

196-A
2 eje.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y ELEMENTOS QUE COMPONEN LA
VIA FERREA DE LA LINEA 8 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
ROSA MARIA SANDOVAL ROMANO

MEXICO, D. F.

1994

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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-041/94

Señorita
ROSA MA. SANDOVAL ROMANO
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y ELEMENTOS QUE COMPONEN LA VIA
FERREA DE LA LINEA 8 DEL METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO"**

- I. INTRODUCCION
- II. GENERALIDADES
- III. ESPECIFICACIONES DE MATERIALES
- IV. PRUEBAS DE MATERIALES
- V. ALTERNATIVAS DE IMPLANTACION DE VIA
- VI. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
- VII. MANTENIMIENTO
- VIII. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 14 de marzo de 1994.
EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR*nl

A mis padres Rosa Ma. Romano de Sandoval y Rafael Victor Sandoval Urbina que con su apoyo, esfuerzo y bendiciones me guiaron por este camino y así poder concluir con esta meta, con todo mi amor.

A mis hermanos Ma. de Lourdes y Rafael con cariño por haber compartido cada momento de mi vida.

A mis profesores por haberme transmitido sus conocimientos, a lo largo de mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros que de alguna manera intervinieron en mi carrera.

A la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, en especial a la Gerencia de Obra Electromecánica por el apoyo incondicional que me brindó para realizar este trabajo.

Gracias

I.- INTRODUCCIÓN.	3
II.- GENERALIDADES	8
III.- ESPECIFICACIONES DE MATERIALES	13
III.1.- BALASTO	13
III.1.1.- FUNCION DEL BALASTO	13
III.1.2.- REQUISITOS DE CALIDAD	13
III.1.3.- MUESTREO	13
III.1.4.- ORIGEN Y COMPOSICION DEL BALASTO	15
III.1.5.- CARACTERISTICAS ESENCIALES DEL BALASTO	16
III.2.- DURMIENTES DE CONCRETO	18
III.2.1.- LOS DURMIENTES DE CONCRETO, SE CLASIFICAN EN DOS TIPOS:	18
III.2.2.- REQUISITOS DE CALIDAD :	18
III.3.- RIELES DE SEGURIDAD.	22
III.3.1.- LOS RIELES POR UTILIZAR SE CLASIFICAN EN :	22
III.3.2.- REQUISITOS DE CALIDAD (RIEL 80 ASCÉ)	22
III.3.3.- CARACTERISTICAS MECANICAS :	23
III.3.4.- RIEL 100 R E	23
III.3.5.- CARACTERISTICAS MECANICAS :	24
III.4.- PISTA DE RODAMIENTO	24
III.4.1.- CARACTERISTICAS MECANICAS :	25
III.5.- AISLADOR DE BARRA GUIA	26
III.5.1.- TIPO DE AISLADORES	27
III.5.2.- AISLADOR TIPO SUPERFICIAL	28
III.5.3.- REQUISITOS DE CALIDAD	28
III.6.- BARRA GUIA	29
IV.- PRUEBAS DE MATERIALES	32
IV.1.-BALASTO	32
IV.2.-DURMIENTES DE MADERA	33
IV.2.1.- BASES DE ACEPTACION	34
IV.3.- DURMIENTES DE CONCRETO REFORZADO TIPO MONOBLOQUE	35
IV.3.1.- RESISTENCIA A LA COMPRESION	35
IV.3.2.- RESISTENCIA A LA TENSION	35
IV.3.3.- CONDICIONES DE LAS PRUEBAS PARA SU ACEPTACION	35
IV.4.- PISTA DE RODAMIENTO	36
IV.5.- RIEL DE SEGURIDAD	37
IV.6.- AISLADOR	39
IV.6.1.- PRUEBAS MECANICAS	39
IV.7.- BARRA GUIA	41
V.- ALTERNATIVAS DE IMPLANTACION DE VIA	43
V.1.- SOLUCION SUBTERRANEA EN CAJON	43
V.1.1. ANALISIS DEL CAJON SUBTERRANEO	45
V.1.2.- SISMO	46

V.2.-	SOLUCION SUPERFICIAL	47
V.2.1.-	ANALISIS DE SOLUCION SUPERFICIAL	48
VI.-	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	50
VI.1.-	DESCRIPCION Y SECUENCIA DE LA CONSTRUCCION DE VIA	50
VI.1.1.-	ALINEACION DE LA VIA EN LINEA RECTA	50
VI.1.2.-	ALINEACION DE LA VIA EN CURVA	51
VI.1.3.-	MARCAS DE NIVELACION	51
VI.1.4.-	TENDIDO DEL BALASTO PRIMERA CAPA	52
VI.1.5.-	COLOCACION DE LA VIA FERREA	52
VI.1.6.-	MONTAJE DE LA VIA FERREA.	53
VI.1.7.-	SOLDADURA ALUMINOTERMICA DE LOS RIELES	53
VI.1.8.-	ACABADO, ARREGLADO Y BATEADO	55
VI.1.9.-	JUNTAS AISLANTES DE RIEL	56
VI.1.10.-	COLOCACION DE LAS PISTAS METALICAS	57
VI.1.11.-	SOLDADURA ALUMINOTERMICA DE LA PISTA	57
VI.1.12.-	JUNTAS AISLANTES DE PISTA	58
VI.1.13.	CONEXIONES ELECTRICAS ENTRE RIEL Y PISTA EN VIA ORDINARIA	58
VI.1.14.-	CONEXIONES EN LOS APARATOS DE VIA	58
VI.1.15.-	COLOCACION DE LOS AISLADORES Y DE LA BARRA GUIA	59
VI.1.15.1.-	MONTAJE DE LOS AISLADORES	59
VI.1.15.2.	COLOCACION PROVISIONAL DE LAS BARRAS GUIA PARA TRAZADO DE LA POSICION DE LOS PERNOS NELSON	59
VI.1.16.-	BARRA GUIA EN CURVA	60
VI.1.17.-	SOLDADURA DE LOS PERNOS NELSON	61
VI.1.18.-	MONTAJE DEFINITIVO Y AJUSTE DE LAS BARRAS GUIA	61
VI.1.19.-	SOLDADURA DE LAS BARRAS GUÍA CON EL MÉTODO	62
VI.1.20.-	VERIFICACION DEL AJUSTE DE LA BARRA GUIA	62
VI.1.21.-	ESMERILADO DE LAS BARRAS GUIA	63
VI.1.22.-	AISLAMIENTO DE LA CARA VERTICAL DE LA BARRA GUIA EN LA PARTE MAQUINADA DEL CUPON NEUTRO DE UN SECCIONAMIENTO	64
VI.1.23.-	COLOCACION DE LOS APARATOS DE VIA	64
VI.1.24.-	TERMINACION DE LA VIA	65
VII.-	MANTENIMIENTO DE LA VIA	67
VII.1.-	OBJETIVO	67
VII.2.-	CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO	67
VIII.-	CONCLUSIONES	70

I.- INTRODUCCIÓN.

El progreso humano en general y el proceso migratorio en particular, han provocado el incremento vertiginoso de la población de la Ciudad de México en lo que va del siglo, generándose los grandes problemas que actualmente afronta la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Específicamente, en lo que se refiere a problemas de Vialidad y Transporte Urbano que en los años 60's se tornaron sumamente críticos, principalmente en la Zona Central de la Ciudad en donde se generaban el 43% de todos los viajes, circulaban el 71% de todas las rutas de autobuses y tranvías y más de la mitad de los vehículos existentes utilizaban sus calles para circular y estacionarse, alcanzando velocidades similares a las obtenidas a pie, el congestionamiento era cotidiano y amenazaba con tornarse más crítico, para dar solución a tal situación el Departamento del Distrito Federal inició la reestructuración del Transporte Urbano con base en una futura red del Metro que constituyera la columna vertebral de todo el sistema. Para tal efecto el 29 de abril de 1965 se creó el organismo público Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C), y el 19 de junio del mismo año se inició la construcción de éstas obras.

El 5 de septiembre de 1969, se inauguró la primera línea y el 20 de noviembre de 1970, se tenían operando las tres primeras líneas con una longitud de 39.1 Km 35 estaciones de paso, 6 de transbordo y 6 terminales. Es decir, se habían construido aproximadamente 40 Km en 40 meses.

El Metro conquistó totalmente la confianza de los usuarios en tal forma, que de 248 mil pasajeros transportados diariamente al iniciar su operación, se elevó hasta 850 mil en 1970 y a 2 millones en 1977.

Con el crecimiento de la población, siguió creciendo la problemática del transporte de sus habitantes, los 40.8 Km. con que contaba el Metro, no impidieron que nuevamente la situación se tornara crítica; por ello el Gobierno creó en agosto de 1977 la Comisión Técnica Ejecutiva Del Metro, que en 1978 se transformó en la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, del Distrito Federal (COVITUR).

En 1983, atendiendo la creciente demanda de servicios se consideró imprescindible continuar con la ampliación de las Líneas del Metro, por tal motivo se actualizó el Plan Maestro del Metro, instrumento rector de carácter dinámico para ampliar racional y continuamente el sistema, instrumento que fuera congruente tanto, con los Planes Nacionales y Regionales de Desarrollo Económico y de Urbanización, como el Programa Integral de Transporte en el Distrito Federal. El cual condujo en 1985 a modificar los alcances para construir 15 Líneas con un total de 315 Km. de longitud en el año 2010 con 838 trenes para atender a 14 millones de V/P/D (viajes por día). Así mismo definió la jerarquización y las acciones más importantes referentes a las reservas territoriales, los derechos de vía y las áreas para las terminales, talleres y estaciones, así como las providencias que habría que tomar para ser congruentes con los planes de Vialidad y Desarrollo Urbano.

RED DEL METRO.

En resumen, las Obras del Metro de la Ciudad de México, se han de desarrollado de acuerdo al siguiente orden:

PERIODO	LINEA	LONG. EN KM.		N° DE ESTACIONES	
		PARC	ACUM	PARC.	ACUM.
1967-1970	1, 2 Y 3	39.10	39.10	47	47
1971-1976	1*	1.07	40.80	1	48
1977-1982	3*, 4 Y 5	37.50	78.30	32	80
1983-1988	1*, 2* Y 3*	62.70	141.00	46	126
1989-1991	6, 7, 9, Y "A"	17.00	158.00	10	136

* Ampliación de líneas.

Ahora nos enfocaremos a la descripción de la Línea 8, que es el tema central de este trabajo y particularmente a las vías en construcción.

La Línea 8 tiene su origen en el norte de la ciudad y atraviesa por el lado poniente del Centro Histórico para terminar en la zona sur-oriente de la misma.

Esta primera etapa tendrá 20.7 Km. de longitud y 19 estaciones; de las que, cuatro harán transbordo con un número igual de líneas actualmente en operación y 7 más de transbordo, también con líneas futuras.

Intercomunicará directamente el Centro Histórico de la Ciudad que tiene un alto índice de actividad comercial, con la zona sur-oriente de la misma en donde se encuentra la Delegación Iztapalapa; actualmente es la más poblada del Distrito Federal, su movilidad aliviará las líneas 1 y 2 actualmente sobrecargadas, y fortalecerá las líneas 4 y 9 para atender directamente a una población aproximada de 660 mil usuarios por día.

La obra Civil contempla dos tipos de solución en la Línea, 14.6 Km. de subterráneo, a base de un túnel de sección rectangular formada por muros y losas de concreto, y el resto superficial.

Como parte del servicio y la seguridad a los usuarios que el Metro ofrece como sistema dentro del área de la Electromecánica, ésta Línea contará entre otras, con las siguientes instalaciones: Señalización, Mando Centralizado, Pilotaje Automático, Telecomunicaciones, Telefonía de Trenes, Telefonía Directa, Conmutador Telefónico Digital.

El control de la operación de la Línea 8 se realizará desde el Puesto Central de Control, en donde se efectuará el seguimiento de los trenes, mando y control de la energía de tracción y aparatos de vía entre otros.

El equipo rodante a utilizar será el que actualmente se tiene en la red a base de rueda neumática y toma corriente, por tercer riel con una capacidad de 1,500 pasajeros por tren de nueve carros cada uno. La velocidad máxima será de 80 KPH. y la de operación de 35 KPH.

En cuanto a su capacidad de operación, al inicio de ésta, transportará del orden de 32

mil pasajeros -hora- sentido; sin embargo a medida que la demanda lo justifique, la capacidad aumentará hasta 60 mil pasajeros -hora- sentido. La construcción de la Línea 8, implica algunos proyectos de vialidad y reordenamiento del transporte de superficie.

Así la vialidad coincidente con el tramo de la Línea en superficie se transformará en una vía de doble circulación continua en 6.5 Km. de longitud. El flujo vehicular transversal al tramo superficial se verá beneficiado con la construcción de seis puentes vehiculares y el cruce con Paseo de la Reforma, donde se interceptan tres vías importantes se resolvió a desnivel.

Con la puesta en operación de ésta línea, la red contará con 178.7 Km. y 154 estaciones. Para 1996 se estima que el sistema en operación atienda del orden de 5.2 millones de usuarios por día.

II.- GENERALIDADES

El Metro de la Ciudad de México, cuenta con vías en operación de diferentes tipos:

- Vía principal, en cajón ó en tunel.
- Vía principal, en superficial ó elevada
- Vías secundarias

Se entiende como vías principales, aquellas en que el material rodante circula con usuarios y en servicio normal.

Las vías secundarias estarán ubicadas en zonas de maniobra, enlace, etc. y por ellas circulan los trenes vacíos y a baja velocidad.

Los talleres a su vez, son equipados con dos tipos distintos de vía; sobre balasto y sobre concreto.

Las vías principales son colocadas sobre balasto, y las vías secundarias en naves de depósito, vías de lavado y vías en fosas son colocadas sobre concreto.

Las vías del Metro, son un conjunto de elementos que permiten soportar, guiar y alimentar electrónicamente al material rodante.

La vía esta constituida por los siguientes elementos:

- 1.-Balasto
- 2.- Durmiente

- 3.- Riel de seguridad
- 4.- Pista de rodamiento
- 5.- Aisladores
- 6.- Barra guía y toma de corriente
- 7.- Aparatos de vía
- 8.- Material de fijación y equipos especiales

1.- BALASTO

El balasto esta constituido por material pétreo seleccionado, que da apoyo a los durmientes que soportan la vía y cuya finalidad principal es distribuir las cargas transmitidas por los trenes que circulan en la vía.

2.- DURMIENTES

Los durmientes son elementos sobre los cuales se apoyan y fijan los rieles, la pista de rodamiento y los aisladores que soportan la barra guía; por el material que los constituye, en el caso de la Ciudad de México, pueden ser de dos tipos: de madera ó de concreto.

