efectúan cada una en tres fases.

1er. fase: Prueba de esfuerzo mecánico a 3000 daN durante 30 segundos.

2a. fase: Prueba de esfuerzo mecánico progresivo hasta 6000 daN

3er. fase: Prueba de ruptura por esfuerzo mecánico.

Para la prueba de esfuerzo mecánico vertical, se realizarán las primeras dos fases.

4.2.1 PRIMERA FASE PRUEBA DE ESFUERZO MECÁNICO 3000 DAN DURANTE 30 SEGUNDOS.

El aislador es sometido a una fuerza progresiva hasta alcanzar el valor de 3000 daN.

El incremento será de 50 daN por segundo, en promedio.

En cuanto se alcance el esfuerzo de 3000 daN, se mantendrá durante 30 segundos sin modificación.

Durante esta prueba el aislador no debe sufrir ninguna alteración, ni debe aparecer ningún indicio de fisura.

En esta prueba la flecha debe ser inferior a 3 mm, tanto para la prueba de esfuerzo mecánico transversal y longitudinal.

4.2.2 SEGUNDA FASE: PRUEBA DE ESFUERZO MECÁNICO PROGRESIVO HASTA ALCANZAR LOS 6000 daN.

La prueba anterior se continúa en los aisladores probados con un incremento progresivo de 50 daN por segundo, hasta alcanzar los 6000 daN.

- Ningún aislador debe romperse bajo esta carga.
- No será tolerada ninguna fisura abierta.
- Serán toleradas únicamente alteraciones superficiales y microfisuras que no sean superior a 50 mm.

Para las pruebas de esfuerzos mecánico transversal y longitudinal, la flecha debe ser inferior a los 6 mm.

4.2.3 TERCERA FASE: PRUEBA DE RUPTURA POR ESFUERZO MECÁNICO.

La prueba se continuará sobre algunos aisladores con el fin de medir la carga de ruptura.

Prueba de esfuerzos repetidos (0-1500).

El aislador será sometido a esfuerzos repetidos con valores respectivos de 0 a 1500 daN, con un ritmo de 5 impulsos por segundo. La prueba se continuará sin parar durante 200 horas con el fin de alcanzar un total de 3'600,000 pulsaciones. No deberá observarse ningún deterioro en el aislador.

4.3 PRUEBAS ELÉCTRICAS.

4.3.1.- MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN SECO.

Las mediciones se efectúan entre un elemento de la barra guía fijado sobre el aislador, y una pieza metálica fijada en la base del aislador. Las series de mediciones se realizan en piezas escogidas y las cuales deben estar secas.

Ningún aislador debe tener una resistencia menor a los 100 megohms.

4.3.2.- VERIFICACIÓN DE LA NO VARIABILIDAD DE LA RESISTENCIA BAJO 5000 VOLTS DURANTE 60 SEGUNDOS.

A un cierto número de aisladores se les aplica durante 60 segundos una tensión de 5000 volts, entre el elemento de barra guía fijado sobre el aislador y la pieza metálica fijada en la base, en seguida se mide la resistencia de aislamiento entre los mismos puntos.

4.3.3.- PRUEBA DE CONTORNEO EN SECO.

Se aplica una tensión alterna industrial entre dos electrodos, de 10,000 volts entre el elemento de la barra guía fijado sobre el aislador y la pieza

metálica fijada en la base, por lo cual no debe producirse el contorneo para una tensión inferior.

4.3.4.- PRUEBA DE CONTORNEO BAJO LLUVIA.

Esta prueba se efectúa en las mismas condiciones que la anterior, pero el aislador se expone a una lluvia artificial, que caiga con un ángulo de 45° a razón de 3 mm por minuto, durante 5 minutos y el tiempo que dure la prueba, después de esto se aplica 5000 volts entre los electrodos. El contorneo no debe producirse para una tensión inferior.

4.3.5.- MEDICIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE AISLAMIENTO DESPUÉS DE MOJADO.

Después de haber sido sometidos a la prueba de resistencia de aislamiento en seco, las piezas se sumergirán durante 2 minutos en agua bajo una carga de un metro.

Tan pronto como sea posible después, de sacarlos del agua, sin que se sequen, se mide la resistencia de aislamiento entre el elemento de la barra guía y la pieza fijada en la base cada dos minutos durante 30 minutos. El porcentaje de recuperación debe ser como mínimo del 50% con respecto al aislamiento obtenido en seco, la resistencia de aislamiento no deberá ser inferior a 100 megohms.

4.3.6.- PRUEBA DE ARCO ELÉCTRICO.

El arco, limitado a 1000 amperes bajo 750 volts, se inicia entre dos carbones distantes con una separación de 10 mm.

