

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS
MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE VIAS FERREAS POR METODOS MECANIZADOS
Del 11 al 22 de abril de 1994.

FECHA	HORARIO	TEMA	PROFESOR
Lunes 11	9;00 a 11;00 hrs.	Aspectos Generales del Modo de Transporte	Ing. Benjamín Hdez. M.
Martes 12	9;00 a 11;00 hrs.	Aspectos Geométricos y Estructurales de una Vía Ferrea. Cama de Balastro Rieles soldados de gran longitud y empleo de durmientes Conservación normal de la vía con el empleo de Tandems (equipo) Trabajo de reconstrucción de vía con el equipo Tandem y equipo complementario.	Ing. Isaac Moscoso Legorreta
Miércoles 13	9;00 a 11;00 hrs.	Aspectos geométricos y estructurales de una	Ing. Benjamín Hernández M.
Jueves 14	9;00 a 11;00 hrs.	Vía ferrea., Cama de balastro, rieles solda-	Ing. Isaac Moscoso Legorreta
Viernes 15	9;00 a 11;00 hrs.	dos de gran longitud y empleo de durmientes	
Lunes 18	9;00 a 11;00 hrs.	Conservación normal de la vía con el empleo	
Martes 19	9;00 a 11;00 hrs.	de Tandems (equipo), Trabajo de reconstruc	
Miércoles 20	9;00 a 11;00 hrs.	ción de vía con el equipo Tandem y equipo	
Jueves 21	9;00 a 11;00 hrs.	complementario.	
Viernes 22	9;00 a 11;00 hrs.	" " " "	
		Ingenieros Invitados	Ing. Bruno Lepine Bommart
			Ing. Dietmar Strauss

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
C U R S O

MATENIMIENTO Y REHABILITACION DE VIAS FERREAS POR METODOS MECANIZADOS

Del 11 al 22 de abril de 1994.
DIRECTORIO DE PROFESORES

HERNANDEZ MADRIGAL BENJAMIN
Presidente del Consejo de Administración
Calle 20 No. 32-5
San Pedro de los Pinos
C.P. 03800
México, D.F.
Tel. 598 69 50 y fax 611 18 16

2.- **LEPINE BOMMART BRUNO**
Ingeniero Invitado

MOSCOSO LEGORRETA ISSAAC
PERFESA
Perforaciones Especializadas S.A. de C.V.
California 112
C.P. 03100
México, D.F.
Tel. 559 92 66 telex 071 72 197
91 597 313 48

4.- **STRAUSS DIETMAR**
Ingeniero Invitado

CURSO: Mantenimiento y rehabilitación de vías ferreas por métodos mecanizados.

FECHA: Del 11 al 22 de abril de 1994.

		DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIO VISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD	
CONFERENCISTA						
1	Ing. Benjamín Hernández M.					
2	Ing. Isaac Moscoso Legorreta					
INGENIEROS INVITADOS						
	Ing. Bruno Lepine Bommart					
	Ing. Dietmar Strauss					
ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10						

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

Mantenimiento y rehabilitación de vías ferreas por métodos mecanizados

Del 11 al 22 de abril de 1994.

T E M A		ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA
1	Aspectos Generales del modo de transporte ferroviario				
2	Aspectos geométricos y estructurales de una vía férrea.				
3	Cama de Balastro				
4	Rieles soldados de gran longitud y empleo de durmientes de concreto				
5	Conservación normal de la vía con el empleo de Tandems (equipo)				
6	Trabajo de reconstrucción de vía con el equipo Tandem y equipo complementario.				
ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10					

EVALUACION DEL CURSO

C O N C E P T O		
1.	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO EN EL CURSO	
EVALUACION TOTAL		