3.- RIELES DE SEGURIDAD

Los rieles de seguridad para la vía, son perfiles del tipo 80ASCE con peso de 80 Lb/Yd. (39.73 Kg/m), sus funciones son: asegurar el retorno de la corriente eléctrica de tracción, participa en el funcionamiento de la señalización y para la circulación de los trenes de servicio equipados exclusivamente con ruedas metálicas. Son utilizados excepcionalmente

para el rodamiento de los trenes de pasajeros en el caso de que falle un neumático portador y gufa de los trenes, también en caso de baja presión del neumático.

4.- PISTA DE RODAMIENTO

La pista de rodamiento para las ruedas neumáticas de los trenes sirve para el retorno de corriente y para el funcionamiento de la señalización; la pista está constituida por perfil metálico en forma de "I", de alas anchas y se coloca en el lado exterior del riel, al igual que el riel la pista descansa en los durmientes, sobre los cuales, son fijados mediante el uso de tirafondos y/o piezas especiales.

5.- AISLADORES

Los aisladores son piezas de geometría particular, que se fijan al exterior del riel y pista en los durmientes destinados para este fin y tienen como finalidad apoyar y fijar a la barra gufa y de toma de corriente; estos aisladores poseen características dieléctricas determinadas para cumplir con las condiciones de aislamiento definidas por el proyecto.

Existen dos tipos:

- 1) **orificios ovalados**, para la fijación de la barra gufa que permiten los movimientos de ésta, por efecto de variaciones térmicas en las vías en la intemperie.
- 2) **orificios redondos** para la fijación de la barra gufa en túnel o cajón, en donde tales movimientos son despreciables.

6.- BARRA GUÍA Y TOMA DE CORRIENTE.

La barra guía metálica, tiene forma de ángulo de lados desiguales, que aseguran el guiado de los trenes y su alimentación en corriente de tracción, se apoyan en los aisladores a los cuales se fijan mediante pernos nelson y tuercas autofrenadas.

7.- APARATOS DE VÍA

Los aparatos de vía sirven para conectar dos vías entre sí y están constituidos, de agujas, piezas monobloques de acero al manganeso, que integran a los rieles de seguridad y a las pistas de rodamiento.

Estas piezas son emplanchueladas entre sí y tirafondeadas sobre durmientes de madera especiales para aparatos de vía.

8.- MATERIAL DE FIJACION Y EQUIPOS ESPECIALES

El material de fijación esta compuesto por piezas de diferentes tipos y utilización, como por ejemplo: tirafondos, pernos nelson, grapas, almohadillas de hule, zoclos, candados, chavetas, tuercas, rondanas, etc.

Los equipos ó piezas especiales que mas destacan son: aparatos de dilatación, cajas inductivas, conexiones eléctricas, zonas neutras, juntas aislantes, juntas mecánicas, topes al final de las vías, aparatos de vía, etc.

TRABAJOS PRINCIPALES

Los trabajos principales para la instalación de las vías sobre balasto son los siguientes:

- Adaptación de las áreas de trabajo
- Localización de la geometría de la vía, en trazo y perfil de balasto
- Colocación de durmientes
- Instalación de rieles
- Instalación de pistas
- Instalación de barra guía
- Instalación de aparatos de vía
- Instalación de equipos especiales
- Retiro de material extraño y limpieza
- Pruebas y puesta en servicio

III.- ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

III.1.- BALASTO

El balasto soporta directamente la vía por medio de los durmientes, ya que este permite nivelaciones periódicas de la vía.

III.1.1.- FUNCION DEL BALASTO

- 1.- Asegura la repartición sobre la losa ó sobre la plataforma de las cargas concentradas que recibe de los durmientes.
- 2.- Resistir el desplazamiento de los durmientes.
- 3.- Construir un amortiguador de vibraciones.
- 4.- Asegurar, en razón de su granulometría particular, la extracción de las aguas filtradas.
- 5.- Permitir la rectificación rápida de la nivelación y trazo.

III.1.2.- REQUISITOS DE CALIDAD

El balasto deberá cumplir con los requisitos físicos y granulometría establecidos en las tablas 01 y 02.

El material resultante de la trituración, deberá ser anguloso.

III.1.3.- MUESTREO

- 1.- Obtención de las muestras en banco.

A.- Para la aparición, se tomará una muestra representativa del

material, formada por muestras tomadas de varios sitios del banco del cual se quiere certificar, hasta tener en total una muestra de 150 kg. como mínimo.

B.- Las tomas se harán sobre apilados ó si el cargamento se efectúa directamente a la salida de la trituradora, debajo de la tolva de cargamento ó sobre el camión.

C.- Las muestras tomadas en el banco serán guardadas y selladas en paquetes impermeables y se enviarán para su estudio al laboratorio; llevarán las siguientes indicaciones:

- Fecha de muestreo
- Tipo de material
- Procedencia y localización del banco
- Nombre del empresario
- Nombre y firma del representante

2.- Obtención de muestras por medios mecánicos del balasto colocado en la vía.

A.- En cada sitio de muestreo se colectarán no menos de 20kg. de balasto, tomados del espesor total de la capa ó capas por analizar y cubriendo el área que resulte necesaria para colocar la cantidad antes señalada.

B.- Cada muestra será guardada en un paquete sellado y hermético,

para ser enviada al laboratorio y deberá llevar las siguientes indicaciones :

- Fecha de muestreo
- Línea
- Cadenamiento
- Distancia al tubo lateral ó galibo
- Capa a que corresponde ; primera ó total
- Espesor de la capa muestreada
- Nombre y firma del responsable del muestreo
- En ningún caso deberá muestrearse en forma aislada, la segunda capa.

III.1.4.- ORIGEN Y COMPOSICION DEL BALASTO

La piedra deberá provenir de rocas estables y duras, tales como: granito, balasto, cuarzo, etc.

Respecto a las cualidades que se deben cumplir, se basan en el criterio seguido por la **A. S. T. M. (SOCIEDAD AMERICANA PARA EL ENSAYE DE MATERIALES)**, obteniendo las siguientes conclusiones:

Las piedras obtenidas de canteras para la producción del balasto, deberán provenir de los bancos mas sanos y duros. Debiéndose rechazar el material que proviene de despalmes, de bancos de mala calidad y de cribado insuficiente. No deberá usarse material blando o agrietado, tampoco el material propenso a quebrarse por el impacto de las bateadoras en el proceso de renivelación y compactación de vía.

Los límites máximos permitidos para los elementos de mala calidad, son establecidos por diferentes artículos de la A. S. T. M. clasificados en los siguientes grupos :

A. S. T. M. C-235-54 ELEMENTOS BLANDOS .5%

A. S. T. M. C-117-49 MATERIALES QUE PASAN LA MALLA No. 200 1%

A. S. T. M C-142 ELEMENTOS ARCILLOSOS 0.9%

III.1.5.- CARACTERISTICAS ESENCIALES DEL BALASTO

- 1.- Ser duro a fin de resistir a los esfuerzos, al desgaste y a las vibraciones.
- 2.- Ofrecer una cierta elasticidad : esta elasticidad permite amortiguar la transmisión de cargas y de atenuar la amplitud de los esfuerzos dinámicos.
- 3.- Ser muy denso : un balasto pesado fija mejor la vía y resiste mejor a los diferentes esfuerzos a los que está sometido.
- 4.- Contener elementos angulosos y rugosos : es útil que las aristas sean muy vivas y las superficies suficientemente rugosas para permitir la conexión del balasto y el buen mantenimiento de la vía.
- 5.- El contacto balasto-durmiente debe poder asegurar una inmovilización de estos últimos, por penetración de aristas vivas de los elementos del balasto en la masa de los durmientes (madera, rugosidades o alveolos del concreto).
- 6.- Ser permeable : la permeabilidad será para el conjunto del balasto, tanto mejor si los vacios existentes entre los elementos permiten el drenaje de agua.

- 7.- Tener una buena granulometría : los tamaños diferentes y formas influyen no solamente sobre la estabilidad de la vía y vida útil del balasto, sino igualmente sobre la aptitud de este balasto al compactado.

TABLA 01 REQUISITOS FISICOS

CARACTERISTICAS	EN BANCO	COLOCADO
ABRASIÓN DEL MATERIAL MEDIANTE LA PRUEBA "LOS ANGELES" PORCENTAJE MÁXIMO	28.0	37.0
PÉRDIDA POR LAVADO EN MALLA N° 200, PORCENTAJE MÁXIMO	1.5	-0.30
ELEMENTOS ARCILLOSOS, PORCENTAJE MÁXIMO	0.5	0.5
PARTICULAS LIGERAS, PORCENTAJE MÁXIMO	5.0	5.0

TABLA 02 GRANULOMETRÍA

	DIMENSIONES DE LAS MALLAS C/ABERTURA CUADRADA				
REQUISITOS	A.S.T.M.	2 3/4"	2 1/4"	1"	1/2"
	N.O.M.	70mm	57mm	25mm	13mm
GRANULOMETRÍA DEL BALASTO EN BANCO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO				
	--	0	0.5	93-100	98-100
GRANULOMETRÍA DEL BALASTO COLOCADO	--	0	0.5	80-100	99-100

III.2.- DURMIENTES DE CONCRETO

Se pueden escribir como estos elementos de concreto tipo monobloque.

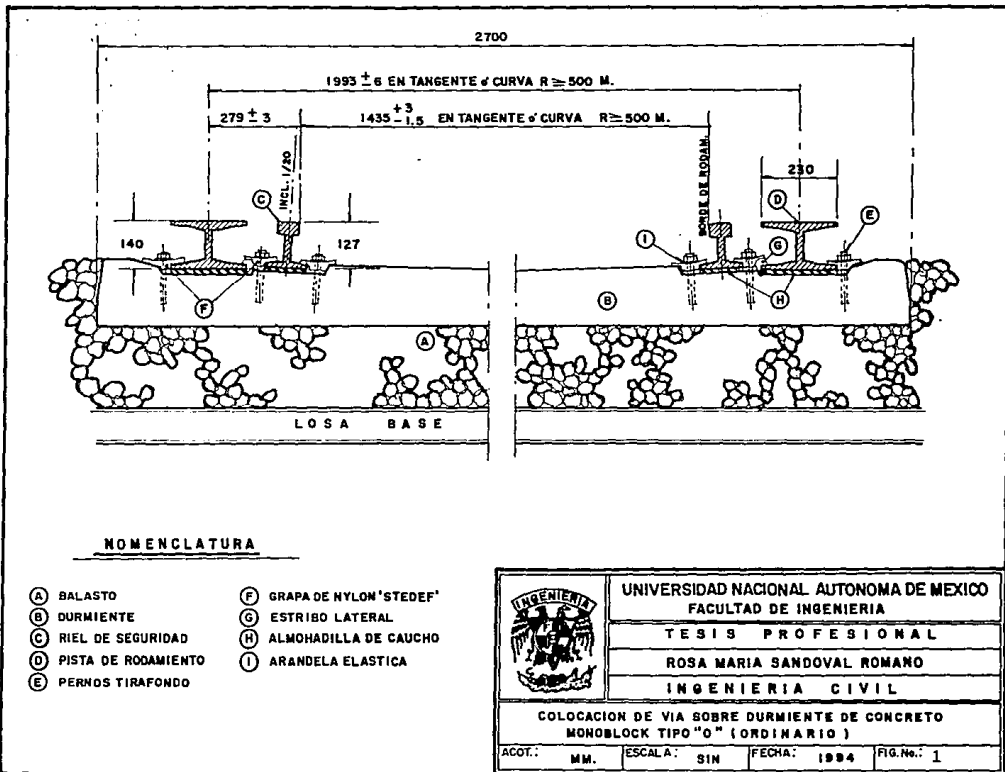
III.2.1.- LOS DURMIENTES DE CONCRETO, SE CLASIFICAN EN DOS TIPOS:

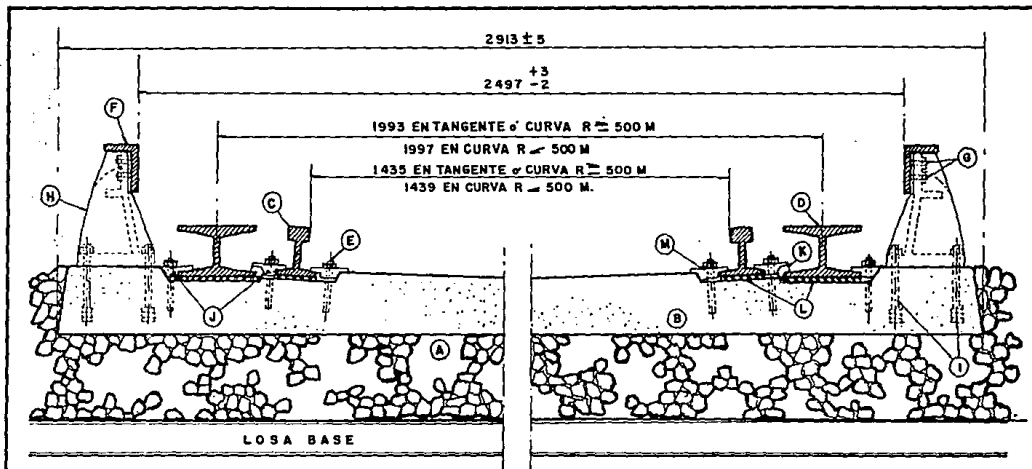
- 1.- TIPO " O " soporta los rieles y las pistas de rodamiento (ver dibujo N°1).
- 2.- TIPO " S " soporta los rieles, las pistas de rodamiento y el aislador para sujetar la barra gufa (ver dibujo N°2).

Los durmientes monobloque de concreto reforzado, destinados al equipamiento de las vías para la circulación de los trenes sobre neumáticos, tienen la finalidad de proporcionar alineación a los perfiles, y de transferir de una manera uniforme las cargas que a su paso ocasionan los trenes.

III.2.2.- REQUISITOS DE CALIDAD :

- 1.- **CEMENTO.-** El cemento a utilizar deberá ser Portland, preferentemente del tipo III, de resistencia rápida de una marca de reconocida calidad y que cumpla satisfactoriamente la norma NOM C-1, comprobando lo anterior con resultados de ensayos del fabricante, el cemento a utilizarse deberá satisfacer las pruebas de resistencia mínima a la compresión en cubos de mortero, siguiendo el procedimiento que marca la norma NOM C-61.