El carbón inferior fijo está conectado en la pista metálica por medio de placas de latón. Su distancia de la barra guía es de 130 mm.

El carbón superior está armado sobre un brazo móvil que puede girar al rededor de un eje reportado sobre la barra guía.

El arco se inicia por medio de un papel metálico, colocado entre los dos carbones y se mantiene durante dos segundos.

Luego se gira el carbón superior, lo que ocasiona el corte del arco, si el arco se mantiene después de la rotación del carbón se cortará mediante un disyuntor alcabo de tres segundos..

Después de 5 segundos se restablece la corriente, por lo cual no debe producirse ninguna reiniciación del arco.

4.3.7.- PRUEBA BAJO INFILTRACIÓN DE AGUA SALADA.

La prueba consiste en rociar al aislador con una mezcla de agua con 0.30% de sal y 0.30% de detergente, el rocío se realiza gota a gota, orientado sobre la barra guía y la pista de frente, durante seis horas con un voltaje aplicado de 750 volts de corriente directa, sin que se presenten inicios de arcos ni alteraciones en la superficie.

4.4 PRUEBAS TÉRMICAS.

4.4.1.- VERIFICACIÓN DE LA NO PROPAGACIÓN DE LA FLAMA.

La prueba se efectúa en una probeta cuadrada de 25 mm de lado y 125 mm de longitud.

Se utiliza un mechero Bunsen de 10 mm de diámetro, cuya flama regulada a 125 mm de longitud aproximadamente, siendo la longitud de la parte azul de la flama de 35 mm.

Se coloca la probeta con una inclinación de 45° durante 15 segundos, hasta completar cinco ciclos. Al término del último ciclo se deja quemar la probeta hasta que la flama se extinga.

La longitud de la parte quemada no debe exceder de 60 mm.

4.4.2.- PRUEBA DE RESISTENCIA A LAS VARIACIONES BRUSCAS DE TEMPERATURA.

El aislador se somete a 5 ciclos a un cambio alternado de temperatura de 55° C y -18° C. El tiempo de duración que debe permanecer el aislador a cada temperatura es de 25 minutos y el tiempo de paso de una temperatura a otra debe ser inferior a los 20 segundos.

Después del quinto ciclo, los aisladores no deben presentar fisuras o roturas.

4.4.3.- PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO.

El aislador se colocará durante 4 días a una temperatura de -18° C, luego sin transición, los aisladores se colocan durante 7 días en un horno a temperatura de +70° C. Al cabo de los cuales los aisladores no deben presentar fisuras ni roturas.

4.5 ANALISIS

Como se mencionó anteriormente los aisladores soporte de barra guía deben de cumplir con la especificación técnica respectiva, por lo que se decidió tomar para análisis los resultados significativos de las pruebas realizadas a dichos aisladores.

4.5.1 CRITERIO DE ACEPTACION

El criterio para decidir si uno de los lotes de aisladores es utilizable en operación, es determinando las características mecánicas y eléctricas en base a las pruebas realizadas en laboratorio, esto es con la finalidad de evaluar si un lote es aceptable conforme a las especificaciones técnicas del S.T.C.

4.5.2 DISCRETIZACION DE LOS RESULTADOS

Una vez obtenido los resultados de las pruebas realizadas se discretizó la información tomando en cuenta los datos más relevantes para su evaluación y así poder generar las gráficas correspondientes del comportamiento tanto mecánicas como eléctricas de los aisladores de barra guía.

4.6 RESULTADOS

Los resultados de las pruebas a los aisladores de barra guía tipo superficial corresponden al lote de un proveedor nacional, se muestran en las siguientes tablas

PRUEBAS DE ESFUERZO MECANICO TRANSVERSAL

Prueba	Resultados obtenidos	Conclusiones
Aislador No. 461 1a. etapa	- Flecha 1.41 mm - No se observan alteraciones	Dentro de especificación
2a. etapa	- flecha 3.48 mm - Se presentan ligeras microfisuras en contornos de agujeros de fijaciones parte frontal de 50,20,50 y 20 mm.	Fuera de especificación
3a. etapa		
Aislador No. 463 1a. etapa	- Flecha 1.43 mm - No se observan alteraciones	Dentro de especificación
2a. etapa	- Flecha 3.55 mm - Se observan ligeras microfisuras en torno de agujeros de las fijaciones parte frontal de 45, 35, 25, 20, 15 y 15 mm.	Fuera de especificación
3a. etapa	8030 daN.	Dentro de especificación
Aislador No. 480 1a. etapa	- Flecha 1.35 mm - No se observan alteraciones	Dentro de especificación
2a. etapa	- Flecha 3.31 mm - Se presentan fisuras en el contorno de agujeros de fijación parte frontal de 50 y 20 mm y microfisuras de 70, 65, 25, y 20 mm.	Fuera de especificación
3a. etapa	- Carga de ruptura 7,093 daN.	Dentro de especificación