ESCALA DE EVALUACION: 1 A 10



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

**MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE VIAS FERREAS POR
METODOS MECANIZADOS**

SISTEMA FERROVIARIO MEXICANO

**ING. BENJAMIN HERNANDEZ MADRICAL
ING. ISAAC MOSCOSO LEGORRETA**

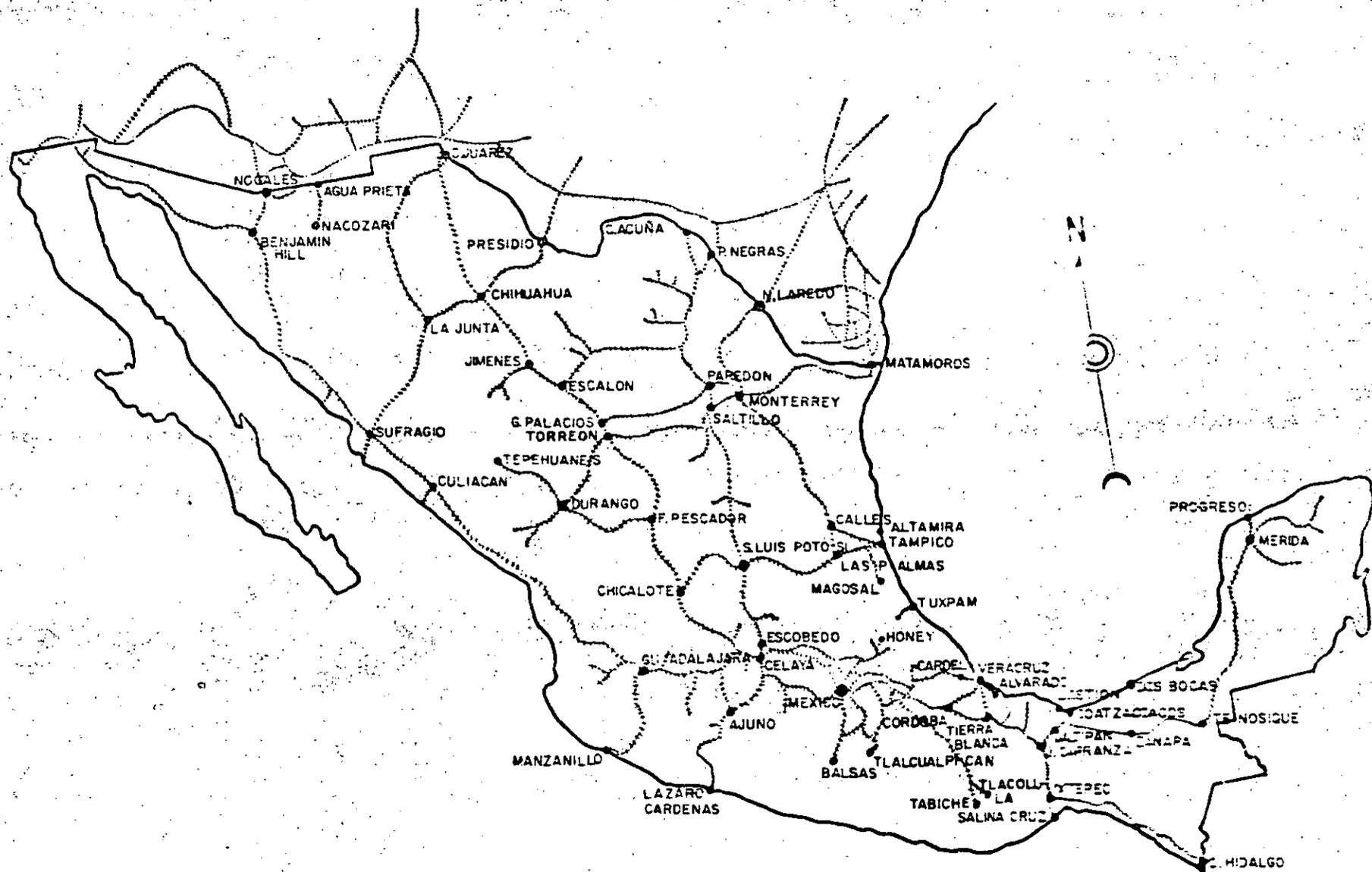
1 9 9 4

I N D I C E

- 1.- ASPECTOS GENERALES DEL MODO DE TRANSPORTE FERROVIARIO.
 - 1.1. LOS FERROCARRILES DEL SIGLO XX.
 - 1.2. ECONOMIA EN LA OPERACION DE TRENES.
 - 1.3. EL EUROTUNEL.- SISTEMA DE TRANSPORTE ENTRE EUROPA E INGLATERRA.
- 2.- ASPECTOS GEOMETRICOS Y ESTRUCTURALES DE UNA VIA FERREA.
 - 2.1. ALINEAMIENTO DE CURVAS POR EL METODO DE CUERDAS Y FLECHAS.
 - 2.2. ALINEAMIENTO HORIZONTAL. ESPIRALES DE TRANSICION.
 - 2.3. CRITERIOS DE MEDICION CON EL EQUIPO DE MULTICALZADORA.
- 3.- CAMA DE BLASTO.
 - 3.1. CALIDAD DEL BALASTO.
 - 3.2. NIVELACION DE LA VIA EMPLEANDO INSTRUMENTOS OPTICOS.
 - 3.3. SISTEMAS DE ALINEACION Y NIVELACION DE VIAS.
 - 3.4. INYECCION DE PIEDRA (BALASTO).
- 4.- SOLDADURA DE RIEL.
 - 4.1. ESPECIFICACIONES ORIGINALES PARA LA CONSERVACION DE VIAS CON EL RIEL SOLDADO DE GRAN LONGITUD.

SISTEMA FERROVIARIO MEXICANO

SISTEMA FERROVIARIO MEXICANO



I.1. LOS FERROCARRILES DEL SIGLO XX

LOS FERROCARRILES DEL SIGLO XX

El inicio del siglo XX contempló la consolidación de los ferrocarriles.

Sistemas ferroviarios de gran cobertura como el de Pennsylvania, el New York Central, el Burlington y otros, se integraron a partir de la participación de pequeños ferrocarriles (Empresas Ferroviarias).

Este siglo también vió surgir los supersistemas ferroviarios tales como el Southern Pacific formado por el F.C. Union Pacific y el Great Northern con el Northern Pacific; algunas de estas empresas se consolidaron violando algunas leyes antimonopolio de los Estados Unidos de Norteamérica.

A este fenómeno de integración sucedieron importantes mejoras técnicas en la superestructura de la vía, tendiéndose doble vía en la mayoría de los recorridos troncales y avances importantes en los equipos de arrastre y fuerza tractiva. En los equipos de pasajeros (coches) también se introdujeron los coches metálicos (cubierta), para sustituir a los coches forrados con madera y se mejoró notablemente los itinerarios y el confort para los pasajeros.

En junio de 1905 el F.C. Pennsylvania corrió un tren de pasajeros a la velocidad récord de 127 millas/hora; este récord aún no se ha superado en la operación actual de trenes de pasajeros, en los Estados Unidos de Norteamérica el récord actual lo ostentan los Ferrocarriles Franceses (El TGV), con velocidades del orden de las 350 millas/hora.

En 1915 se inició la operación de dos rutas transcontinentales en Territorio Canadiense. En México, el ferrocarril sufrió un deterioro y abandono posterior a consecuencia de la Revolución Mexicana.

~~La dieselización del equipo tractivo se inició en 1925 con~~
la operación de una locomotora patiera y en 1934 se hizo la prime
ra operación en vía troncal, manejando un tren de pasajeros del
F.C. Union Pacific y otro del F.C. Burlington. En la actualidad
el 100% de los Ferrocarriles en Norteamérica incluyendo nuestro
País, emplean la potencia diesel-eléctrica.