NOMENCLATURA

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| (A) BALASTO | (H) AISLADOR |
| (B) DURMIENTE | (I) TORNILLO FIJ. DE AISLADOR |
| (C) RIEL DE SEGURIDAD | (J) GRAPA DE NYLON 'STEDEF' |
| (D) PISTA DE RODAMIENTO | (K) ESTRIBO LATERAL |
| (E) PERNOS TIRAFONDO | (L) ALMOHADILLA DE CAUCHO |
| (F) BARRA GUIA | (M) ARANDELA ELASTICA A.P. |
| (G) PERNOS NELSON | |

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA
	TESIS PROFESIONAL
	ROSA MARIA SANDOVAL ROMANO INGENIERIA CIVIL
COLOCACION DE VIA SOBRE DURMIENTE DE CONCRETO TIPO "S" (SOPORTE DE AISLADOR)	
ACOT.: MM.	ESCALA: SIN
FECHA: 1994	FIG. No.: 2

Resistencia mínima a la compresión en cubos de mortero (TIPO III)

TABLA 03

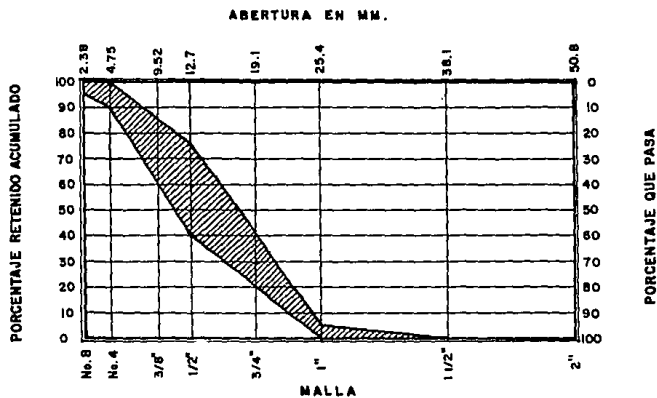
REQUISITOS FÍSICOS	ARENA	GRAVA
PÉRDIDA POR LAVADO EN MALLA N° 200, % MÁXIMO	2.0	1.0
ARCILLA POR SEDIMENTACIÓN, % MÁXIMO	3.0	--
MATERIA ORGÁNICA	ACEPTABLE	--
CARBÓN Y LIGNITO, % MÁXIMO	1.0	1.0
PARTÍCULAS DESMENUZABLES, % MÁXIMO	3.0	5.0
EQUIVALENTE DE ARENA, % MÍNIMO	80.0	--
CONTENIDO DE ARENA, % MÁXIMO	--	10.0
CONTENIDO DE GRAVA, % MÍNIMO	--	90.0
PÉRDIDA POR ABRASIÓN, % MÁXIMO	--	40.0

- A 1 día : 1.27 da N / mm (130 Kg/Cm)
- A 3 días : 2.45 da N / mm (250 Kg/Cm)
- A 7 días : 3.14 da N / mm (255 Kg/Cm)
- A 14 días : 3.48 da N / mm (355 Kg/Cm)
- A 28 días : 4.02 da N / mm (410 Kg/Cm)

- 2.- GRAVA.- La Grava empleada deberá provenir de rocas duras y sanas inalterables por efectos del agua o el aire debe satisfacer los requisitos físicos indicados en la tabla 03 y tener la granulometría mostrada en la Fig. A.

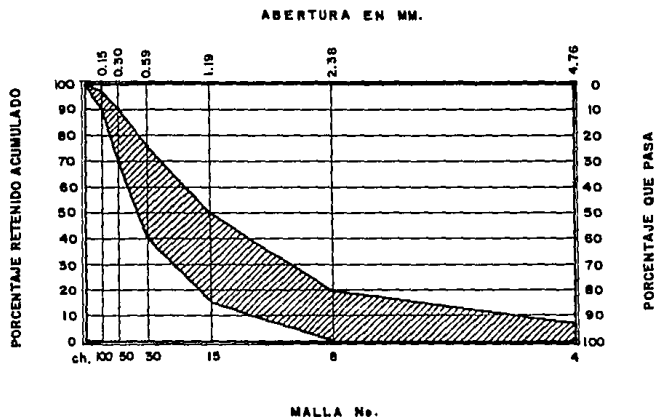
- 3.- **ARENA.-** La arena deberá ser de composición sílica natural exenta de materiales terrosos, arcillosos y con polvos no más del dos por ciento, deberá satisfacer los requisitos físicos indicados en la tabla 03 y tener la granulometría mostrada en la Fig. B.
- 4.- **AGUA.-** Se debe utilizar en el mezclado de concreto, agua exenta de materiales orgánicos o sales, tales como los cloruros y los sulfatos, ya que la presencia de éstos en el concreto, reduce considerablemente su resistencia.
- 5.- **CONCRETO.-** La modificación empleada deberá ser aprobada por el representante, y tener un contenido de cemento tipo III, no menor de 360Kg. por metro cúbico de concreto o de 420 Kg. para el cemento tipo I, o el II modificado.
- La relación agua-cemento (a/c), en peso en ningún caso deberá ser superior a 0.38, para obtener un revenimiento cero.
 - La resistencia a la compresión del concreto se determinará en probetas cilíndricas estándar y deberá ser de 3.48 de N / mm² (400 Kg/cm²) a los 14 días de edad del concreto para el cemento tipo III.
 - La resistencia a la tensión por flexión del concreto se determinará en probetas prismáticas con dimensiones no menores de 15 X 15 X 60 cms.
 - Colocación.- El vaciado será efectuado en el molde metálico después de

GRANULOMETRIA



GRAVA PARA DURMIENTE DE CONCRETO

A



ARENA PARA DURMIENTES DE CONCRETO

B

la colocación del tirante y de armados, las mallas inferiores del durmiente se colocarán un poco antes del llenado total del molde.

El tiempo mínimo de la vibración de compactación será de 150 segundos en tres períodos, logrando que el concreto rellene perfectamente el molde, sin formar oquedades y de modo que rodee completamente a los armados.

- Limpieza y aceitado de los moldes.- Las paredes interiores de cada molde y muy particularmente, el fondo de las protuberancias que forman los bordes y los huecos para los pernos tirafondos deberán ser debidamente aceitados, y en su caso previamente limpiados.
 - Desmoldeado.- Los moldes metálicos deberán estar equipados con todos los dispositivos necesarios para realizar su izado después de la vibración, su transporte hasta el área de desmoldeo, y su izado vertical, para retirar del molde el durmiente formado, todas las operaciones anteriores, se efectuarán sin producir ninguna deformación ni principio de fisuramiento o fracturación del concreto.
- 6.- ACERO DE REFUERZO .- Los aceros de refuerzo serán varillas de acero liso ó corrugado.

III.3.- RIELES DE SEGURIDAD.

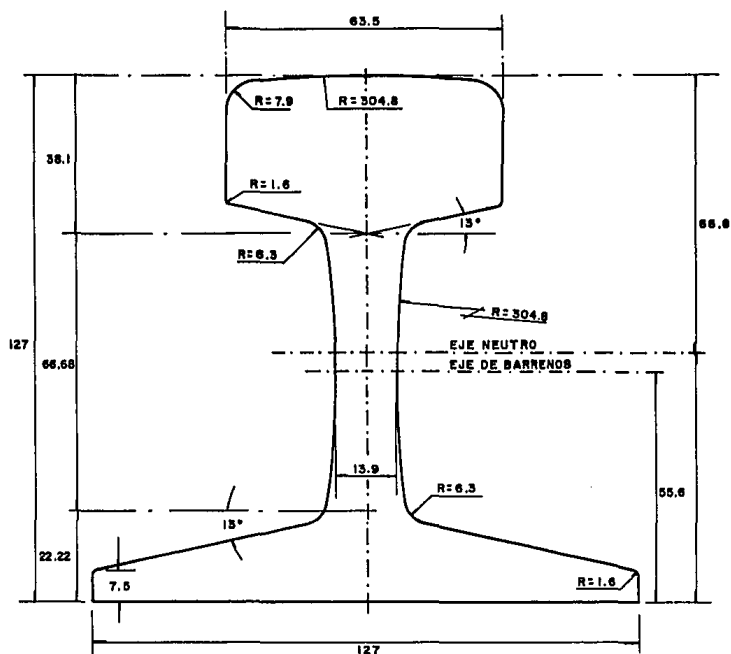
Es un perfil fabricado en acero, que no ha sido utilizado en algún servicio con anterioridad, están constituidos por tramos de 18 m, soldados entre sí a tope, por el procedimiento aluminotérmico. Sirve de apoyo a la rueda metálica en caso de baja presión o desinflado de algún neumático.

III.3.1.- LOS RIELES POR UTILIZAR SE CLASIFICAN EN :

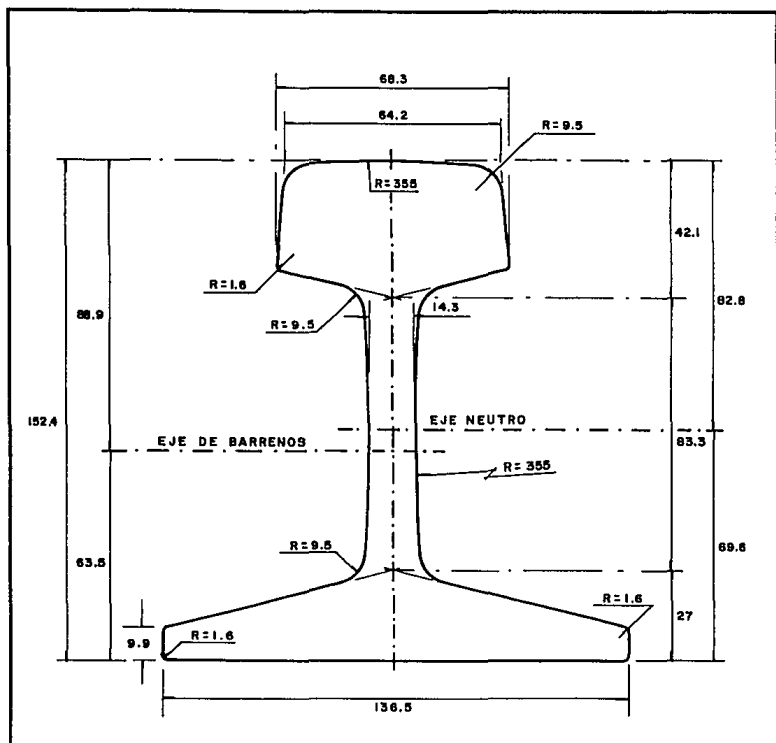
- 1.- Riel 80 ASCE, de acero no tratado, que se colocará a lo largo de las Vías principales y secundarias, (ver dibujo N° 3).
- 2.- Riel 100 RE, de acero no tratado, generalmente utilizado en los aparatos de vía (ver dibujo N° 4).

III.3.2.- REQUISITOS DE CALIDAD (RIEL 80 ASCE)

- 1.- MATERIAL.- Los rieles de acero no tratado, podrán ser fabricados según la recomendación VIC-860-0 de la union internacional de ferrocarriles, para la fabricación Europea; para la fabricación Americana se admite utilizar un acero definido por la norma ASTM-A-1
- 2.- EL ACERO.- Será elaborado según unos de los procedimientos mencionados a continuación:



	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	TESIS PROFESIONAL		
	ROSA MARIA SANDOVAL ROMANO		
INGENIERIA CIVIL			
PERFIL DE RIEL 80 ASCE			
ACOT.:	MM.	ESCALA:	8:1 N
FECHA:		1994	FIG. No. 3



	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	TESIS PROFESIONAL		
	ROSA MARIA SANDOVAL ROMANO		
INGENIERIA CIVIL			
PERFIL DE RIEL 100 RE			
ACOT	MM.	ESCALA: SIN	FECHA: 1994
			FIG. No.: 4

R I E L
CALIDADES DE PROCEDIMIENTOS DE ELABORACION

	CARBONO C%	MAGNESIO MN%	SILICIO SI%	FOSFORO P%	AZUFRE S%
PROCEDIMIENTO THOMAS	0.37-0.55	0.70-1.20	0.35	0.08	0.05
PROCEDIMIENTO BESSEMER	0.40-0.50	0.80-1.20	0.35	0.06	0.06
PROCEDIMIENTO SIEMENS MARTIN BASICO	0.40-0.55	0.80-1.20	0.35	0.05	0.05
PROCEDIMIENTO ELECTRICO	0.40-0.60	0.80-1.20	0.35	0.04	0.05
PROCEDIMIENTO SOPLADURA AL OXIGENO	0.40-0.60	0.80-1.20	0.35	0.05	0.05

- 3.- El acero deberá presentar los porcentajes de composición química comprendidos en los límites.

III.3.3.- CARACTERISTICAS MECANICAS :

- Los rieles 80 ASCE son de acero no tratado, de calidad ordinaria (80lb/yd equivalente a 39.73 Kg/m).
- La parte superior de éste tipo de riel llamado "hongo" mide 63.5mm, la parte inferior llamada "patin", mide 127mm. dimensiones complementarias indicadas en el dibujo No. 3.

III.3.4.- RIEL 100 R E

- Utilizados solamente con los aparatos de vía, como contra riel en donde el enlace con el riel de 80 Lbs. unidos con planchuelas por el lado del

aparato y soldado por el lado de vía ordinaria.

- La calidad del material es de acero no tratado, normalmente dura, tipo "B".
- El acero debe presentar los porcentajes de composición química comprendidos en los límites siguientes :

CALIDADES Y PROCEDIMIENTOS DE ELABORACION	CARBON C%	MAGNESIO MN%	SILICIO SI%	FOSFORO P%	AZUFRE S%
CALIDAD NORMALMENTE DURA TIPO "B"	0.50-70	1.30-1.70	0.50	0.05	0.05

El riel de 100 RE forma parte de la continuidad en la zona de aparatos de vía (comunicaciones)

III.3.5.- CARACTERISTICAS MECANICAS :

- Riel de 100 RE, corresponde a 100 Lbs/yd., equivalente a 50.35 Kg/m.
- Sus dimensiones son : Hongo 64.2mm. patín 136.5mm. y altura de patín a hongo es de 152.4mm. Sus dimensiones complementarias se indican en el dibujo No. 4.

III.4.- PISTA DE RODAMIENTO

Es un perfil metálico, tipo I de alas anchas y caras exteriores paralelas, reciben directamente las cargas que produce el material rodante, colocándose en la parte exterior de los rieles.