PRUEBAS DE ESFUERZO MECANICO LONGITUDINAL

Aislador No. 469 1a. etapa	- Flecha 1.20 mm - No se observan alteraciones	Dentro de especificación
2a. etapa	- Flecha 3.21 mm - Se presenta ligera microfisura en contorno de agujeros de fijación parte frontal lado marca de 110 mm y una fisura en base de nervadura parte trasera lado marca de 10 mm.	Fuera de especificación
3a. etapa		
Aislador No. 474 1a. etapa	- Flecha 1.24 mm - No se observan alteraciones	Dentro de especificación
2a. etapa	- Flecha 3.20 mm - Se presentan fisuras en contorno de agujero de fijación y cara lateral parte trasera del lado marca de 105, 44, 30, y 25 mm y microfisuras en las mismas zonas de 40 y 30 mm	Fuera de especificación
3a. etapa	- carga de ruptura 8095 daN.	Dentro de especificación
Aislador No. 485 1a. etapa	- flecha 1.45 mm. - No se observan alteraciones	Dentro de especificación
2a. etapa	- Flecha 3.67 mm - Se presenta fisura en contorno de agujero de fijación parte frontal lado marca de 108 mm y microfisura de 45 mm.	Fuera de especificación
3a. etapa	- Carga de ruptura 8,817 daN	Dentro de especificación

PRUEBAS DE ESFUERZO MECANICO VERTICAL

Aislador No. 471 1a etapa	- No se observan alteraciones	Dentro de especificación
2a. etapa	- Se presenta fisura en la parte superior del contomo de agujero de fijación a barra guía de 25 mm. de longitud.	Dentro de especificación
3a. etapa		

Aspecto exterior	Se observan algunas zonas quemadas las microfisuras de acabado reportadas en el análisis se presentan en menor cantidad y longitud midiéndose una longitud máxima de 54 mm en las mismas.	Fuera de especificación
------------------	---	-------------------------

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS ELECTRICAS

PARAMETRO	SEGUN ESPECIFICACION Y/O NORMAS			RESULTADO MEDIDO EN LA PRUEBA	DESVIACION FUERA DEL RANGO PERMITIDO	OBSERVACIONES Y NOTAS
	DATO Y DESVIACION					
	MIN.	MAX.	UNIDADES			
1. Resistencia de aislamiento en seco. Aislador No 471 Aislador No 485	1000	-----	MOhms	6800	-----	Dentro de especificación
	1000	-----	MOhms	7300	-----	Dentro de especificación
2. Verificación de la no variabilidad de la resistencia bajo 5000 V, durante 60 segundos. Aislador No 471	Debe permanecer cte. la resistencia		MOhms	R Constante R Constante	----- -----	Dentro de especificación Dentro de especificación
3. Contorneo en seco Aislador 471 Aislador 485	No debe presentar contorneo a 10,000 Volts.		Volts	No presentaron contorneo	-----	Dentro de especificación Dentro de especificación
4. Contorneo bajo lluvia Aislador 471 Aislador 485	No debe presentar contorneo a 5000 V.		Volts Volts	No presentaron contorneo	----- -----	Dentro de especificación Dentro de especificación
5. Recuperación de aislamiento después de mojado Aislador 471 Aislador 485	Mayor a 100 MOhms después de 30 minutos		MOhms MOhms	6800 en 6 min 6800 en 2 min	----- -----	Dentro de especificación Dentro de especificación

6. Medición de la resistencia después de la inmersión en el agua durante 24. Hrs Aislador 471	100 ----	MOhms	6,800	-----	Dentro de especificación
7. Prueba de perforación Aislador 485	10,000	Volts	76,000	-----	Dentro de especificación
8. Infiltración de agua salada Aislador 485	No debe presentar alteraciones ni arcos a 750 VCD durante 6 horas	Volts	No presento inicios de arcos ni alteraciones en la superficie.	-----	Dentro de especificación