Otro paso técnico importante, en la operación de trenes lo -
representó el establecimiento de la denominada señalización (con-
trol de tráfico centralizado). La participación del vecino País
del Norte en el conflicto bélico, durante la II Guerra Mundial,
en forma importante auspició el uso de este sistema de manejo de
trenes.

Otros avances tecnológicos importantes se han llevado a cabo
tales como mejorías en la superestructura de la vía, mecanización
de los trabajos de construcción, conservación y mantenimiento, es
tabilización de las terracerías de la vía mediante prácticas y a-
plicaciones de la Geotecnia.

La comunicación por radio con sistemas de HF y UHF, también
han incrementado las velocidades comerciales de los trenes, a la
vez que mejorado los índices de seguridad.

En los patios de clasificación (Terminales Ferroviarias),
también se han expeditado las operaciones, con la casi total auto
matización de sus instalaciones, mediante aplicaciones de la elec
trónica y de la computación, principalmente.

ASPECTOS TECNOLOGICOS DEL MODO

Flotación y Estabilidad.- Son aspectos que deben atenderse
en transporte marítimo y aéreo principalmente.

Los primeros diseños del monoriel adolecían de problemas de
estabilidad, al tratar de balancear un carro, en un solo riel con

la ayuda de un gir6scopo. Diseños m6s recientes emplean un carro suspendido con suficiente rigidez para prevenir el excesivo balan- ceo, sin embargo no se ha logrado su optimizaci6n.

La estabilidad en la operaci6n ferroviaria representa un fac- tor de seguridad y de confort, en trayectorias curvas, principal- mente, y en altas velocidades de operaci6n, influyendo en aspec- tos geom6tricos como son la sobre-elevaci6n y la introducci6n de curvas de transici6n, entre trayectorias en tangente y en curva.

RESISTENCIAS

Si no existiera la gravedad y la fricci6n, un veh6culo y su carga permanecer6an en movimiento de acuerdo con el postulado de la Ley de Newton, hasta que actuara una fuerza externa. Existen u- na serie de resistencias que se oponen al movimiento de un cuerpo en nuestro caso, un convoy o tren, originadas principalmente por la fricci6n de mecanismos en movimiento, por el efecto del aire: presi6n y succi6n y por el contacto rueda-riel, var6an con el pe- so y la velocidad del tren, a su consumo se le denomina TREN-RE- SISTENCIA. La pendiente de la trayectoria en el sentido ascenden- te y la sobre-elevaci6n provocan resistencias adicionales al con- voy (tren).

En una forma u otra la fuerza tractiva disponible en una lo- comotora o conjunto de locomotoras, se emplean para vencer las re- sistencias generadas por el convoy.

VALORES EN LAS RESISTENCIAS

Expresiones de Davis.- Para valorar el primer grupo de re- sistencias (tren-resistencia)

a) Para locomotoras:

$$R_L = 0.65 + \frac{13.10}{W} + 0.0093 + \frac{0.0046AV^2}{WN}$$

R_L = Resistencia locomotora, en Kgs./Ton.

A = Area sección transversal de la locomotora.

V = Velocidad de operación, en Kms./hora.

W = Peso por eje de la locomotora, en Tons.

N = Número de ejes.

b) Para carros (furgones)

$$R_F = 0.65 + \frac{13.10}{W} + 0.0014V + \frac{0.00094AV^2}{WN}$$

R_F = Resistencia de furgones, en Kgs./Ton.

W = Peso por eje de furgón, en Tons.

V = Velocidad de operación, en Kms./hora.

A = Area sección transversal del furgón.

N = Número de ejes.

RESISTENCIAS POR PENDIENTE. - 10 kgs./ton de peso de carro o tren.

POTENCIA Y FUERZA TRACTIVA

Se debe disponer de una fuerza para vencer la resistencia del tren, como se asentó anteriormente, así como para vencer la resistencia debida a la trayectoria (vía); pendiente y curvatura.

La potencia es la capacidad de desarrollar un trabajo, o el trabajo desarrollado en la unidad de tiempo.

FUERZA TRACTIVA.- Es la fuerza disponible en una locomotora para remolcar un tren.

POTENCIA = FUERZA X VELOCIDAD.

$$P = F \times V \quad F = \frac{P}{V}$$

P en Kgm-m/seg

V en m/seg.

$$F = \frac{P \times 75}{V \left(\frac{1000}{3600} \right)} = \frac{270 P}{V}$$

F en Kgs.

P en HP

V en Km/hr.

Considerando una eficiencia del motor del 85%, tenemos:

$$F = \frac{270 \times 0.85 P}{V}$$

$$F = \frac{230 P}{V}$$

1.2. ECONOMIA EN LA OPERACION DE TRENES.

ECONOMIA EN LA OPERACION DE TRENES

FACTORES DE COMPORTAMIENTO

La gráfica # 1, muestra la influencia de la velocidad, la pendiente (ascendente), la curvatura y la acción de "parar y arrancar" para un tren cargado con un promedio de 80 toneladas de peso por carro.

De la observación de la gráfica podemos entender cómo afectan al consumo energético, los parámetros físicos de una vía de ferrocarril, para un convoy (tren) que se desplace a lo largo de la misma.

PENDIENTE Y POTENCIA CONTRA DISTANCIA

Considerando la gráfica de la fig. # 1 y el punto "A", observamos que la energía extra, que consumimos para elevar un tren a una altura de 200 pies (60.61 m.), equivale a la energía consumida para recorrer una longitud del orden de las 21 millas (33.6 km) en un tramo a nivel y a una velocidad de 15 millas/hr. (24 km/hr).

Observando en el eje vertical que indica CABALLOS-HORA POR TONELADA, encontramos que para el movimiento de ese tren, a la velocidad de 15 millas/hora y a una distancia de 21 millas, se necesitará consumir 0.20 HP-HORA por cada tonelada de peso de tren.