III.4.1.- CARACTERISTICAS MECANICAS :

Son pistas de rodamiento metálicas en tramos de 18 m, de longitud de laminado especial en forma de "I" de alas anchas; de 230mm. de ancho en el patín o base, así como la mesa de rodamiento o superior, por 140mm. de altura y con un peso de 6.40 Kg/ml dibujo No. 5, siendo sus características las siguientes :

$$\text{área - sección} = 8705 \text{ mm}^2 = 87.05 \text{ cm}^2$$

Momento de inercia con relación a X-X'-Y-Y'

$$I_{x-x'} = 2926 \text{ cm}^4$$

$$I_{y-y'} = 2528 \text{ cm}^4$$

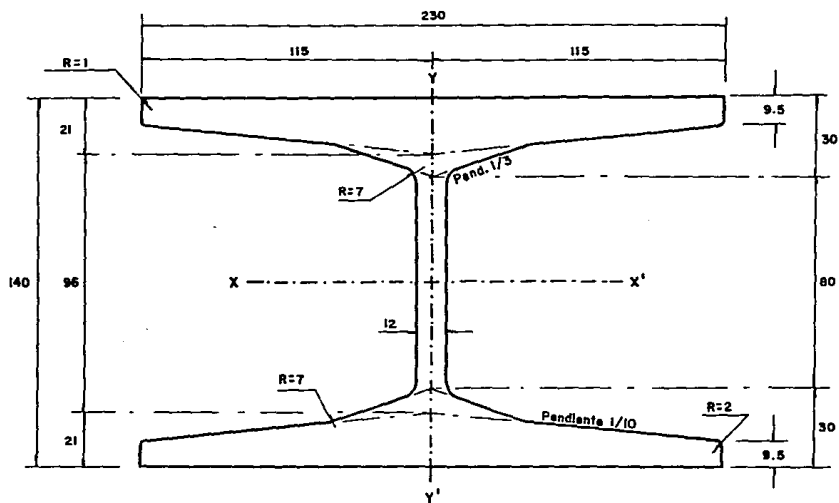
- Densidad 7.85 T/m³ (Para calcular el peso normal admitido por una unidad de longitud).

El tipo de acero tiene las siguientes características :

- Esfuerzo de ruptura :
36 da N/mm² R 44 da N/mm²
(3670 Kg/cm R 4485 Kg/cm)
- Alargamiento : 28 %

Además deberá garantizar los siguientes contenidos de Carbono, Fosfato, Azufre, Nitrógeno.

- CARBONO 0.20 %
- FOSFATO 0.055 %
- AZUFRE 0.055 %
- NITROGENO 0.008 %



CARACTERISTICAS

SECCION	8705 mm ²
PESO POR METRO	68.354 kg.
MOMENTO DE INERCIA (X - X')	2926 cm. ⁴
MOMENTO DE INERCIA (Y - Y')	2528 cm. ⁴
DENSIDAD	7.85



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

ROSA MARIA SANDOVAL ROMANO

INGENIERIA CIVIL

PERFIL DE PISTA METALICA DE RODAMIENTO

ACOT.: MM. ESCALA: SIN FECHA: 1994 FIG.No.: 5

Condiciones de aceptación.

Tolerancia dimensional :

Longitud de las barras : 18 m.

Se aceptan barras con longitud comprendida entre 9m, y 18m. en largos múltiples de 0.75m.

Perfil : Indicado en el dibujo No.5

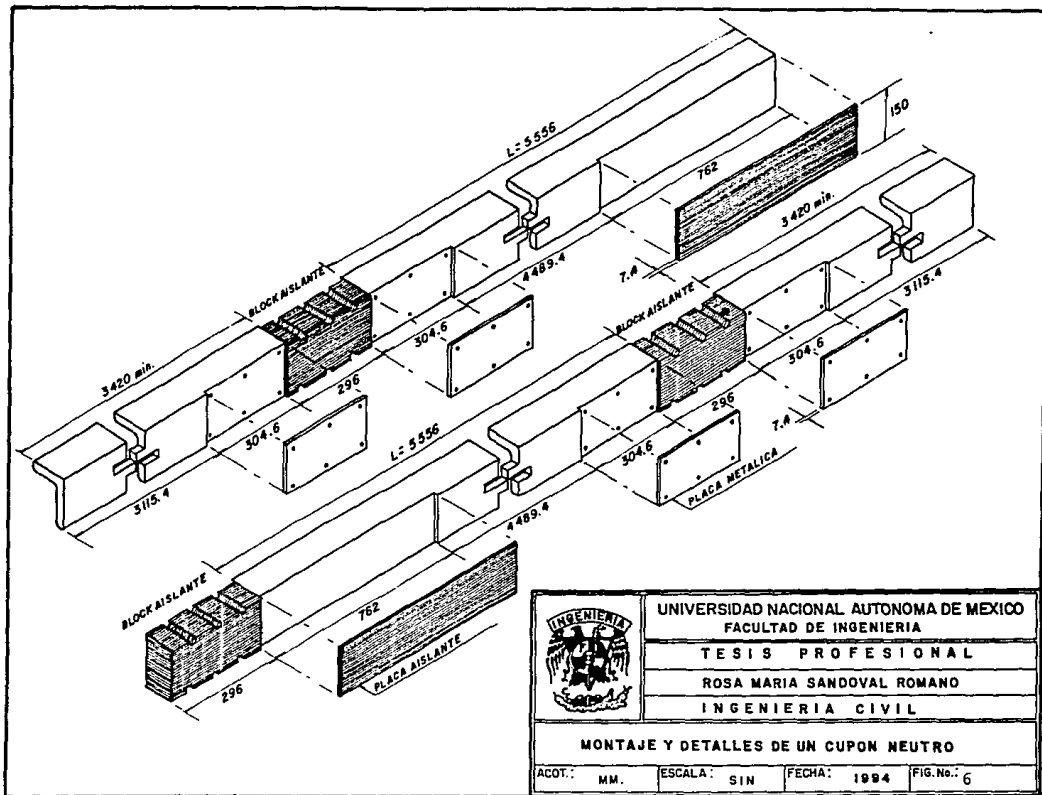
- Altura medida en el eje del perfil : + 2mm.
- Ancho del perfil : + 3mm.
- Espesor del alma : + 0.75mm.
- Inclinación de las superficies de embobinado (verificado sobre una base de 30mm, paralela al asiento de planchuelado teórico) : + 0.8mm.
- Abertura de las superficies de embobinado (cota comprendida entre las intersecciones de lo asientos y controlada en los extremos de los perfiles): + 0.5mm.
- Asimetría de las alas respecto al eje vertical:

$$\frac{b_1 - b_2}{2} = \pm 3$$

Siendo b1 y b2 los largos de las semi- alas de una misma zapata medidos en el interior del perfil.

III.5.- AISLADOR DE BARRA GUIA

El aislador está constituido por un block aislante homogéneo capaz de proporcionar un aislamiento eléctrico perfecto y permanente al tiempo, a pesar de los esfuerzos mecánicos a los cuales es sometido en servicio y en las condiciones físicas reinantes



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 TESIS PROFESIONAL
 ROSA MARIA SANDOVAL ROMANO
 INGENIERIA CIVIL

MONTAJE Y DETALLES DE UN CUPON NEUTRO

ACOT.:	MM.	ESCALA:	SIN	FECHA:	1994	FIG.No.:	6
--------	-----	---------	-----	--------	------	----------	---

ó las que podrán presentarse ocasionalmente (aislador mojado por aguas de infiltraciones cargadas de sales, cebadura de corto circuitos en la inmediata cercanía). El aislador es de poliéster armado con fibras de vidrio y no incluye ningún entrearmado metálico incorporado; sus dimensiones son : 341mm. de alto, 225mm. de ancho y 286mm. de largo, indicadas en el dibujo No.6.

Estos tipos de aisladores o modelos son intercambiables, por eso las cotas esenciales definidas en los dibujos, deberan ser rigurosamente respetadas, en particular, las posiciones relativas a las dimensiones de los orificios son imperativos en sus tolerancias. La función de los aisladores es la de soportar el ángulo barra guía, sujetando a éste mediante tres pernos autosoldables en la barra y por consiguiente el aislador posee tres barrenos en la parte superior, según sea el tipo requerido (tipo de aisladores indicados en el dibujo No.6).

Los aisladores se sujetan a los durmientes-soporte por medio de un herraje metálico conocido como zoclo.

En vía recta o en curva de radio mayor 500m, los aisladores se colocarán a cada 3.0m, y a 1.80m, para las vías con curvas de radio menor a 500m.

III.5.1.- TIPO DE AISLADORES

- AISLADORES TIPO TUNEL
- Se le da este nombre al aislador con orificios circulares, utilizado en tramos de vías de tunel o cajón, debido a que no esta sometida la vía a cambios de temperatura.

III.5.2.- AISLADOR TIPO SUPERFICIAL

- Se le da este nombre al aislador con orificios ovalados y utilizado en tramos de vía sometidos a la intemperie en donde se considera que la barra guía está expuesta a dilataciones, con los orificios ovalizados que permiten un desplazamiento de 50mm.

Los pernos de sujeción se deben apretar con la barra guía de tal manera que permita deslizarse esta sin producir esfuerzos en los aisladores.

III.5.3.- REQUISITOS DE CALIDAD

Físicos :

- 1.- Porosidad.- El incremento de peso no deberá exceder de 0.2 por ciento.

Mecánicos :

- 1.- Esfuerzos transversales.

- A.- El aislador no deberá sufrir alteración alguna ni presentar inicios de fisuras.
- B.- Ningún aislador deberá presentar ruptura y ninguna fisura abierta será aceptada.
- C.- El aislador será sometido a carga hasta la ruptura.

- 2.- Esfuerzo vertical.

- A.- El aislador no deberá sufrir alteración alguna ni presentar indicios de fisura.
- B.- Ningún aislador deberá presentar ruptura y ninguna fisura abierta será aceptada.

- 3.- Esfuerzos repetidos.

No deberá observarse ningún deterioro en el aislador.

Eléctricos :

- 1.- Resistencia al aislamiento en seco. Ningún aislador deberá tener una resistencia inferior a 100 Mega ohms medida con un multímetro a 1000 volts (Magger).
- 2.- Variabilidad de la resistencia a 5000 volts la resistencia interna no deberá variar.
- 3.- Recuperación de aislamiento después de mojado. El porcentaje de recuperación de aislamiento al cabo de 30 min., deberá ser como mínimo del 50 por ciento con respecto al aislamiento en seco.
- 4.- Resistencia después de inmersión en agua durante 20 horas, la resistencia obtenida no deberá ser inferior a 100 Mega ohms.
- 5.- Perforación , la tensión deberá ser mayor a 10 000 volts.

Térmico :

- 1.- Verificación de no propagación de flama.
- 2.- Resistencia a los cambios bruscos de temperatura.
- 3.- Prueba de envejecimiento acelerado.

Acabados :

- 1.- Los aisladores deberán ser compactos y exentos de burbujas de aire o porosidades.

III.6.- BARRA GUIA

Es un perfil angular de alas con anchos desiguales fabricado en acero; sirve para guiar y alimentar de corriente de tracción al material rodante. Al igual que los rieles y las pistas obtienen su continuidad al unir tramos a cada 18m por medio de soldaduras aluminio-térmica.

Las barras guías se sujetan a los aisladores por medio de tres tuercas de 5/8" de decímetro autofrenadas, que se atornillan en pernos soldados sobre el interior de la cara vertical de la barra guía por el procedimiento Nelson.

B.01.- Características Mecánicas

Las barras guía son hechas de acero dulce fundido en tramos de 18 m de largo. Las dimensiones de sus lados son : cara vertical 152.4 mm,; cara horizontal 101.6 mm,; espesor 22.2 mm,; peso 40.53 Kg. por metro; dimensiones y perfil indicados en el dibujo No.7 siendo sus características las siguientes :

- Área de la sección transversal = 5163 mm^2
- Momento de inercia con relación a X - X' = 405.6 mm^4
- Densidad = 7.85

Las barras guía se sueldan a tope, en el periodo de construcción bajo el procedimiento aluminio-térmico.

B.02.- Requerimiento de calidad

Su composición química es la siguiente :

- Fósforo : 0.055 %
- Azufre : 0.055 %
- Nitrógeno : 0.008 %
- Carbono : 0.09 %

El tipo de acero tiene las siguientes características :

- Tensión de ruptura : de 3364 Kg/cm² a R 4180 Kg/cm²
- Alargamiento : 30 %

Condiciones de aceptación

Tolerancia dimensiones :

Son permitidas las siguientes tolerancias sobre las dimensiones nominales : indicadas en el dibujo No.7.

- Largo:

+ 30 mm.- 5 mm. para las barras de 18 m.

- Sección:

Longitud de las alas:

sobre el ala menor + 2 mm.

sobre el ala mayor de 152.4 de ancho + 4 mm. -0 mm.

Espesor: + 1.5 mm. - 0 mm.

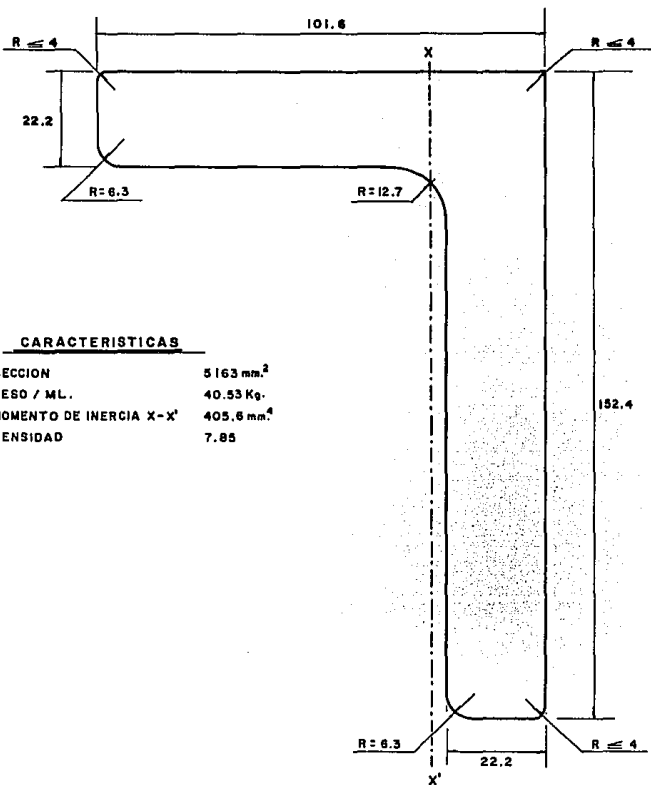
- Tolerancias sobre el valor de los radios :

Radio = 12.7 mm tolerancia + 0.05 mm.

Radio = 2.0 mm. tolerancia + 0.5 mm. -1.5 mm.

Los valores de los radios que no tienen tolerancia son valores máximos.

Por ser acero de bajo contenido de carbono y silicio es un buen conductor eléctrico; siendo su función la de guiar y proporcionar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del tren (750 VCD).



CARACTERISTICAS

SECCION	5163 mm ²
PESO / ML.	40.53 Kg.
MOMENTO DE INERCIA X-X'	405.6 mm ⁴
DENSIDAD	7.85

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO				
	FACULTAD DE INGENIERIA				
	TESIS PROFESIONAL				
	ROSA MARIA SANDOVAL ROMANO				
INGENIERIA CIVIL					
PERFIL DE ANGULO BARRA GUIA					
ACOT	MM.	ESCALA SIN	FECHA	1994	FIG No 7

IV.- PRUEBAS DE MATERIALES

IV.1.-BALASTO

Las normas que rigen las pruebas a las que debe someterse este material son especificadas por la (A.S.T.M.) American Society for Testing Materials (Sociedad Americana para Prueba de Materiales).