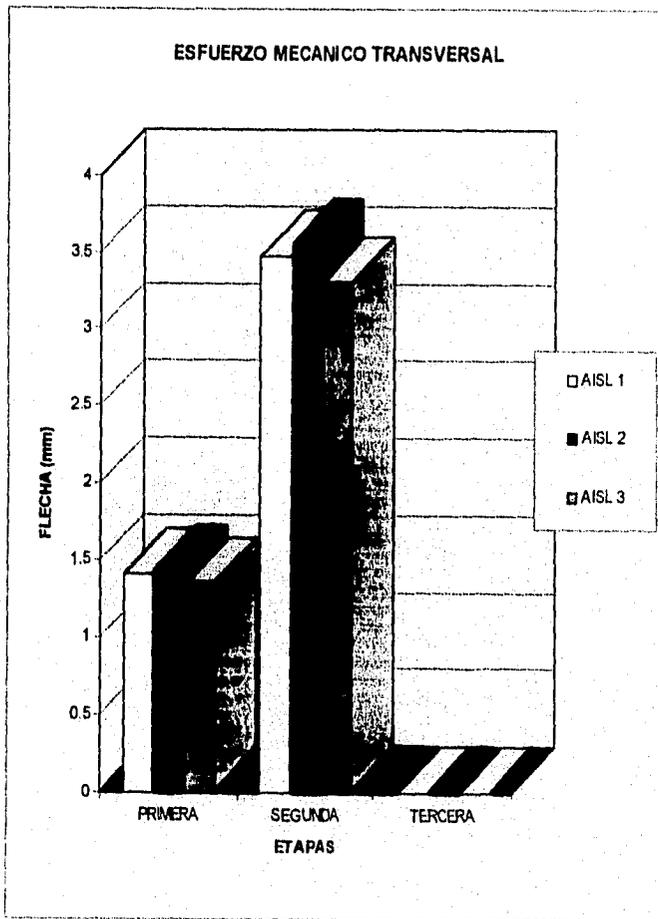
6. Medición de la resistencia despues de la inmerción en el agua durante 24. Hrs Aislador 471	100 -----	MOhms	6,800	-----	Dentro de especificación
7. Prueba de perforación Aislador 485	10,000	Volts	76,000	-----	Dentro de especificación
8. Infiltración de agua salada Aislador 485	No debe presentar alteraciones ni arcos a 750 VCD durante 6 horas	Volts	No presento inicios de arcos ni alteraciones en la superficie.	-----	Dentro de especificación