POTENCIA CONTRA VELOCIDAD

Observando el punto "B", podemos concluir que en ese mismo consumo energético (0.20 HP-HORA), un tren moviéndose a una velocidad de 60 millas/hora (96 km/hora), puede recorrer solamente 9.5 millas (15.20 km/hora) y a 30 millas/hora (48 km/hora), puede recorrer una distancia de 18 millas, (28.8 Kms), punto "B,"

~~Lo anterior demuestra que se logra poca ganancia en "correr"~~
un tren carguero, en vía a nivel, a velocidades menores del rango 30-35 mph (48 a 56 km/hr.), pues a mayores velocidades la resistencia, por viento (y succión) comienza a demandar un mayor consumo energético.

CURVATURA DE LA VIA

En el movimiento de un tren en curva, se requiere de un consumo energético adicional, para vencer la "Resistencia por curvatura" provocada por el mayor contacto entre el hongo del riel y la ceja de la rueda.

En la parte inferior de la gráfica de la Fig. # 1, podemos observar que debemos consumir 0.014 HP-HORA, por tonelada de peso de tren para vencer la resistencia por curvatura para una o varias curvas con una deflexión total de 360°, equivalente al consumo energético necesario para elevar una tonelada de peso de tren, a una altura de 14 pies (4.24 m.); al consumo energético se suma el desgaste de rueda y riel, en los recorridos curvos de una línea férrea.

PARADA Y ARRANQUE

En la misma gráfica, observando el punto "C" vemos que el consumo energético para acelerar un tren de 0 a 60 millas/hr. (96 km/hr.) es el mismo que consumimos para recorrer 5.5 millas (8.8 kms.), con ese tren en un tramo a nivel y a la velocidad de 60 millas/hora (96 km/hr.).

En el punto "C₁", los consumos energéticos son iguales, para acelerar una tonelada de peso de tren, de 0 a 60 millas/hora (0 a 96 km/hr) que para recorrer una distancia de 5.5 millas (8.8 kms), a esa velocidad y en vía a nivel (p=0.0%).

Lo mismo se puede observar en el punto "C₂".

Lo anterior significa que las paradas de un tren o convoy - tienen un costo energético significativo: Un tren corriendo a 60 millas/hr. con paradas a cada 10 millas (16 kms.), consume tanta energía como lo haría en el total del recorrido. Para acelerar de 0 a 30 millas/hora se consume un tercio de la energía que se requiere para acelerar de 30 a 60 millas/hora (48 a 96 km/hr.), esto explica el porque de las restricciones de velocidad con límites de 30, 60, 90 y 120 millas/hora, en la operación ferroviaria del vecino País del Norte.

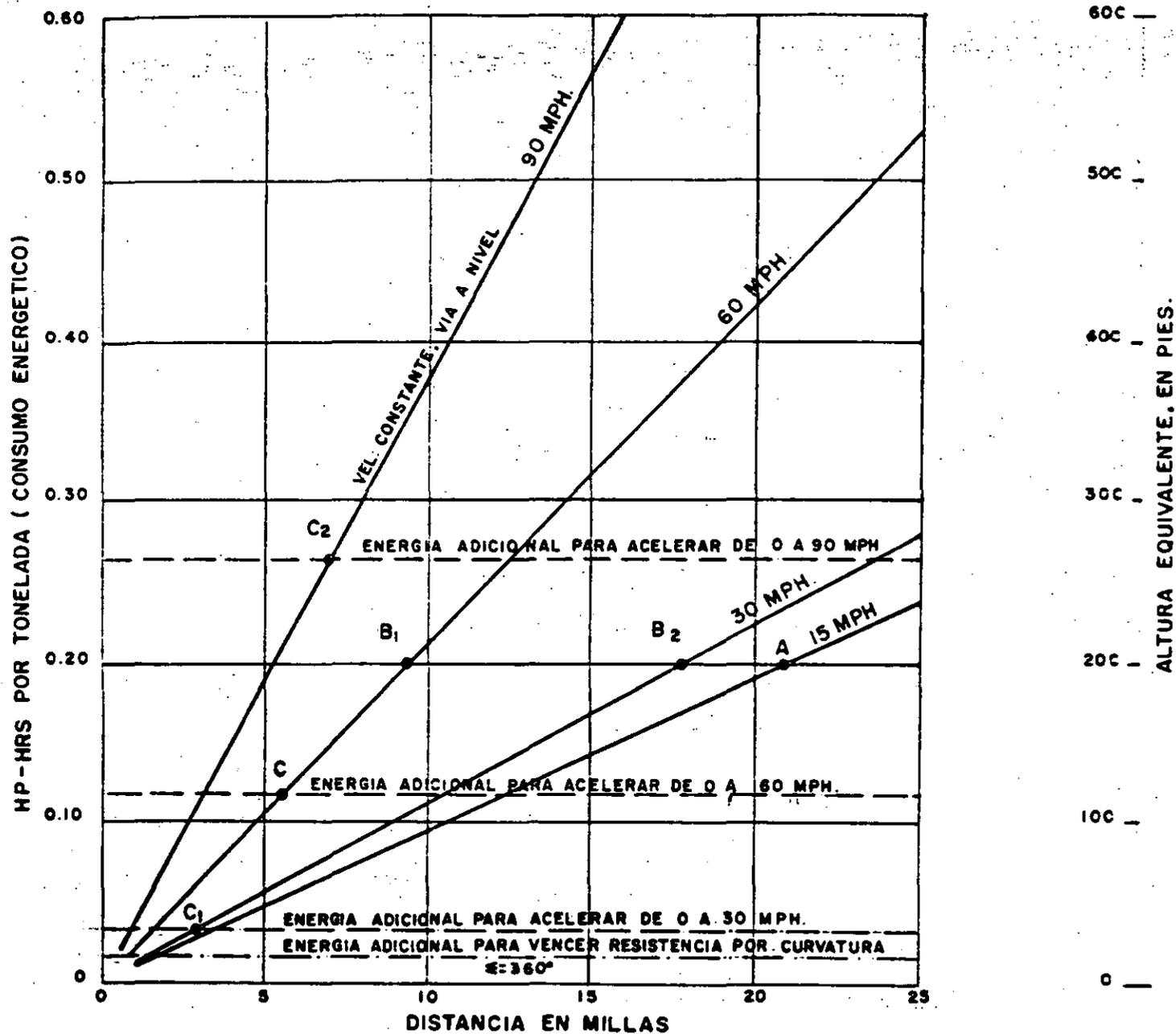
NOTA.- La gráfica de la Fig. #1, fue elaborada empleando la Expresión de Davis, para tren cargado, con las siguientes características:

Peso promedio de carro.- 80 tons.

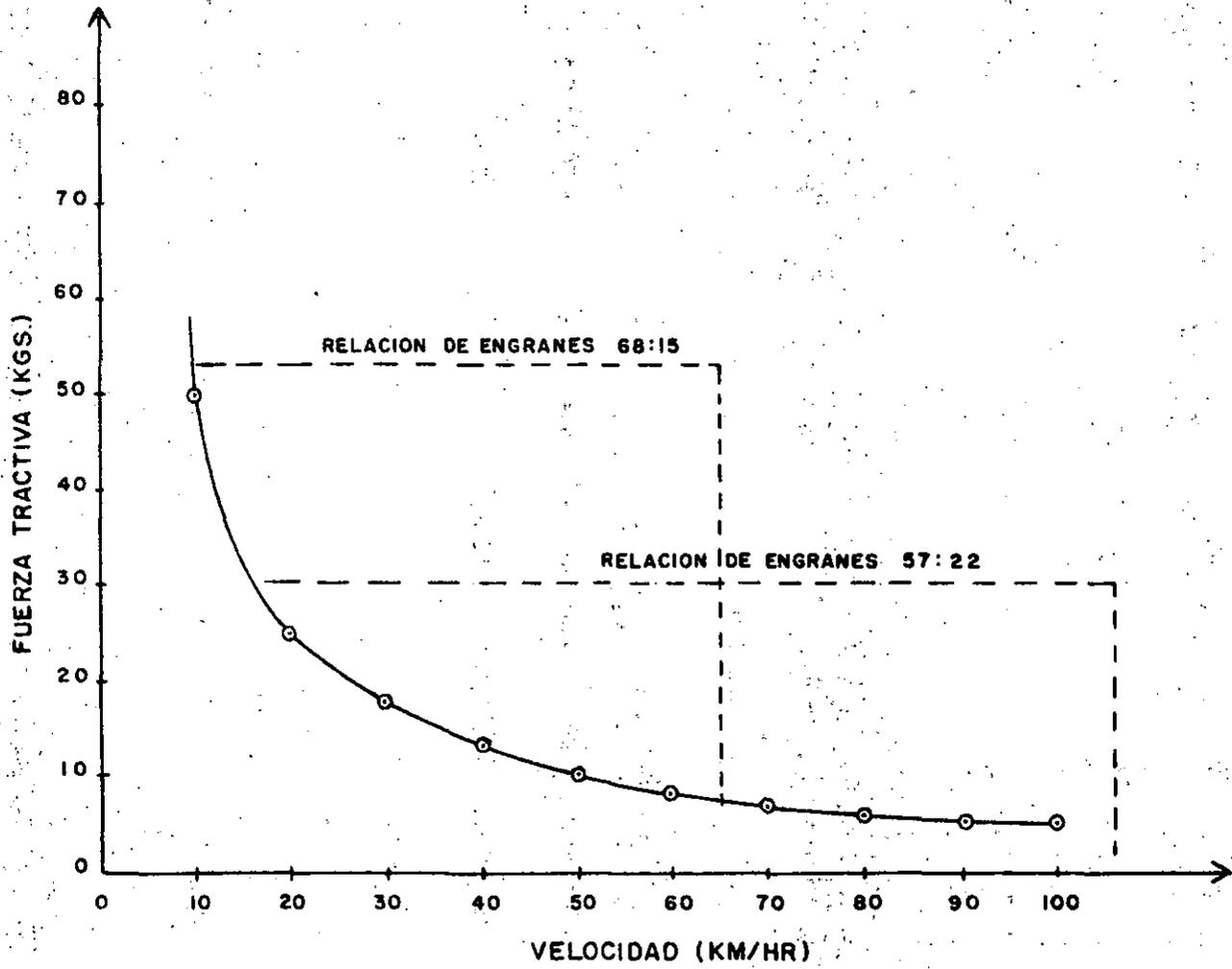
Numero de ejes.- 4.

Altura de carro.- 15' (4.55 m.).