De acuerdo a estas normas se realizaron las siguientes pruebas:

- Granulométrico en seco
- Granulométrico por lavado
- Densidad
- Absorción
- Sanidad
- Pérdidas por abrasión

A continuación se muestra un resumen general de las cantidades de cada uno de los bancos que suministraron balasto a la Línea 8 del Metro.

RESUMEN GENERAL

BANCO	VOLUMEN SUMINISTRADO M ³
ATLIPAC	29,603.06
SANTIAGO	9,475.30
VENTA DE CRUZ	68,484.50
EL ZAPOTE	9,499.00
VOLUMEN TOTAL	117,061.86

NÚMERO DE PRUEBAS POR BANCO

BANCOS	ATLIPAC	SANTIAGO	EL ZAPO- TE	VENTA DE CRUZ	OTROS	TOTAL DE PRUEBAS
PRUEBAS A. GRANULOMÉTRICO EN SECO	116	80	38	232	4	470
A. GRANULOMÉTRICO P/LAVADO	95	56	27	181	4	363
DENSIDAD	87	55	6	61	13	222
ABSORCIÓN	87	55	6	61	13	222
SANIDAD	10	7	3	14	13	47
PERDIDAS POR ABRASIÓN	10	7	3	14	13	47

IV.2.-DURMIENTES DE MADERA

Las piezas serán agrupadas en lotes que comprendan sólo piezas de las mismas dimensiones nominales y que han sido sometidas al mismo tiempo de secado. Cada lote será sometido a un control estadístico de recepción según el plan de muestreo "Simple al azar" que se presenta a continuación:

No. de Piezas en el lote.	No. de piezas en la muestra	Criterio de acep- tación (1) No.de piezas no confor- mes).	Criterio de rechazo (2) (No. de pie- zas no con- formes).
De 151 a 280	13	0	1
De 281 a 500	32	1	2
De 501 a 1200	50	2	3
De 1201 a 3200	80	3	4
De 3201 a 10000	125	5	6
De 10001 a 35000	200	7	8

- (1) Número máximo de piezas malas para justificar la aceptación del lote.
- (2) Número mínimo de piezas malas que justifican el rechazo del lote.

IV.2.1.- BASES DE ACEPTACION

- 1.- Para los durmientes ordinarios y durmientes para aisladores, no se autorizará ningún podrido sobre un tramo de 0.70 m de largo a partir de los extremos.
- 2.- En los durmientes para aparatos de vía se permitirán, sobre la longitud cuatro nudos podridos como máximo, distantes entre sí 0.40 m. como mínimo.
- 3.- Cada lote debe satisfacer las condiciones exigidas por el plan de muestreo. En caso contrario será rechazado; además ningún lote deberá presentar durmientes con grieta anular, radial y mucho menos grietas mixtas. Si esta sola condición falla, el lote presentado es rechazado.

IV.3.- DURMIENTES DE CONCRETO REFORZADO TIPO MONOBLOQUE

IV.3.1.- RESISTENCIA A LA COMPRESION

La resistencia a la compresión del concreto será determinada con el ensaye de probetas cilíndricas estándar (15.2 cm. de diámetro X 30.5 cm de altura) y debe ser, en promedio de 490 Kg/cm a los 14 días de edad del concreto.

Resistencia mínima a la compresión en cubos de mortero:

- A 1 día : 125 Kg/cm²
- A 3 días : 240 Kg/cm²
- A 7 días : 320 Kg/cm²
- A 28 días: 410 Kg/cm²

IV.3.2.- RESISTENCIA A LA TENSION

Se determina por flexión del conector mediante el ensaye de prismas no menores de 10 X 10 X 35 cm, estas resistencias deben ser en promedio de 40 Kg/cm² a los 14 días de edad del concreto.

IV.3.3.- CONDICIONES DE LAS PRUEBAS PARA SU ACEPTACION

Cada durmiente de prueba será sometido a condiciones de carga: al derecho sobre pista y riel en uno de los extremos y al revés en el otro extremo.

La carga máxima de prueba para el lado al derecho sobre riel es de 15.05 ton, de 7.75 ton. sobre pista y de 11.7 para el lado al revés.

La aplicación de la carga deberá ser progresiva y regulada a una velocidad no superior a 2.2 ton. por minuto; hasta alcanzar 15.05 ton. sobre riel, de 7.75

ton. sobre pista y de 11.7 ton. en posición al revés.

Por lo tanto para la aceptación de durmientes, no deberá aparecer ninguna fisura antes de iniciar el incremento de carga.

IV.4.- PISTA DE RODAMIENTO

Se realizan una serie de pruebas, sobre cada colada. las probetas se trabajan en frío, sin sufrir ninguna operación de martilleo, deformación en frío, temple o recocido.

- 1.- Verificación de las dimensiones y del aspecto.
- 2.- Ensaye de tensión. Se efectuaran de acuerdo a lo indicado en la norma NOM-B-172 (aparatos de pruebas y operaciones). Las dimensiones serán las indicadas en el dibujo siguiente.
- 3.- Ensaye de doblado en frío. Se efectuará sobre probetas rectangulares según la norma NOM-B-172 cuyo espesor será de 12 mm.

Las muestras deberán soportar un dobléz en frío a 180° sin agrietarse en la parte exterior de la porción doblada sobre un mandril que tengan un diámetro de 12 mm.

IV.5.- RIEL DE SEGURIDAD

Las pruebas que se realizan a los rieles de seguridad son las siguientes:

- Prueba de choque sobre los recortes de cabeza. Las muestras se extraerán de los recortes de cabeza (lado cabeza de los rieles A).
- Prueba de tensión sobre las probetas extraídas. Las probetas se extraerán de los recortes de pie (lado pie de los rieles Z).
- Exámenes microscópicos. Las muestras serán extraídas de los recortes de cabeza (lado cabeza de los rieles A) y recortes de pié para la macrografía (lado pié de los rieles Z).
- Prueba de dureza Brinell. Las muestras para ensayos de dureza Brinell se obtendrán de los recortes de pié (lado pié de los rieles Z).

Las letras A.....Z que indican al riel de cabeza y los consecutivos, siendo Z reservada al riel de pié.

El número de lingote 1,2,3,.....

Los recortes de cabeza y de pié de las barras laminadas se marcaran en caliente con los números de la colada, del lingote y con las letras A ó Z, según se trate del recorte de cabeza o del recorte de pié.

- Prueba de choque. esta prueba se realizará con un mazo guiado que tenga las características siguientes:
- Mazo de 1000 Kg. de peso con una cara de percusión.
- Bastidor de 10 000 Kg. de capacidad.
- Tramo de riel de 1300 mm. de largo mínimo.
- Apoyos destinados a recibir el tramo de riel.
- Distancia entre apoyos: 1, 000 mm.

El mazo descenderá en caída libre, desde una altura de 7.5 m. para el riel de 100 RE y de 6.0 m. para riel de 80 ASCE. Las pruebas deberán resistir, sin romperse

y sin fisurarse.

- Prueba de tensión. Las probetas de tensión recortadas en frío, tendrán su centro en los 2/5 superiores a la altura del hongo del riel; serán de forma cilíndrica y tendrán un diámetro de 10 mm. o sea una sección de 78.5 mm., la longitud entre marcas de referencia será igual a 50 mm.

Para cada probeta, se registrará:

- La carga de ruptura.
- El alargamiento después de la fluencia hasta la ruptura.

Resultados a obtener:

- La carga de ruptura será entre 69.0 y 830 da N/mm^2 (7938 y 8466 Kg/cm^2). Para aceros calidad ordinaria (riel 80 ASCE) y para aceros calidad dura será como mínimo de 88.0 da N/mm^2 . (8976 Kg/cm^2), sin limitación de máximo (riel 100 RE).
- El alargamiento después de la fluencia deberá ser : como mínimo.
14 % acero de calidad ordinaria.
10 % acero de calidad dura.

Exámen macroscópico. Se realizará un exámen visual en la cara alisada de la sección de cabeza con el fin de detectar eventualmente la presencia de oquedades; si se encuentran, se determinan su posición y su altura.

Resultados a obtener:

- No se admite ninguna oquedad para los rieles de 100 RE.
- Para rieles 80 ASCE se acepta una oquedad filiforme de 4/15 de altura de perfil; a condición de que sea ubicada en el alma.

- El número de exámenes macroscópicos a ejecutar es como mínimo uno en la cabeza y pié por cada 500 ton.

dureza Brinell. Se practicará una marca en la superficie de rodamiento de una muestra obtenida de los recortes de pié.

Las condiciones de prueba son las siguientes:

- Diámetro de la bola: 10 mm.
- Tiempo de aplicación: 15 seg.

Una prueba por colada, eventualmente sobre muestras que hayan servido para exámenes macroscópicos.

En caso de efectuar una prueba de tensión, no es necesario efectuar la prueba de dureza Brinell.

IV.6.- AISLADOR

IV.6.1.- PRUEBAS MECANICAS

- 1.- Prueba de esfuerzo mecánico transversal
- 2.- Prueba de esfuerzo mecánico longitudinal
- 3.- Prueba de esfuerzo mecánico vertical
- 4.- Prueba de esfuerzos repetidos (0-1500 da N)

Para efectuar las cuatro pruebas indicadas, el aislador por probar es sujeto sólidamente sobre su base por medio de una fijación análoga a la que se indica en el dibujo No. 8, donde se muestra el montaje del aislador en la vía.

Para la prueba de esfuerzo mecánico transversal y 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, normalmente fijadas utilizando las tres perforaciones de la cabeza del aislador.

Para la prueba de esfuerzo mecánico longitudinal, la fuerza se aplica siguiendo prolongamiento de la barra guía en el extremo de una placa de repartición igual a la anterior y a 2.87 m. de la superficie base.

Durante las pruebas de esfuerzos mecánicos transversal y longitudinal, las flechas se medirán a 0.207 m. de la superficie de base.

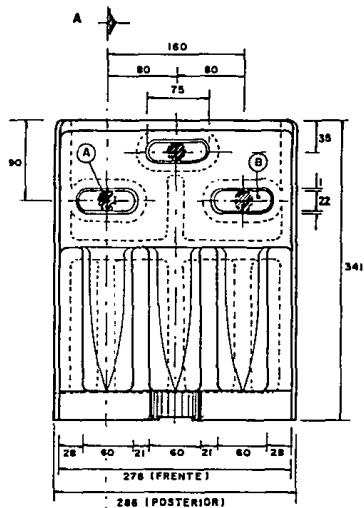
Para la prueba de esfuerzo vertical, la fuerza vertical se aplica sobre el aislador por medio de una placa de repartición fijada en las tres perforaciones de la cabeza.

Las dos pruebas de esfuerzo mecánico transversal y longitudinal, se efectúan cada una en tres fases sucesivas:

- 1a. Fase.- Prueba de esfuerzo mecánico a 3000 da N durante 30 seg.
- 2a. Fase.- Prueba de esfuerzo mecánico progresivo hasta 6000 da N.
- 3a. Fase.- Prueba de ruptura por esfuerzo mecánico. Realizándose las primeras dos fases unicamente para la prueba de esfuerzo mecánico.

1a. Fase.- El aislador es sometido a una fuerza progresiva hasta alcanzar el valor de 3000 da N; obteniéndose este aumento de esfuerzo en una progresión promedio de 50 da N por segundo.

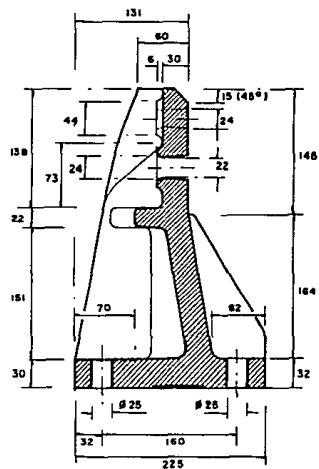
El aislador no debe sufrir ninguna fisura. Para la prueba de esfuerzos mecánicos transversal y longitudinal, la flecha deberá ser inferior a 3 mm.



VISTA FRONTAL

NOTAS :

- A TIPO TUNEL - ORIFICIO CIRCULAR -
- B TIPO SUPERFICIAL - ORIFICIO OVALADO -



CORTE A - A'



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

ROSA MARIA SANDOVAL ROMANO

INGENIERIA CIVIL

AISLADOR DE POLIESTER

ACOT.: MM. ESCALA: SIN FECHA: 1984 FIG.No.: 8

2a. Fase.- Prueba de esfuerzo mecánico progresivo hasta alcanzar 6000 da N con una progresión promedio de 50 da N por segundo.

Serán toleradas únicamente alteraciones superficiales y microfisuras (fisuras filiformes no abiertas), siempre que estos defectos conserven su carácter superficial y que la longitud total fisurada o alterada no sea superior a 50 mm. hasta 6000 da N la flecha debe ser inferior a 6 mm.

3a. Fase.- Prueba de ruptura por esfuerzo mecánico. La prueba se continúa sobre algunos aisladores más allá de los 6000 da N, cuya finalidad es medir la carga de ruptura.

Prueba de esfuerzos repetidos (0-1500 da N).

El aislador es sometido a esfuerzos repetidos con valores respectivos de 0 a 1500 da N, con un ritmo de 5 impulsos por segundo. La prueba se continúa 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.

IV.7.- BARRA GUIA

Las muestras se trabajarán en frío y no podrán someterse a ninguna operación de martilleo de deformación en frío, de temple ó de recocido.

- 1.- Se verificarán las dimensiones de la probeta.
- 2.- Prueba de tensión. La prueba se efectuará de acuerdo con la norma francesa NF-A-03-151.

Las probetas de tensión serán cortadas en frío; su eje longitudinal será paralelo al sentido del laminado y deberá estar en el tercio exterior del ala más ancha.

En cada probeta se determinará:

- **La carga de ruptura R.**
- **El alargamiento a la ruptura, expresando un porcentaje de la longitud inicial entre puntos de referencia.**

3.- Prueba de doblado en frío. Se efectuará según la norma francesa NF-A-03-157.

El ancho de las muestras de doblado será de 30 mm. y su espesor será reducido a 200 mm. Por medio de cepillado o fresado en una sola cara para dejar intacta una de las capas del laminado, la cara maquinada deberá colocarse hacia el interior del doblado.

La prueba se realizará en frío y la muestra se doblará sobre un mandril de 10 mm. de diámetro, hasta 180°.

V.- ALTERNATIVAS DE IMPLANTACION DE VIA

Estos tipos de soluciones constructivas están íntimamente ligadas con los estudios de mecánica de suelos, y con una serie de estudios socio-económicos tales como: Costos de Obra Civil por kilómetro; tiempo de ejecución de obra civil, obstrucción de la vía pública durante la ejecución de la obra; conservación de obras, paisaje urbano, futura disponibilidad vial. Esto dió como resultado las soluciones para elegir los procedimientos constructivos para la Línea 8 del Metro de la Ciudad de México.