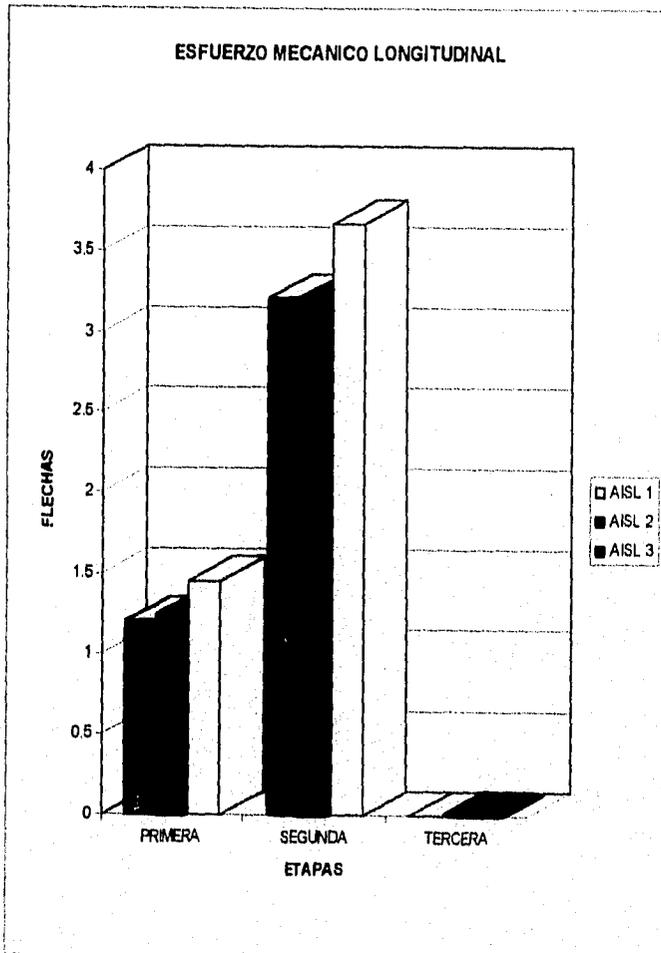
RESULTADO DE LAS PRUEBAS TERMICAS

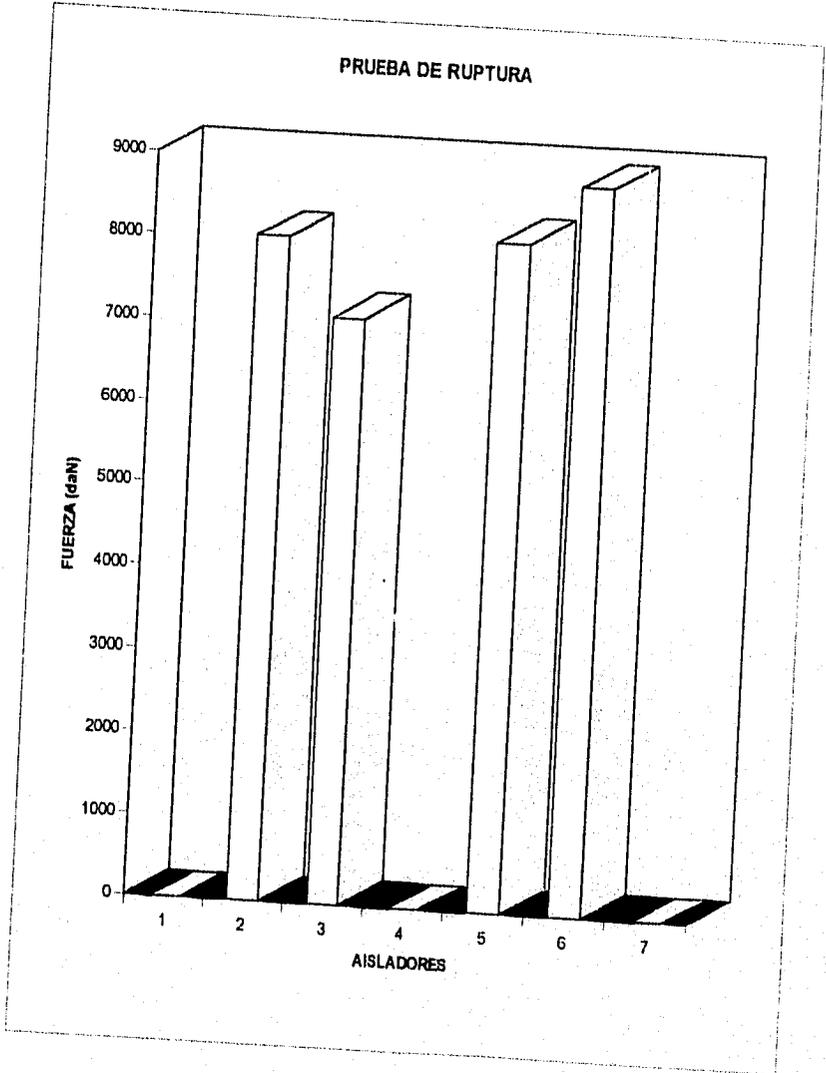
PARAMETRO	SEGUN ESPECIFICACION Y/O NORMAS			RESULTADO MEDIDO EN LA PRUEBA	DESVIACION FUERA DEL RANGO PERMITIDO	OBSERVACIONES Y NOTAS
	DATO Y DESVIACION					
	MIN.	MAX.	UNIDADES			
1. Verificación de la no propagación de la flama. Aislador 474	--	60	mm	8	-----	Dentro de especificación
2. Prueba de resistencia a las variaciones de temperatura Aislador 485	Los aisladores no deben presentar fisuras o roturas			----	No presento fisuras o roturas. ----	Dentro de especificación
3. Prueba de envejecimiento acelerado. Aislador 480	Los aisladores no deben presentar fisuras ni roturas			----	No presento fisuras o roturas ----	Dentro de especificación
Prueba de porosidad. Aislador 471	El peso de cada aislador no deberá presentar un aumento de más de 0,2%			%	0.087 -----	Dentro de especificación

LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN LAS QUE SE DESARROLLARON LAS PRUEBAS :

TEMPERATURA 19° C
 % H. RELATIVA 40%
 PRESION ATMOSFERICA 582 mmHg







CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar las características de los aisladores soporte de barra guía durante su operación en la vía. Debido a que los aisladores tienden a fallar en sus características mecánicas y eléctricas.

Para lograr un buen mantenimiento es necesario contar con los medios claros y precisos para solicitar, actualizar y ejecutar trabajos, computar tiempos, materiales y costos; así como también, determinar que acciones son necesarias para reducir al mínimo el costo de mantenimiento y tiempo de paro, finalmente evaluar los resultados comparados con lo planeado, estimado y programado.

Todos los procedimientos deben ser analizados y valorados para poder determinar cuales son factibles de ser cambiados esto con el fin de analizar

los objetivos propuestos al principio del programa de mantenimiento en un tiempo óptimo de aprovechamiento.