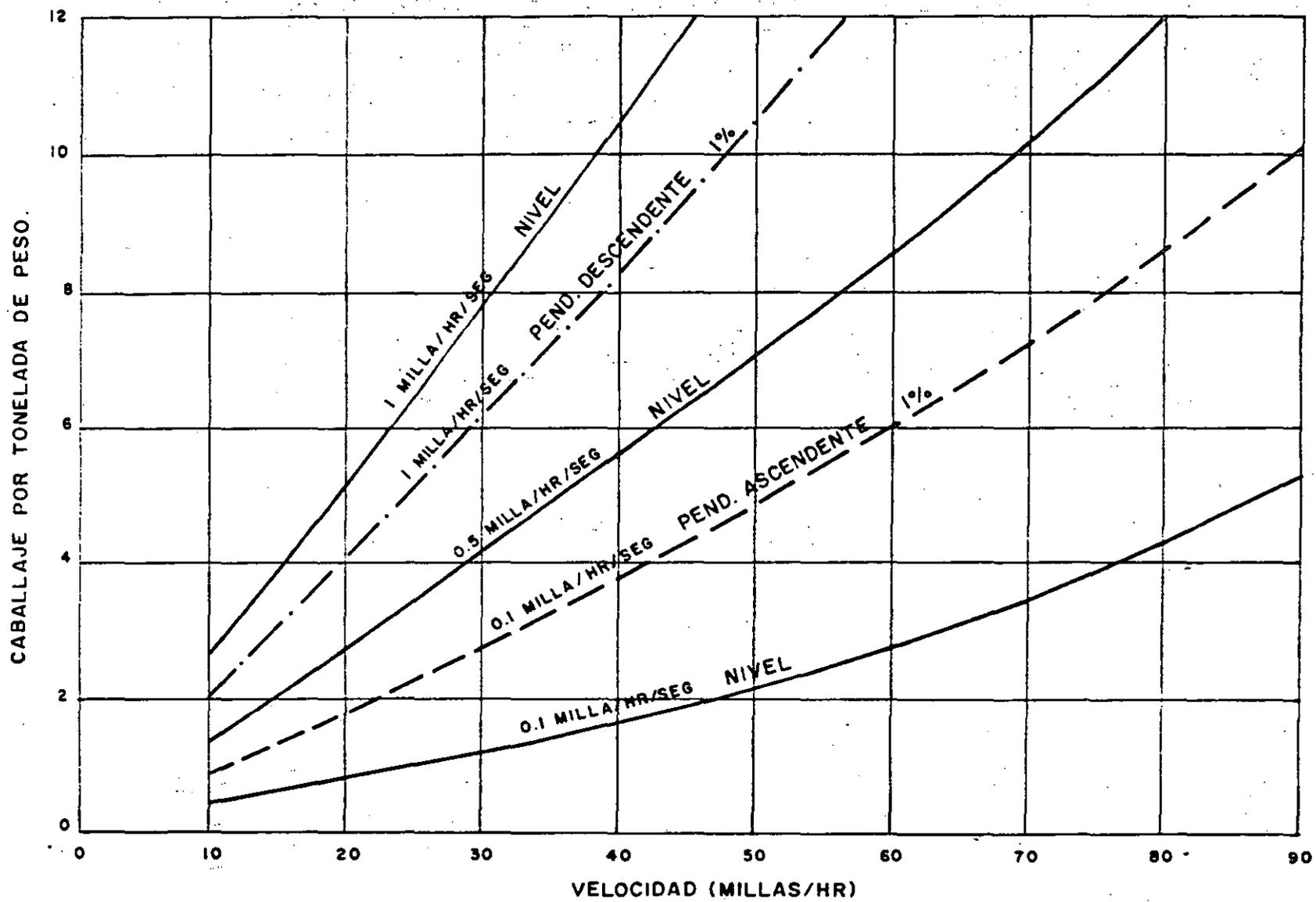
Ancho de carro.- 10' (3.03 m.).



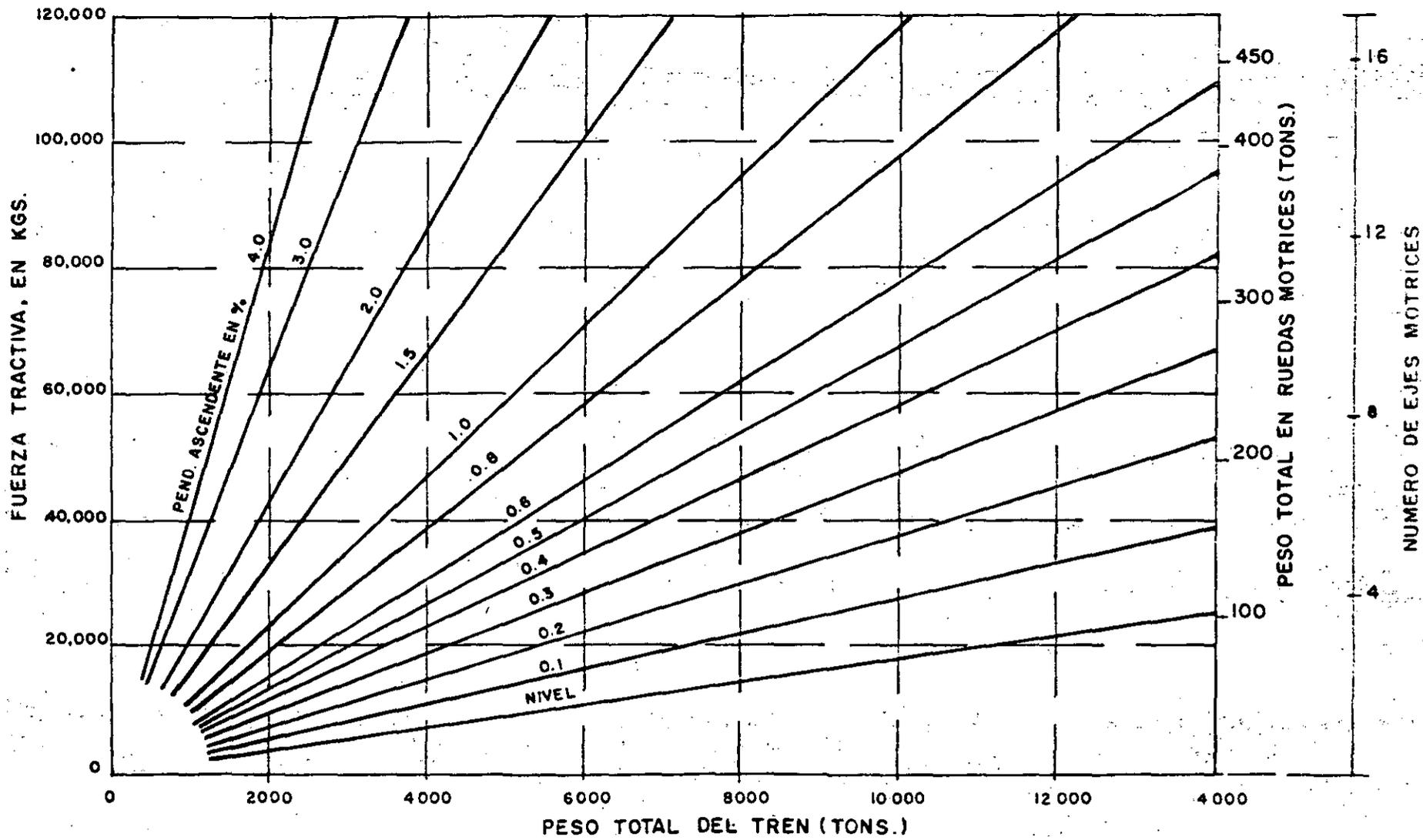
GRAFICA I-CONSUMOS ENERGETICOS PARA MOVER UN TREN.