1.- Solución Subterránea en Cajón

2.- Solución Superficial

V.1.- SOLUCION SUBTERRANEA EN CAJON

Es una estructura de concreto armado, de sección rectangular, construída a cielo abierto y desplantada a la menor profundidad posible. Esta debe de cumplir con los requisitos de estabilidad, compensación, flexibilidad e impermeabilidad, que se requieren para suelos tan particulares como los del Valle de México.

Los factores que intervienen en el dimensionamiento interno del cajón son:

- a) Para el gálibo horizontal; la distancia mínima de seguridad con trenes en movimiento es proporcionado por el gálibo dinámico; sistema de vía por utilizar; con andadores para el personal de mantenimiento; características geométricas de las curvas; localización de los aparatos de vía o instalaciones electromecánicas.

En el caso de tramo tangente.

La distancia mínima entre el paño interior del muro estructural y el eje de vías debe ser de 2.15 m y cuando la solución constructiva requiera de muro de acompañamiento, la distancia mínima será de 2.00 m.

G_{min} para muro estructural = 2(2.15m) + Ent.

G_{min} con muro de acompañamiento = 2(2.00m) + Ent. donde:

Ent. Entrevía, en m.

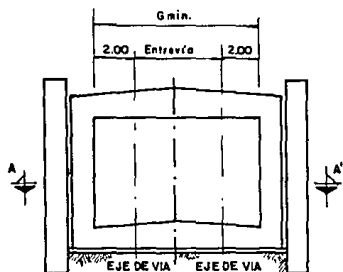
G_{min} Gálibo libre mínimo (ver dibujo A).

Se considerará la entrevía mínima con un valor de 2.90 m en el que se incluye el sistema de fijación de vía, la distancia necesaria para los efectos del gálibo dinámico, y además una lámina de aire para la libre circulación de los trenes.

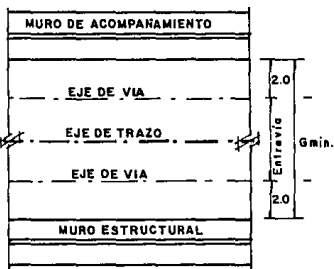
En zona de curva se debe considerar las mismas condiciones respecto del tipo de solución constructiva que para el tramo tangente.

Para radios menores o iguales a 500 m. será necesario incrementar el gálibo en un valor que dependerá del análisis dinámico y estático de los gálibos, realizado para cada caso. Este valor regirá solamente en la parte interior de la curva y deberá conservarse a todo lo largo de la misma (ver dibujo B).

- b) Para el gálibo vertical: El proyecto del perfil del tramo, puesto que en él se determinan la posición vertical de estaciones; tramos interestación; rejillas de ventilación; sobre-elevaciones en zonas de curvas, espacio para equipamientos para las diferentes instalaciones, tales como señales, charolas para cableado.

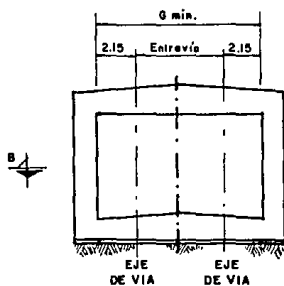


SECCION TRANSVERSAL

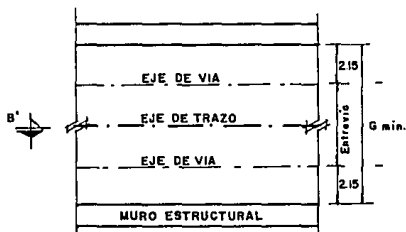


CORTE A - A'

$G \text{ min.} = 2 (2.00) + \text{Entrevía}$



SECCION TRANSVERSAL

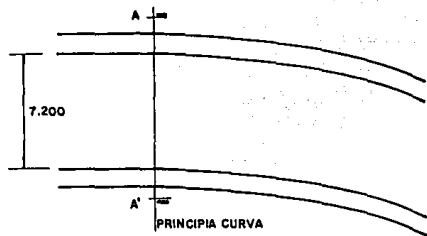


CORTE B - B'

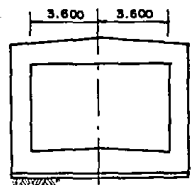
$G \text{ min.} = 2 (2.15) + \text{Entrevía}$

(b)

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
ROSA MARIA SANDOVAL ROMANO		
INGENIERIA CIVIL		
GALIBOS EN SECCION CAJON		
ACOT	METROS	ESCALA SIN
FECHA	1994	FIG No A

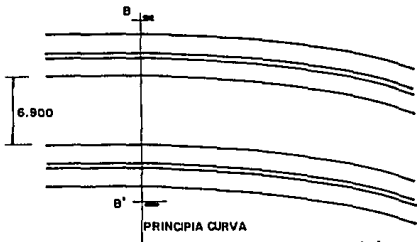


(a)

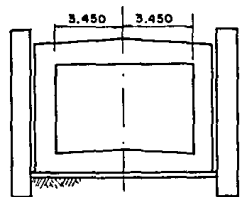


CORTE A-A'

Para radios (R) > 500.000 m.

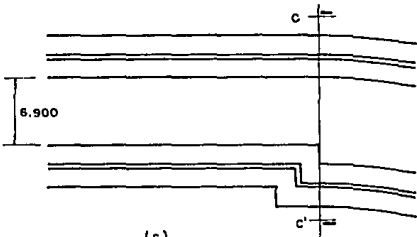


(b)

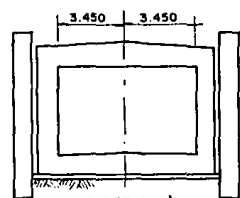


CORTE B-B'

Para radios (R) > 500.000 m.




(c)



CORTE C-C'

Para radios (R) ≤ 500.000 m.

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA						
	TESIS PROFESIONAL ROSA MARIA SANDOVAL ROMANO INGENIERIA CIVIL						
	SECCION EN CURVA PARA CAJON						
ACOT	METROS	ESCALA	SIN	FECHA	1994	FIG No	B

V.1.1. ANALISIS DEL CAJON SUBTERRANEO

Cajón convencional: Es un cajón rectangular de concreto reforzado con muros de 1.0 m. de espesor, losa inferior de 0.80 m. y losa superior de 0.60 m. aproximadamente. Constituido dentro de una excavación a cielo abierto, con profundidad máxima de 7.0 m. Los taludes de la excavación son diseñados de acuerdo con las características de los suelos.

Este tipo de estructura suele utilizarse en avenidas o calzadas cuya amplitud permite la construcción a cielo abierto.

Para el análisis y diseño de las estructuras se aplica el reglamento de construcciones para el Distrito Federal.

En general se utilizan métodos de diseño al límite para el proporcionamiento de los distintos elementos de concreto reforzado y métodos elásticos para los elementos de acero estructural. En la línea y en las estaciones, se emplea concreto de resistencia a la compresión de $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$. que es la mínima especificada para estructuras, se emplea acero de refuerzo de alta resistencia, con límite elástico mínimo de $4,000 \text{ Kg/cm}^2$.

Las principales cargas a considerar durante la construcción son:

- Los empujes de tierra y los hidrostáticos.
(Depende de la profundidad de la excavación).
- Las sobre cargas ocasionadas por edificios aledaños a la obra, equipo de trabajo y material almacenado.

V.1.2.- SISMO

Los efectos de sismo son motivo de estudios especiales. En dirección longitudinal a la línea no se toman en cuenta ya que el cajón tiene la suficiente flexibilidad para absorberlos.

En dirección transversal a la línea, se hizo un análisis sísmico simplificado considerando el anillo cerrado con la fuerza del sismo aplicado en el cabezal.

La posibilidad de hundimientos diferenciales es también motivo de estudio. Originalmente se había previsto dejar juntas a cada 20 ó 24 m. Posteriormente se vió que no eran necesarias, ya que las estructuras tienen suficiente flexibilidad para absorber los hundimientos calculados, solo se dejan juntas entre el cajón y las estaciones y en los cambios de sección.

Para el análisis de las estructuras se supone un comportamiento elástico, también se ha tomado la geometría del cajón como la de un anillo rectangular.

Las estructuras de las estaciones son las más complicadas en cuanto al análisis se refiere, debido a fuertes asimetrías, problemas de troquelamiento de excavación, etc.

Los factores de carga comunmente usados, son 1.4 para cargas permanentes y 1.1 para la comunicación de cargas permanentes y cargas accidentales, con un factor adicional de 1.2. para aquellos elementos que pudieran fallar a la compresión.

V.2.- SOLUCION SUPERFICIAL

Esta es una solución estructural constituida por una losa de concreto reforzado de 8.0 m. de ancho y dos muretes laterales de contención, la cual es desplantada sobre terreno previamente mejorado y a una profundidad aproximada de 1.30 m. para lograr de esta manera, una adecuada compensación de carga.

Esta solución es posible en avenidas que cuentan con una sección transversal cuyas medidas son suficientes para alojar, tanto el "Metro" como a las vialidades adyacentes.

Para el proyecto geométrico, se analizan los gálibos estáticos y dinámicos del convoy, así como el conjunto de instalaciones electromecánicas e hidráulico-sanitarias; el espacio para los andadores; y el sistema de fijación de vía. Todos estos aspectos se analizan en conjunción con las posibilidades de poder conservar las vialidades adyacentes.

V.2.1.- ANALISIS DE SOLUCION SUPERFICIAL

Es sumamente sencillo, ya que básicamente se trata de una losa que transmite al suelo las cargas de diseño que a continuación se describen.

		- Peso propio losas
		- Peso muros
		- Peso herrería de protección
	Muertas	- Barra gufa
		- Pista de rodamiento
		- Balasto
		- Riel
Cargas		- Durmientes, etc.
de		
Diseño		- Trenes del metro
		- Tren de mantenimiento
	Vivas	- Frenaje
		- Impacto
		- Aceleración, etc.

Para el diseño de los muros laterales, se toma en cuenta el empuje de tierras, el cual depende de la profundidad a la que se desplante la estructura.

Los materiales que se consideran para el diseño son:

- Concreto con $f^c = 200 \text{ Kg/cm}^2$
- Acero de refuerzo con $f_y = 4000 \text{ Kg/cm}^2$

Debido a la flexibilidad en el cajón superficial se determinó dejar juntas de contracción y dilatación a cada 2.0 m. en la losa, así como bandas de PVC cuyo fin es encauzar las filtraciones que se tengan, a pequeños cárcamos contemplados en el proyecto.

GALIBOS EN SOLUCIÓN SUPERFICIAL.

Debido a las características tan similares que guarda una solución con respecto de la otra, se engloba la descripción de restricciones. En tramo se deberá considerar un gálibo que permita la libre circulación del equipo rodante, así como cada uno de los elementos propios de las instalaciones respectivas, llámense hidráulicas, electromecánicas, etc. además de considerar las dimensiones y características de soporte del sistema de vía.

Factores que influyen también en el gálibo, son la sobreelevación aplicada a la vía, y a las zonas para circulación de personal, para la cual deberán dejarse andadores de 0.60 m de ancho mínimo. Un factor muy importante a considerar, es la operación del tramo, debido a que de sus características dependerá la señalización y el tipo de entrevía a utilizar.

El gálibo comprende la libre circulación del equipo rodante dentro de un espacio físico sin obstáculos dentro de la estructura circunscrita para las diferentes soluciones del Metro. En esta solución el gálibo necesario en cruce con puentes peatonales y/o vehiculares, debido a que estas dos soluciones adolecen de losa superior, solo se deberán considerar 4.90 m libres. Para radios mayores de 500 m. regirán las mismas condiciones que para tramo tangente. Para radios menores o iguales a 500 m. deberá incrementarse 0.250 m a todo lo largo de la curva quedando su valor igual a 5.150 metros.

VI.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

VI.1.- DESCRIPCION Y SECUENCIA DE LA CONSTRUCCION DE VIA

Fases de trabajos.- (vía sobre balasto para tramos en recta y curva).

- Alineación de la vía (trazo) y establecimiento de los puntos de referencia
- Tendido de balasto primera capa
- Colocación de la vía ferrea
- Acabado, bateado, arreglo
- Colocación de pista metálica
- Colocación de aisladores, presentación, colocación y ajuste de la barra guía
- Acabados y varios
- Lavado superficial del balasto

Antes de cualquier inicio de los trabajos de vía, o sea de la colocación del balasto sobre la losa inferior, es indispensable replantear el trazo de la vía y marcar su perfil longitudinal, con el objetivo de regularizar la primera capa de balasto y realizar la nivelación de la vía. Por lo que es conveniente fijar sobre el muro puntos de referencia sobre los cuales se indica el trazado exacto, cuando la primera capa de balasto haya sido extendida y compactada.

VI.1.1.- ALINEACION DE LA VIA EN LINEA RECTA

Para la alineación de la vía, se utilizan marcas provisionales, con referencias trazadas (en el eje del túnel) a cada 25 m. aproximadamente, constituídas por estacas de madera empotradas en su base o por un macizo piramidal de concreto cuya base mayor está colocada en la losa inferior o por un clavo fijado con la misma. Estas marcas provisionales pueden utilizarse para traspasar los puntos

de referencia definitivos.

Posteriormente las dos vías son colocadas en relación con estos puntos de referencia laterales.

VI.1.2.- ALINEACION DE LA VIA EN CURVA

En curva y en las clotoides, el eje del túnel es marcado con el mismo dispositivo de estacas, macizo o clavos con una marca a cada 5 m. y partiendo de estos puntos de referencia se hace la implantación de las marcas definitivas en los muros por las dos vías.

VI.1.3.- MARCAS DE NIVELACION

El nivel de las vías se obtiene mediante líneas o puntos de referencia fijos, trazados a lo largo de los muros a una altura de 0.60 m.

Estos niveles se hacen lo más preciso posible, con el fin de facilitar la revisión de las tolerancias requeridas para la colocación de las vías.

En curva es conveniente señalar el nivel de la fila del riel más cercano a los puntos de referencia, el peralte fija después el nivel de la segunda fila de la vía considerada.

Es necesario hacer notar, que las filas bajas de las 2 vías no se encuentran a la misma altura.

La fila baja de la vía ubicada en el radio menor esta más abajo de la fila baja de la vía ubicada en el radio mayor con una altura igual a la mitad del peralte.

VI.1.4.- TENDIDO DEL BALASTO PRIMERA CAPA

El balasto será introducido al túnel, por gravedad en diferentes puntos para lo cual se programaron alcancias provisionales a lo largo de la línea.

Después es distribuido y compactado a manera de dejar una altura disponible de 0.10 m. aproximadamente debajo del durmiente. En línea recta el balasto queda extendido hasta una altura de 0.44 m. por debajo del nivel de la superficie de rodamiento.