El objetivo de cualquier actividad de mantenimiento es minimizar el costo de fabricación del producto, sin sacrificar la calidad de trabajo y la seguridad del trabajador a través de la aplicación económica de trabajador-herramientas-materiales para proteger el equipo y aumentar la productividad. Pero la medida para lograr tal objetivo, necesariamente está afectada por factores que caen más allá del control de mantenimiento. Por este motivo, la relación producción-mantenimiento es de fundamental importancia. La administración de la planta debe definir claramente y asignar las responsabilidades relacionadas.

El departamento de mantenimiento debe responsabilizarse de conservar el equipo en buena condición de operación al menor costo unitario; ayudando y orientando las operaciones en el establecimiento de un nivel económico en reparaciones; las reparaciones se deben de hacer en los intervalos referidos para ser más eficiente en forma que presente un mínimo de interferencia en las operaciones; y asegurar el trabajo de emergencia.

Si partiendo que el objetivo del mantenimiento es conservar el equipo en operabilidad, la ingeniería de mantenimiento de equipo, debe tener como objetivo todas las actividades necesarias en el mantenimiento y desarrollar así su tarea.

Los principales objetivos de la ingeniería de mantenimiento son:

- a).- Proporcionar la continuidad de operación en línea y que no exista paros durante el servicio

b).- Mantener el equipo en una condición satisfactoria

c).- Mantener el equipo a su máxima eficiencia de operación.

d).- Reducir al mínimo el tiempo en los paros. por causas conocidas y desconocidas

e).- Reducir al mínimo el costo de mantenimiento de acuerdo a las especificaciones anteriores.

f).- Mantener un nivel de ingeniería práctica en la ejecución del trabajo elaborado por el departamento.

La obtención de estos fines requiere:

1.- La provisión de un grupo de ingeniería adecuadamente asesorado y supervisado.

2.- Un programa firme de mantenimiento preventivo.

3.- El mantenimiento de refacciones adecuadas, de acuerdo con las condiciones normales.

4.- Investigación continua de las causas y remedios de los paros de emergencia.

5.- Mantenerse informado acerca de las practicas de la industria, avances técnicos, nuevos métodos, equipos y materiales.

6.- Estrecha cooperación con la operación de supervisión para satisfacer los requisitos de equipo y programación.

Por último también concluimos, que se puede volver a utilizar el aislador con campana de vidrio, siempre y cuando se le aplique un recubrimiento aislante que soporte una tensión de rigidez dieléctrica de 10 KV. El uso de este aislador permite tener una resistencia mecánica mayor en las fijaciones, lo cual no se fracturarían.

Mantenimiento preventivo.

La forma adecuada en el trabajo de mantenimiento preventivo se debe confirmar la verificación, ajuste a reemplazos rutinarios, lubricación y limpieza necesarias en los equipos estando en condiciones adecuadas para su operación y listos para usarse. Este trabajo de mantenimiento es predecible rápidamente para la planeación y programación colocándose sobre bases de tiempo estándar, para fines de control de costos.

Es tarea de mantenimiento preventivo a través de inspecciones planeadas y programadas de mantenimiento en las reparaciones generales, asegurar que no haya fallas en el equipo. Principalmente en la correcta confiabilidad de cada uno de los elementos o piezas. Así como las medidas necesarias para mantener la confiabilidad del conjunto a un nivel adecuado a las necesidades de la explotación del equipo.

En general, la detección de la probable o posible avería se fundamenta principalmente en la prevención y en la predicción necesaria para que el equipo continúe funcionando en óptimas condiciones.

Con el mantenimiento preventivo se está determinando el grado de seguridad óptima en relación a la explotación, y el mantenimiento predictivo

esta basado en la realización de inspecciones y verificaciones que determinan:

a).- Límite de vida útil que es tiempo estimado de operación de un elemento previstos y cercano al óptimo sin desperfectos, cumpliendo su cometido funcional.

b).- A través de seguimientos de parámetros de ejecución, la evaluación y tendencia de parámetros que informan sobre el desarrollo de anomalías internas.

Un programa de mantenimiento preventivo incluye estas actividades básicas.

1.- Inspección periódica de los activos y del equipo de la maquinaria, descubriendo las condiciones que conduzcan a paros imprevistos de operación o de depreciación perjudicial.

2.- Conservar la maquinaria para anular dichos aspectos, adaptarlos o repararlos.

3.- Secuencia en el campo del mantenimiento.

4.- Inspección. Esta actividad se realiza para verificar que las instalaciones o sus componentes funcionen dentro de los rangos adecuados de operación establecidos.

5.- Reemplazo o sustitución de partes del equipo al término de su vida esperada o cuando ya no es posible su ajuste.

Mantenimiento preactivo.

Es aquel que se proporciona A través de las desviaciones de las condiciones aceptables de operación teniendo que hacer un estudio de toda la instalación.