GRAFICA.- FUERZA TRACTIVA-VELOCIDAD.

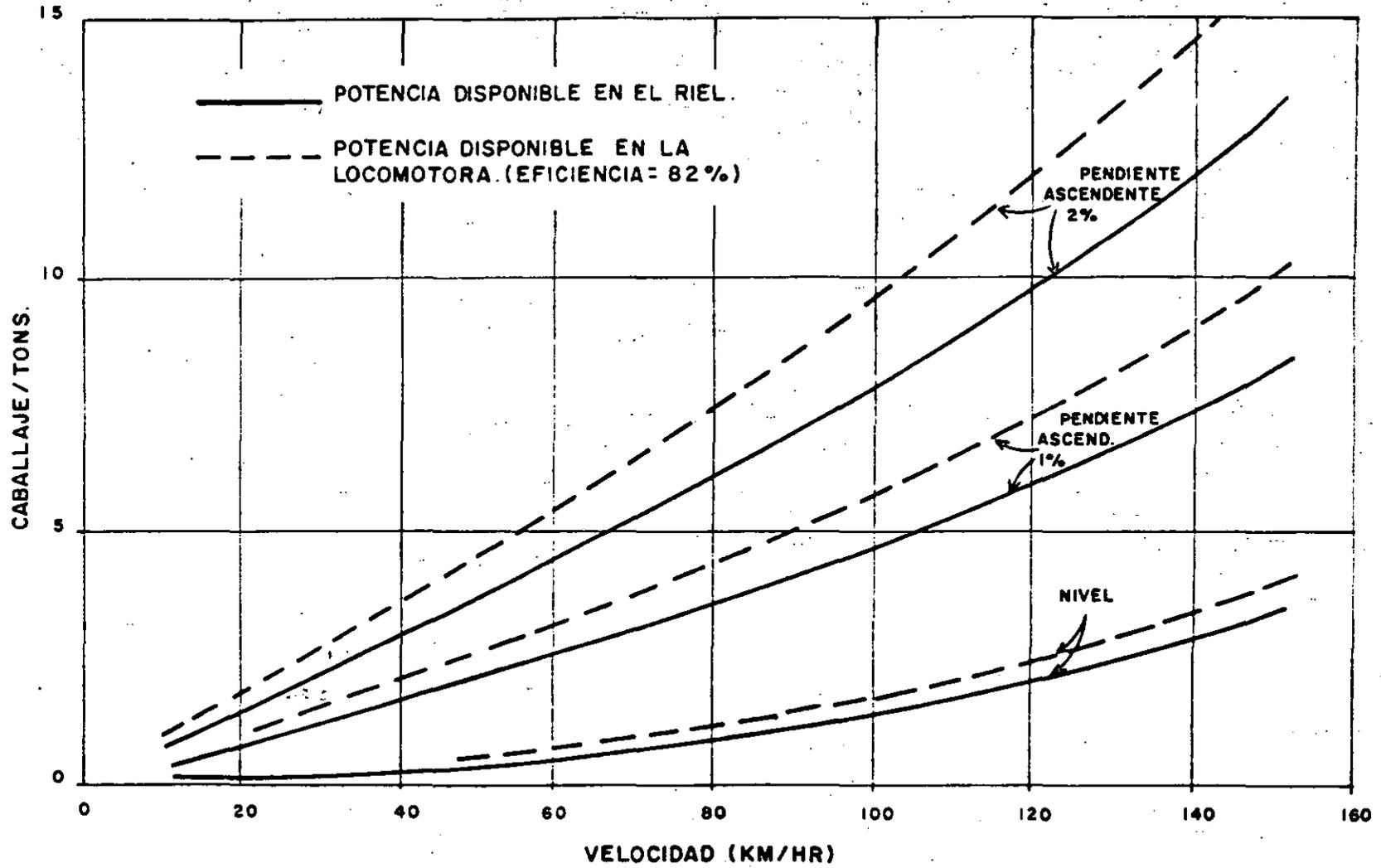


GRAFICA- ACCELERACION-CABALLAJE (HP).



GRAFICA-FUERZA TRACTIVA - TONELAJE - PENDIENTE.

91



GRAFICA- POTENCIA- VELOCIDAD- PENDIENTE.

**RESISTENCIA POR CURVATURA Y COMPENSACION
DE LA PENDIENTE POR CURVATURA**

GRADO DE CURVA- TURA	RADIO CURVATURA (m)	VELOCIDAD OPERACION (Km./hr.)	RESISTENCIA POR CURVA (kg./Ton)	RESIST.EQUIV. POR PENDIENTE
0°40'	1,146.0	160.0	0.363	0.036
3°20'	347.3	80.0	1.82	0.182
6°40'	172.0	48.0	3.63	0.363
10°00'	114.60	40.0	5.45	0.545

PENDIENTES.- DEFINICIONES

1.- **PENDIENTE MAXIMA.**- Valor de la pendiente máxima en el tramo: Distrito o División de operación, en el sentido de vacíos.