En curva, esta cota debe respetarse por debajo de la fila baja de la vía antes de pasar a la etapa siguiente, el balasto debe ser obligatoriamente compactado conforme a las especificaciones.

El intervalo de 0.10 m. a reserva entre la primera capa de balasto y la parte inferior de los durmientes, constituye la altura indispensable para el bateado.

VI.1.5.- COLOCACION DE LA VIA FERREA

La colocación de la vía férrea podrá realizarse como se explica a continuación, sin que éste método sea impuesto al contratista.

- a) Para una de las vías.
 - Abastecimiento de los rieles, alineación sobre dos filas exteriores que forman un camino para rodar un pórtico.
 - Transporte de los durmientes con el pórtico y repartición en la vía.
 - Desmontaje de los caminos para rodar el pórtico y colocación de rieles en su sitio sobre los durmientes y fijación.

- Cuando un tramo de vía esté constituido, podrá servir para la circulación de los lorries, para transportar materiales.
- Abastecimiento de los durmientes mediante un hiab, distribuyendolos a lo largo del tramo dejándolos en su lugar definitivo, conforme lo indica el proyecto de distribución de durmientes.
- Abastecimiento de los rieles de la misma manera.

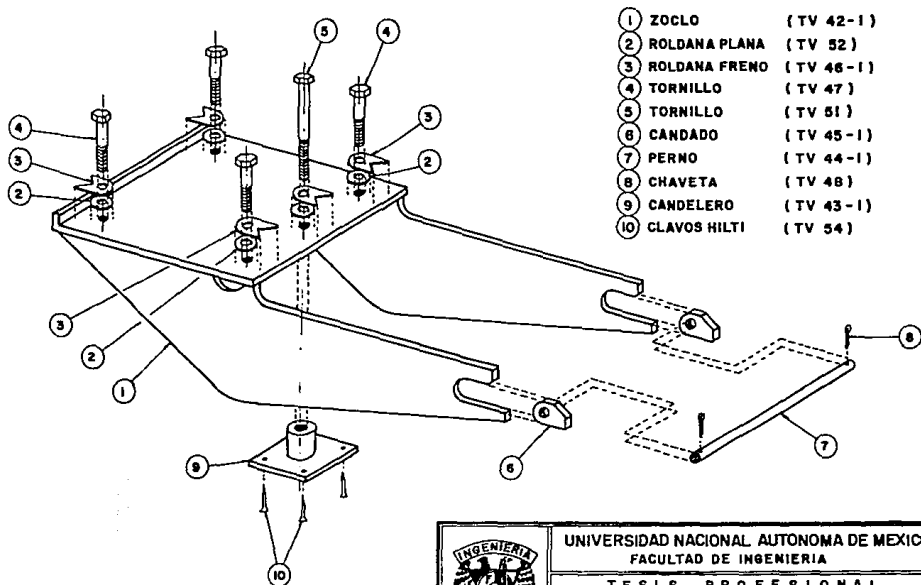
VI.1.6.- MONTAJE DE LA VIA FERREA.

La vía férrea esta compuesta por dos rieles de 80 lbs/yd, tirafondeados sobre durmientes de concreto y en su caso durmientes de madera. La colocación se hace sobre la primera capa de balasto nivelado y compactado. La separación entre ejes de durmientes conforme a proyecto de 0.75 m. en línea recta y de 0.60 m. en curva de radio inferior a 500 m., los ejes de durmientes soportes de aisladores distantes a 3.00 m. en línea recta y 1.80 m. en curva, salvo indicaciones de detalle para juntas aislantes indicadas en planos, como los casos tipo presentados en los dibujos No's 8 y 9.

Los durmientes tipo "S" donde se soportan los aisladores en el momento de su colocación con la vía, debe estar provisto de sus elementos de fijación como son: candados, chavetas, zoclos, pernos (ver dibujo N° 10). Durante el tirafondeado, la separación entre rieles es conservada por gálibos y se aprietan sucesivamente los durmientes.

VI.1.7.- SOLDADURA ALUMINOTERMICA DE LOS RIELES

Las soldaduras aluminotérmicas se efectúan antes de las obras de bateado y alineación definitivas.



- 1 ZOCLO (TV 42-1)
- 2 ROLDANA PLANA (TV 52)
- 3 ROLDANA FRENO (TV 46-1)
- 4 TORNILLO (TV 47)
- 5 TORNILLO (TV 51)
- 6 CANDADO (TV 45-1)
- 7 PERNO (TV 44-1)
- 8 CHAVETA (TV 48)
- 9 CANDELERO (TV 43-1)
- 10 CLAVOS HILTI (TV 54)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

ROSA MARIA SANDOVAL ROMANO

INGENIERIA CIVIL

MONTAJE DE UN ZOCLO DE AISLADOR

ACOT	SIN	ESCALA	SIN	FECHA	1994	FIG.No.:	10
------	-----	--------	-----	-------	------	----------	----

Las características del procedimiento de la soldadura aluminotérmica son las siguientes:

- Antes de la soldadura, los perfiles serán sujetos por medio de un emplanchuelado provisional o por llaves de apriete.
- Deben alinearse perfectamente.
- Se emplean moldes fabricados con material refractario, para permitir la soldadura líquida.
- Precalentamiento.- La operación tiene por efecto llevar la temperatura de los extremos a 800°C aproximadamente, la detención de esta temperatura se controla mediante la observación de la coloración del acero: Rojo cereza claro, repartido uniformemente sobre toda la superficie de los extremos. El precalentamiento se efectúa con una mezcla de oxígeno-gas butano.

La carga de soldadura apropiada en cantidad y calidad se encuentra en una bola impermeable etiquetada, con cierre hermético y las indicaciones necesarias para identificar el uso de la carga (riel 80 lbs/yd ó de 100 lbs/yd, barra gufa y pista).

- El crisol a emplear debe encontrarse perfectamente seco.
- El colocado (el crisol) en posición de vaciado es de tal modo que la caída del ahorro de colada, quede tan reducida como sea posible.
- La reacción se inicia en el crisol mediante un fósforo pirotérmico.
- Después del último borbotón de la reacción en crisol, se procede a la colocada, levantando el clavo de un golpe.
- Al terminarse la colada, el excedente de cordón se escurre en una caja provista de arena seca.
- Cuando la soldadura se haya enfriado lo suficiente, se procede a

desmoldear y a seccionar (o recortar).

- Las soldaduras son pulidas, esmerilándolas cuidadosamente para restablecer como sea posible la continuidad de la sección del hongo para los rieles, la planidad de las superficies exteriores de la barra guía y la planidad de la superficie de las pistas metálicas.
- No se tolera ninguna flecha de más de 0.5 mm. en resalte o en hueco.

VI.1.8.- ACABADO, ARREGLADO Y BATEADO

Después de la colocación directa de la vfa sobre la primera capa de balasto, se procede al abastecimiento de la 2a. capa de balasto, para la elevación de la vfa hasta el nivel fijado, a su alineación arreglo y bateado.

El bateado es realizado en el extremo de la cabeza de los durmientes, este se continúa hasta una distancia de 0.40 m. de riel. Los peraltes a realizar en las curvas son indicados en los planos de implantación de vfa , donde las vfas en curva no se encuentran al mismo nivel. Con respecto al nivel teórico de las vfas en la línea recta, los peraltes en curva se reparten de la manera siguiente:

- Para la vfa de radio menor, al centro de la vfa se conserva y el peralte se reparte por mitad arriba y abajo del nivel teórico.
- Para la vfa de radio mayor, el peralte se lleva por completo arriba del nivel teórico.
- El peralte pasa del valor cero a su valor máximo sobre la longitud de la clotoide que une una línea recta a la curva circular.
- Sobre la vfa de radio menor, el riel de la fila exterior se eleva mientras que el riel de la fila interior se baja sobre la longitud de la clotoide,

- ninguna de las dos pendientes debe ser superior a 2 mm. por metro.
- Sobre la vía de radio mayor, el riel externo se alza sobre la longitud de la clotoide y la pendiente debe ser en todos los casos inferior o igual a 4 mm. por metro.

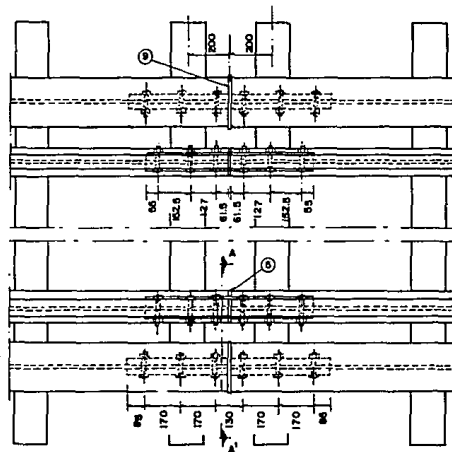
El arreglo de la vía se hace a un nivel 0.02 m. superior al nivel previsto, de manera que el plano de rodamiento se encuentra después del asentamiento debido al paso de los trenes, al nivel fijado.

Después de la operación del compactado definitivo (balasto segunda capa), se verifica la alineación de la vía en recta y en curva (con aparato topográfico, anotando los valores de las flechas en curva), y se hacen las correcciones necesarias.

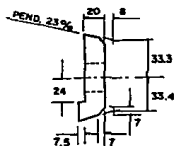
VI.1.9.- JUNTAS AISLANTES DE RIEL

La vía férrea es cortada en un cierto número de tramos que sirven para la señalización. Un tramo es separado del tramo adyacente por medio de "juntas aislantes" situadas en cada fila de riel; colocadas en los puntos indicados en los planos de implantación de vía.

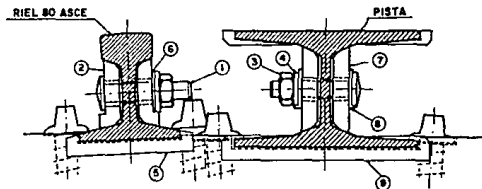
Una junta aislante de riel incluye un separador aislante (end post), dos planchuelas aislantes (epoxi-fibra de vidrio) y dos planchuelas metálicas que unen los extremos de los rieles. Cada planchuela es fijada por seis tornillos con rondanas, tuercas y arandelas de presión (ver dibujo No. 11).



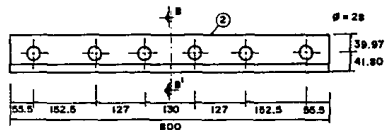
PLANTA



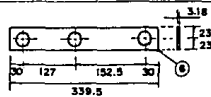
CORTE B-B'



CORTE A-A'



PLANCHUELA DE RIEL



PLAQUETA DE RIEL

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	TESIS PROFESIONAL		
	ROSA MARIA SANDOVAL ROMANO		
INGENIERIA CIVIL			
JUNTAS AISLANTES DE RIEL Y PISTA			
ACOT.	MM.	ESCALA: SIN	FECHA: 1994
			FIG.No.: 11

Cada junta es colocada en voladizo entre dos durmientes distantes 0.40 m. entre ejes.

En curva los barrenos son realizados mediante una plantilla, para garantizar la correcta posición de los mismos.

VI.1.10.- COLOCACION DE LAS PISTAS METALICAS

Estas son colocadas cuando la vía ya está recepcionada en alineación y nivelación, para curvas con radios mayores o menores a 300 m. la pista debe estar previamente rolada, para tramo superficial. Para el caso de túnel solamente se rolará para curvas de radios menores o igual a 350.00 m.

VI.1.11.- SOLDADURA ALUMINOTERMICA DE LA PISTA

La soldadura de la pista colocada en su posición definitiva, es delicada, por lo que es recomendable dejar esta operación para los casos especiales, en donde se tengan que unir los tramos habilitados fuera de sitio, o sea que por la dificultad que se presenta, las pistas son soldadas previamente de un extremo a otro (por el proceso de soldadura aluminotérmica descrito anteriormente), en el centro de la vía.

Las pistas destinadas a las curvas de radio inferior o igual a 350 m. son previamente curvadas por medio de una máquina especial (roladura para perfiles).

VI.1.12.- JUNTAS AISLANTES DE PISTA

La pista metálica incluye juntas aislantes en los extremos de los tramos de señalización, frente a las juntas aislantes de rieles. Estas juntas en voladizo incluyen un separado de material aislante (end-post) y dos planchuelas aislantes (epoxi-fibra de vidrio) que une los dos extremos de la pista y los sujetan por medio de seis tornillos en total, con dos plaquetas, rondanas y tuercas (ver dibujo No. 11).

VI.1.13. CONEXIONES ELECTRICAS ENTRE RIEL Y PISTA EN VIA ORDINARIA

Los rieles y las pistas están conectadas por elementos eléctricos de tipo "Buandy" o similar, soldados sobre el pie de los perfiles.

Hay tres conexiones por fila y por tramo de señalización, o sea seis en total en la vía. Las conexiones son colocadas en la mitad de los extremos del tramo de señalización y antes de la junta aislante.

VI.1.14.- CONEXIONES EN LOS APARATOS DE VIA

En los aparatos de vía se encuentran cuatro tipos de conexiones:

- Conexiones Riel - Riel.
- Conexiones Riel - contrariel.
- Conexiones Riel - pista.
- Conexiones Pista - pista (o pieza moldeada - pista moldeada, o pieza moldeada - pista).

VI.1.15.- COLOCACION DE LOS AISLADORES Y DE LA BARRA GUIA

Estos trabajos incluyen una serie de operaciones que se detallan a continuación:

- Montaje de los aisladores.
- Colocación provisional de las barras guía para trazado de los pernos Nelson.
- Armado definitivo y ajuste de la barra guía.
- Soldadura de la barra guía.
- Verificación del ajuste de las barras guía (cupones neutros, bloques aislantes, crucetas).
- Esmerilado de la barra guía.
- Grafitado de las caras verticales.

VI.1.15.1.- MONTAJE DE LOS AISLADORES

El aislador es fijado sobre el zoclo o durmiente por medio de cuatro tornillos de 22 mm. de diámetro, una roldana alargada y una roldana de presión que son colocadas debajo de la cabeza de cada tornillo.

VI.1.15.2. COLOCACION PROVISIONAL DE LAS BARRAS GUIA PARA TRAZADO DE LA POSICION DE LOS PERNOS NELSON

Las barras guía son colocadas en forma provisional sobre las cabezas de aisladores y son sujetas en esa posición firmemente por medio de prensas manuales o cualquier otro método de fijación, a elección del contratista.

Varias barras son colocadas una tras otra, dejando entre cada una, la

separación para la soldadura aluminotérmica. Se prepara la posición de cada cabeza de aisladores marcada y trazada de manera precisa en las barras, por medio de una plantilla, la cual es utilizada para la aplicación de la soldadura en los pernos nelson, plantilla que tiene incluido unas guías con la ubicación de la pistola para soldar (es una soldadura con arco eléctrico por acercamiento). Sin embargo las plantillas pueden ser distintas.