Un programa de mantenimiento preactivo se compone de cuatro objetivos principales.

- 1.- Establecer lineamientos de mantenimiento preactivo.
- 2.- Reducir o minimizar el tiempo de mantenimiento.
- 3.- Mejorar el mantenimiento actual.
- 4.- Suministrar en primer orden el diagnostico de los datos para evaluación o posibles modificaciones

Mantenimiento correctivo.

Este consiste en la reparación o corrección de fallas no programadas; generalmente de emergencia para corregir paros no programados

Este tipo de mantenimiento es utilizado, ya que es el que requiere menor conocimiento de organización y en un principio menos esfuerzo, aunque este último demanda trabajo irregular y por lo general fuera de las horas hábiles.

Este tipo de mantenimiento puede ser directo o de servicio.

Directo. Es la que comprende actividades de corrección de fallas en las instalaciones con el propósito de establecer este.

Servicio. Es aquel en el cual no es posible aplicar un mantenimiento preventivo por su costo que resultaría considerablemente elevado. El mantenimiento en particular para cada empresa, debido a diferencias fundamentales en tipo modelo edad, así como la calificación de la mano de obra de producción y mantenimiento, rotación de personal, políticas de la fabrica, etc.

El supervisor encargado de mantenimiento deberá obtener la colaboración de los trabajadores a su cargo, así como conservar el orden y la disciplina; con esto evitará el desperdicio de tiempo, energía y materiales.

También, deberá controlar la calidad de los trabajos efectuados para asegurar la integridad de las operaciones después, de algún trabajo efectuado.

El mantenimiento, conforme a las necesidades propias de cada empresa, puede ser realizado directamente en la misma o puede ser contratado.

Con el fin de mantener a las instalaciones en óptimas condiciones de funcionamiento; el departamento de vías cuenta con equipos, herramientas, refacciones y materiales que son utilizados por el personal durante la ejecución de los trabajos en la vía.

A continuación se indican algunos de los elementos que conforman el equipo de seguridad.

1.- Uniformes; compuesto por camiseta y pantalones.

2.- Botas dieléctricas,

3.- Botas de hule.

4.- Impermeables.

5.- Lámpara testigo.

6.- Corto circuitadores.

7.- Extensiones eléctricas con foco rojo.

8.- Protectores auditivos.

9.- Goggles o lentes protectores.

10.- Mascarillas antigases o anti-polvos.

11.- Guantes de carnaza.

12.- Guantes de lana azulada.

A continuación se describen algunas de las herramientas y materiales utilizados en el mantenimiento de los aisladores soporte de barra-guía.

Barreta de uña: es usada comúnmente en el ajuste de barra-guía mediante la inserción de la uña, entre la cabeza del aislador, y el perfil vertical de la barra-guía, permite introducir lanas de ajuste deseados. así como acomodamiento de las mismas.

Gato hidráulico; es utilizado en los trabajos de cambio de candeleros, zoclos y aisladores, se coloca sobre el durmiente más próximo al aislador y se levanta la barra-guía, mediante la palanca con que es suministrado.

Detergente en polvo; este tipo de jabón es utilizado para el lavado de los aisladores soporte de barra-guía. El detergente en polvo es ideal, dado que retira y corta la grasa y óxidos que se presentan en los aisladores.

Aflojatodo; es un compuesto químico que permite suavizar el óxido formado en las partes roscadas, permitiendo así el fácil retiro de tornillos y que sostienen al aislador o algún otro elemento.

Cepillo de raíz; es utilizado comúnmente en el trabajo de lavado de aisladores para retirar residuos de carbón, grasas, óxido y tierra en los aisladores.

Fibra sintética; se utiliza, para la ayuda en el lavado de aisladores.

Los trabajos de mantenimiento que se realizan en las instalaciones, en específico a los aisladores soporte de barra-guía se mencionan y bajo los procedimientos que posteriormente se señalan:

Trabajos en el conjunto zoclo-aislador.

- Cambio de aislador.
- Cambio de zoclo con bridas laterales.
- Cambio de tornillos de fijación de aislador y fijación de zoclo.
- Apriete de tornillería de fijación de aislador y zoclo.

Trabajos en el aparato de vía.

- Sustitución de bases de aislador.

Trabajos en el conjunto zoclo-aislador

Cambio de aisladores.