La primera barra guía deberá colocarse de manera que su extremo quede entre dos aisladores y a 0.20 m. o más de la parte más cercana del aislador. Se presentan casos en donde la distancia del aislador más cercano es inferior a 0.20 m. por lo que en este caso la barra es cortada para lograr las condiciones requeridas.

VI.1.16.- BARRA GUIA EN CURVA

Las barras colocadas en curva de radio inferior o igual a 250 m. son curvadas con roladora para perfiles. Y los extremos que no puedan ajustarse rigurosamente al radio requeridos, son cortados sistemáticamente.

En curvas de radio mayor a 250 m. las barras serán ajustadas a la curvatura prescrita por deformación elástica.

Las barras serán colocadas sobre sus soportes en las mismas condiciones que en línea recta.

VI.1.17.- SOLDADURA DE LOS PERNOS NELSON

Después del trazado, las barras son desmontadas y se descansan en la vía, de tal manera que los pernos puedan ser soldados verticalmente, con la soldadura en la parte inferior, siendo ejecutada por el método mencionado anteriormente. La ubicación de los pernos se obtiene automáticamente mediante el aislamiento de la plantilla, no solamente en el sentido longitudinal, sino también en el sentido vertical con respecto al ala horizontal de la barra.

VI.1.18.- MONTAJE DEFINITIVO Y AJUSTE DE LAS BARRAS GUIA

Tomada entre el borde de rodamiento del riel y del aislador, por medio de una regla especial; y en función de las indicaciones del plano de colocación y del espesor teórico de las barras, se deduce el espesor (X mm.) de calzado a efectuar (ver dibujo No. 2).

El espesor "X" del calzado se obtiene mediante la añadidura a la calza permanente de tres barrenos, de 3 mm. de espesor, de calzas de espesor variable cuyo juego esta constituido como se describe a continuación:

- Calzas permanentes de tres barrenos de 3.5 y 10 mm. de espesor.
- Calzas de ajuste fino, separadas en dos partes para facilitar su colocación de 1,3 y 4 mm. de espesor.

En conclusión las calzas de ajuste tienen por objeto llevar la barra guía a la cota prevista con respecto al borde inferior de rodamiento del riel más cercano. Después de la soldadura de los pernos Nelson, las barras son montadas sobre

los aisladores colocando las calzas en el orden siguiente, partiendo de la cara inferior de la barra guía:

- 1.- Calza permanente de tres barrenos.
- 2.- Calzas de ajuste en dos partes.

Enseguida se colocan las roldanas, después las tuercas autofrenadas, éstas se aprietan con una llave hasta alcanzar un torque de 3 Kg-m para limitar el esfuerzo de tracción inducido en los pernos.

Debe asegurarse lo siguiente:

- Que el ala vertical de las barras sea perpendicular al plano de rodamiento.
- Que las barras sean colocadas respetando las tolerancias.

VI.1.19.- SOLDADURA DE LAS BARRAS GUÍA CON EL MÉTODO ALUMINO-TÉRMICO

Las barras guía se sueldan en el sitio con el método aluminotérmico (descrito anteriormente). Teniéndose un cuidado muy particular en las curvas, para asegurar la regularidad de la curvatura.

VI.1.20.- VERIFICACION DEL AJUSTE DE LA BARRA GUIA

Después del montaje definitivo de la barra guía y del apriete de las tuercas autofrenadas, se procede a la verificación de la separación entre las barras guía y de la separación entre una barra y el borde interior del riel más cercano para cada fila.

Sí después de la verificación se observan todavía diferencias con respecto a las cotas establecidas, la diferencia es compensada mediante calzas de ajuste en dos partes.

Las continuidades de las barras guía o de corriente, se realizan en dos formas:

- 1.- Manteniendo la continuidad del guiado.
- 2.- Interrumpiendo el guiado, como ocurre al franqueo de los aparatos de vía.

En el primer caso, la discontinuidad en la barra de corriente se logra por medio de un cupón neutro (llamado también barra de seccionamiento), comprendido entre dos bloques aislantes (ver dibujo No. 12).

En el segundo caso, la barra de corriente finaliza con una cruceta, permitiendo a la escobilla un alejamiento o un acercamiento progresivo a la barra de corriente.

Los planos de colocación de vía y de los aparatos de vía proporcionan las posiciones de los cupones neutros y de las crucetas.

Los bloques aislantes se colocan en línea recta y excepcionalmente en curva de radio superior o igual a 300 m. los cortes se hacen con sierra y en una misma barra.

VI.1.21.- ESMERILADO DE LAS BARRAS GUIA

Las barras guía se reciben en estado bruto de laminado la cara vertical de la barra en la que ruedan los neumáticos guía y se deslizan las escobillas positivos,

si tienen irregularidades o puntos de óxido que pueden ser perjudiciales en el momento de la puesta en servicio (arcos eléctricos, desgaste prematuro de los neumáticos).

Por tanto esta cara es esmerilada, hasta retirar las irregularidades.

Después del esmerilado, a la cara vertical de las barras guía, se les aplica una capa de grasa grafitada.

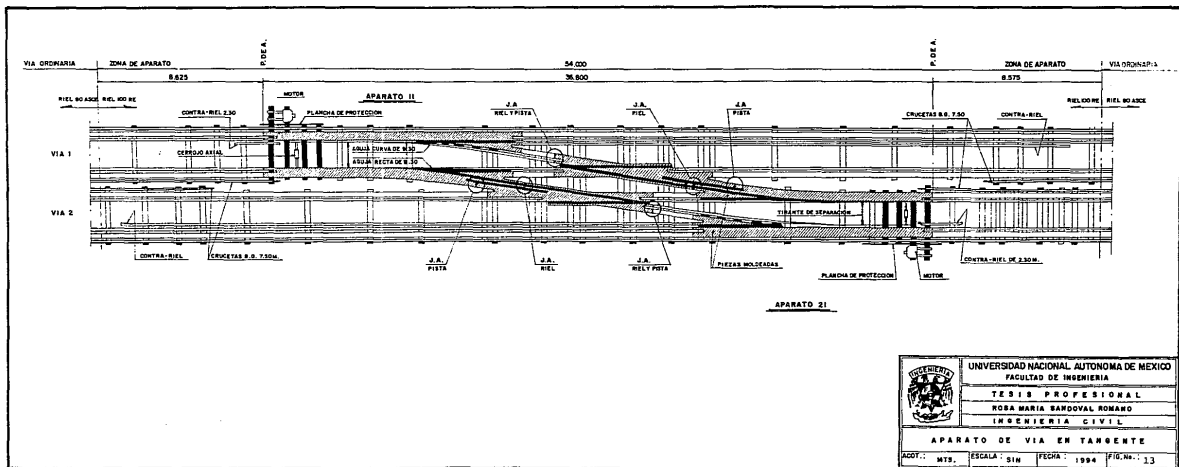
VI.1.22.- AISLAMIENTO DE LA CARA VERTICAL DE LA BARRA GUIA EN LA PARTE MAQUINADA DEL CUPON NEUTRO DE UN SECCIONAMIENTO

Para evitar el retorno de la corriente de la sección alimentada, sobre la sección no alimentada, a través de la última escobilla y de la primera escobilla de dos motrices consecutivas, la cara vertical se cubre con placas aislantes pegadas con un pegamento a base de resina epóxica.

VI.1.23.- COLOCACION DE LOS APARATOS DE VIA

Los aparatos de vía, con excepción de la barra guía y de sus accesorios, pero incluso el sistema de fijación y algunos elementos para su operación, son recibidos completamente montados en los talleres del fabricante (Importación Francesa) y las piezas son marcadas antes del desmontaje y del envío (ver dibujo N° 13).

En las cabezas de los durmientes perpendiculares a la barra guía, el aislador es fijado normalmente sobre el zoclo con atiesadores laterales (ver dibujo N° 10). En las cabezas de los durmientes que no son perpendiculares a la barra guía, la fijación de los aisladores es asegurada por un zoclo-plato y el montaje se



efectúa durante el montaje de la barra guía en el aparato.

Los aparatos de vía se arman conforme a las indicaciones del plano de colocación, respetando lo que concierne a la abertura de las juntas, la separación de las barras guía, las crucetas, las inflexiones y la posición de las conexiones eléctricas.

VI.1.24.- TERMINACION DE LA VIA

Para dar por terminada la instalación de la vía, deben realizarse previamente las siguientes actividades:

- 1.- Inspección del apretado de los pernos de fijación.
- 2.- Retiro de todo material extraño.
- 3.- Lavado superficial del balasto.
- 4.- Revisión y limpieza de los drenajes de las vías.

LISTA DE MATERIALES EN JUNTAS AISLANTE PARA RIEL Y VÍA

CANTIDAD			
N° REF	DESCRIPCIÓN	J.A. DE RIEL	J.A. DE PISTA
1	TORNILLO CABEZA DE DIAMANTE DIAM. -	6	6
2	PLANCHUELA AISLANTE PARA RIEL 80 ASCE (EPOXY - FIBRA DE VIDRIO).	2	-
3	TUERCA HEXÁGONAL HL 20.	6	6
4	ROLDANA GROWEL WL 20.	6	6
5	END - POST DE RIEL 80 ASCE.	1	-
6	PLAQUETA PARA JUNTA AISLANTE DE RIEL.	2	-
7	PLANCHUELA AISLANTE PARA PISTA DE RODAMIENTO (EPOXY - FIBRA DE VIDRIO).	-	2
8	PLAQUETA PARA JUNTA AISLANTE DE PISTA	-	4
9	END POST DE PISTA	-	4

NOTA: PARA UNA JUNTA AISLANTE.

VII.- MANTENIMIENTO DE LA VIA

VII.1.- OBJETIVO

El objetivo principal del mantenimiento de la vía sobre balasto es:

- Dar un servicio eficaz al usuario.
- Confort durante su recorrido.
- Seguridad en su totalidad.
- Seguir transportando el mayor número de usuarios en el menor tiempo.
- No incrementar los tiempos de recorrido.

VII.2.- CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento se clasifica en dos etapas.

1a. Etapa.- En esta etapa se realiza el mantenimiento menor, el cual consiste en las siguientes actividades:

- Torque de elementos de fijación como son pernos tirafondos, tuercas autofrenadas, tornillos de fijación.
- Alineación de grapa riel-pista 80 ó cambio por fisura.
- Cambio de aislador o durmiente por algún daño que haya sufrido.
- Limpieza de juntas aislantes para no interferir con la señalización.
- Reposición de pernos Nelson en aisladores.
- Compactación de balasto para corregir golpes de vía.
- Ajuste de medidas geométricas para corregir el bamboleo en vía.

2a. Etapa.- Dentro de esta etapa se realizan actividades de gran importancia como son:

- Injertos de riel, pista o barra guía; la longitud mínima de un injerto es de 4.30 m.a eje de la soldadura aluminotérmica.
- Cambio de durmientes de madera de 20 a 30 años aproximadamente.
- Cambio de balasto de 20 a 25 años aproximadamente.
- Realineación y renivelación de vía para corregir trazo de vía en general, para realizar las etapas de trabajo antes mencionadas, es necesario contar con el personal especializado y equipo básico:
- Tránsito.
- Grúa GROVE de 20 ton.
- Trackmobile Mod. 95 T.H.
- Grúa hidráulica HIAB Modelo 2070 AW montada sobre trackmobile.
- Lorry ligero de 1 ton.
- Lorry con pluma y polipasto Mod. FR P.
- Pórtico de sustitución para vía Mod. P.S.R.
- Dobladora de pista hidráulica.
- Esmerfil de chicote de 3.0 a 4.0 m. tipo Emp. de 3.3 H.P. 3600 RMP.
- Tirafondadora T5-2.
- Gato "RANA" de 5.0 ton.

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

- Motosierra para perfiles de vía Mod. SRN.
- Plataforma remolque de 9.0 y 18.0 m.
- Bacha (tolva) de 2.00 m³.
- Torquímetro.
- Compactador manual de pie con motor de gasolina.
- Pulidora eléctrica.
- Malacate Wormser 600 Kg.
- Equipo para soldar.

VIII.- CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo fue enfocado a la descripción detallada del procedimiento constructivo que se debe seguir para la implantación de vía férrea del Metro de la Ciudad de México particularmente de la Línea 8.

Los principales conceptos desarrollados son:

- Topografía (Marcas de nivelación).
- Tendido de balasto.
- Colocación de la vía férrea.
- Montaje de la vía férrea.
- Soldadura Alumino-térmica.
- Acabado, arreglo y bateado.
- Juntas aislantes de riel y pista.
- Colocación de pistas metálicas.
- Colocación y conexiones de los aparatos de vía.
- Colocación de los aisladores y de la barra guía.
- Soldadura de los pernos Nelson.
- Montaje definitivo y ajuste de las barras guía.

Las especificaciones descritas en este trabajo están basadas principalmente en las normas editadas por la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano D.D.F. con las modificaciones y actualizaciones respectivas para adecuarlas a la línea en construcción. Particularmente colaboré en la supervisión de la construcción de la obra electromecánica en el tramo La Viga - Escuadrón 201 que comprende tramos

de vía subterránea y tramo superficial. Cada uno de estos tipos de vía, presenta casos particulares para su implantación, por ejemplo en tramo superficial es necesario instalar aparatos de dilatación para absorber las deformaciones debidas a los cambios de temperatura, lo que no se presenta en el tramo del tipo subterráneo. Cabe mencionar la importancia que tiene la supervisión en este procedimiento constructivo para garantizar un correcto funcionamiento de la vía y evitar daños a la misma.

Finalmente podemos mencionar que es necesario un adecuado y constante mantenimiento, ya que de este dependerá la vida útil de la vía.

Bibliografía

- Especificaciones para el Proyecto y Construcción de las Líneas del Metro de la Ciudad de México.
Autor:
Ingeniería de Sistemas de Transporte Metropolitano, S.A. de C.V.
Geosistemas, S.A. de C.V.
Geosol, S.A.
Año 1986.
- Cláusula 4.02.01.001A para el suministro de balasto.
- Especificación Funcional N° 10 (91-E-500800-III-4-682 MOD.0) para el proyecto, diseño y fabricación de durmientes monobloque de concreto presforzado tipo "o" para el Metro de la Ciudad de México.
- Especificación Funcional N° 14 (91-E-500800-III-2-687 MOD.0) para el proyecto, diseño y fabricación de durmientes monobloque de concreto presforzado tipo "s" para el Metro de la Ciudad de México.
- Especificación Técnica N° 2-A (78-IEM-003-III-145-184 C) para el suministro de rieles de acero no tratado.
- Especificación Técnica N° 12-A (78-IEM-003-III-128-166 C) para el suministro de perfiles especiales destinados a servir de pistas de rodamiento.
- Especificación Técnica N° 17-A (79-IEM-003-III-183-236 C) para la soldadura de los pernos mediante el método "Nelson".