Es necesario el retiro o cambio de los aisladores, cuando sus características mecánicas y eléctricas no aseguren su funcionalidad, evitando así mayores daños o posibles cortocircuitos.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Aplicar aflojado, para facilitar el retiro de los dispositivos de fijación.
- Añoje y retire los tornillos de fijación del aislador y de los aisladores adyacentes.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- Retirar los tornillos de la base del aislador, tuercas de los pernos Nelson y roldanas planas.
- Con un gato hidráulico, levante la barra guía hasta que se logre el retiro del aislador dañado.
- Con una brocha o una espátula, retire las obstrucciones que se encuentren en la superficie del zoclo
- Checar que los orificios de la superficie del zoclo no estén obstruidas, en caso contrario se procede a retirarlas.
- Colocar el nuevo aislador.
- Un leve descenso de la barra-guía permitirá colocar los primeros hilos de los cuatro tornillos.
- Descender la barra guía en su totalidad y retirar el gato hidráulico.
- Preferentemente de manera cruzada, apretar los tornillos de fijación.
- La colocación de las lanas de ajuste del aislador deben mantener las proporciones que sustentaban al inicio del trabajo.
- Se colocan las roldanas planas y tuercas de pernos Nelson, apretando estas últimas y observando que la posición de lanas de ajuste de la barra guía sea la correcta.

NOTA: El cambio de aislador colocado sobre el zoclo de plato representa mayor grado de dificultad, por lo que es recomendable cambiar todo el conjunto ya armado, aún cuando el zoclo se encuentre en buenas condiciones.

Cambio de zoclo con bridas laterales.

Este cambio es necesario cuando se registran cargas excesivas del material rodante y cuando los tornillos de fijación se encuentren trozados y sea difícil su extracción; las soldaduras de unión de las partes del zoclo resulten dañadas y cuando dichas partes se encuentren separadas.

El trabajo se realiza mediante el siguiente procedimiento.

- Retire el aislador conforme al procedimiento ya descrito anteriormente.
- Aflojar el tornillo de fijación del candelero del zoclo y retire el tornillo.
- Retirar el zoclo dañado; checando que los orificios no esté obstruidos, después de limpiar la superficie del durmiente, se coloca el nuevo zoclo, observando que las cuñas del husillo queden incrustadas correctamente en las horquillas que tienen las puntas de las bridas.
- Se coloca y se aprieta el nuevo tornillo.

- El aislador es colocado nuevamente en su lugar siguiendo el procedimiento ya descrito.

Cambio de tornillos de fijación de aislador y candelero del zoclo.

Este trabajo se lleva a cabo en los casos en que se encuentren los tornillos trozados y su extracción no presente problemas, tanto en los tornillos de fijación del aislador, como en el tornillo de fijación del zoclo.

Este trabajo también es necesario, cuando los hilos de las cuerdas de los tornillos se encuentran dañadas y es posible su extracción sin dañarlos hilos de las cuerdas del candelero o de las tuercas soldadas, en la parte inferior del zoclo.

El procedimiento es el siguiente:

- Aplicar aflojatodo, para facilitar el retiro de los tornillos.
- Aflojar el tornillo a cambiar, ya sea del candelero del zoclo o el de fijación del aislador.
- Retirar el o los tornillos a cambiar, usando las herramientas adecuadas.
- Colocar el o los tornillos nuevos, girándolos manualmente para

asegurar la correcta colocación.

- Apretar los tornillos a tope, finalizando con esto el trabajo.

Por la dinámica de operación de los trenes, las instalaciones de vía tienden a perder parte de fijación en sus elementos, por lo que es recomendable, que periódicamente (en el caso de la tornillería) es conveniente apretarlos.

Trabajos en aparatos de vía.

El mantenimiento que se da en los aparatos de vía, con respecto a los aisladores es únicamente la sustitución de bases del aislador.

Debido a los cambios de temperatura y a la acción de los elementos naturales aunadas a las cargas de material rodante y al continuo tránsito de los trenes, deterioran las bases, por lo que su sustitución es indispensable para garantizar el buen funcionamiento de las instalaciones.

El procedimiento para realizar este trabajo es idéntico al mencionado para el cambio de aisladores; en estos casos se requiere quitar conjuntamente con sus bases si el zoclo es de bridas laterales y cuando estas bases se encuentre sobre zoclos de plato, resulta más fácil y más rápido el cambio de todo el conjunto zoclo-aislador.

NOTA: Es importante cuidar que las bases que sustituyen a las dañadas mantengan los mismos espesores

BIBLIOGRAFIA

- Materiales y Productos para Estructuras de Vía.

S.T.C.

- Descripción de Instalaciones de la Vía

Documento técnico # 2

S.T.C.

- Especificación Técnica # 14 - A

S.T.C.

- Especificación Técnica # 30 Para Equipar las Vías del Metro

S.T.C.

- Manual de Mantenimiento Industrial

Morrow

Editorial : C.E.C.S.A.