2.- **PENDIENTE GOBERNADORA.**- Valor de la pendiente máxima en el Distrito o División, en el sentido de cargados, empleada para "e-cuacionar" tonelajes (asignar tonelajes a una o varias locomoto--ras).

3.- **PENDIENTE AYUDADORA.**- Valor de la pendiente, en por ciento, en donde se requiere aumentar fuerza tractiva (locomotora ayudado--ra).

4.- **PENDIENTE CONTINUADA.**- Valor de la pendiente que se mantiene en un largo tramo de vía, ascendente o descendente, en relación con el tráfico de cargados (sentido del tráfico).

5.- **PENDIENTE COMPENSADA.**- Valor de la pendiente máxima, compen--sada (reducida) en cierto porcentaje, a lo largo de los^o tramos curvos y en función del grado de cada curva, en particular.

6.- **PENDIENTE MOMENTUM.**- Valor de la pendiente en un tramo de descenso-ascenso (curva vertical en columpio), por donde "el tren tipo" puede ascender sin acelerar (aprovechando la energía cinéti--ca disponible, al inicio del tramo pendiente).

1.3. EL EUROTUNEL.- SISTEMA DE TRANSPORTE ENTRE

EUROPA E INGLATERRA.

EL EUROTUNEL.- SISTEMA DE TRANSPORTE ENTRE EUROPA E INGLATERRA.

El Eurotúnel o Transmanche Link, unirá en breve a la Gran Bretaña con el Continente Europeo, especialmente los países de Europa Occidental, consolidando no únicamente las Redes Ferroviarias sino también las Redes Carreteras de los países integrados, con un sistema novedoso de transbordo de vehículos automotores y los clásicos servicios de carga y pasajeros ferroviarios.

Los trenes de enlace generalmente serán de 2 tipos: para vehículos de carga y para vehículos de turistas; por razones de seguridad estos servicios se decidió proporcionarlos en trenes separados.

Para proporcionar el servicio de transporte de vehículos (automóviles), se dispondrá de carros ferroviarios de doble piso, con rampas adecuadamente operadas para el acceso y salida de este tipo de vehículos; para el manejo de autotransporte de carga, se contará con carros ferroviarios de un solo piso, que al colocarse en los andenes de las terminales permitirá la entrada y salida de vehículos de carga, en una maniobra RO-RO (Roll on-Roll off).

TRENES

Los trenes estarán formados por 2 locomotoras con potencia variable entre 4,000 y 6,000 HP y un promedio de 30 carros, alcanzando una longitud del tren del orden de los 750 m.

Las dos locomotoras eléctricas, con 12 ejes motrices irán localizadas en la parte delantera y posterior del tren para facilitar la operación, en un sólo túnel, pero en dos direcciones.

La catenaria estará energizada con una corriente de 25 KV.

EQUIPO FERROVIARIO PROTOTIPO

La naturaleza del equipo rodante, tanto tractivo como de arrastre, llevó a la necesidad de realizar una serie de pruebas y diseño de prototipos, resumidos en lo siguiente:

- 1.- Carga y descarga de vehículos, (pruebas reales y evacuación de pasajeros.
- 2.- Pruebas de incendios para su localización y eliminación.
- 3.- Diseño y pruebas de prototipos de carros ferroviarios de doble y piso sencillo, así como coches (carros de pasajeros) con puertas múltiples laterales.

El tiempo de recorrido, entre terminales será de 33 minutos, alcanzando una velocidad máxima, dentro del túnel de 160 Km/Hr.

Las terminales tanto del lado francés como del lado inglés tendrán configuraciones y sistema operativos convencionales, con la diferencia que manejarán vehículos en vez de pasajeros.

Una vez que los automóviles de turistas o pasajeros normales se encuentren dentro de los trenes, permanecerán dentro o a un lado de sus vehículos, durante el recorrido a través del túnel.

Se contará con altos niveles de seguridad sustentados en 3 aspectos fundamentales:

- 1.- Tecnología ferroviaria ampliamente probada, con un túnel para cada vía.
- 2.- La existencia de banqueta o andén a todo lo largo del túnel.
- 3.- La presencia de pasillos, a intervalos regulares que darán acceso al túnel de servicios (tercer túnel).

El aspecto migratorio estará basado en el principio de libre acceso, con algunas pocas y breves formalidades que se realizarán en las terminales de Francia y Gran Bretaña; lo anterior significará que Inglaterra tendrá, por primera vez, una frontera terrestre con el Continente Europeo.

Con lo anterior, se habrá constituido una genuina Empresa de transporte binacional y su integración en un sólo equipo humano de trabajo.

CONCEPTO BASICO.

El concepto básico es tan simple que se puede expresar como el transporte por riel de pasajeros con sus vehículos y pertenencias por abajo de Canal de la Mancha por medio de instalaciones fijas, es por lo tanto un Sistema Multimodal de Transporte, no solamente un ferrocarril.

En los inicios de este proyecto de liga o unión entre Inglaterra y el Continente, hubo controversia intensa entre la solución por túnel (Enlace Ferroviario) y la solución por puente (Enlace Carretero); la propia Sra. Thatcher, entonces Primera Ministra Inglés, se inclinaba por la solución por el puente, al expresar públicamente que sería muy agradable, para ella guiar su propio automóvil entre Dover y Calais.

Esta solución indudablemente atendía a resolver el enlace del transporte carretero (mono modal); la solución por túnel, que fué propuesta francesa, enlazará Redes Ferroviarias y Redes Carreteras, por lo tanto se trata de una solución multimodal. Gráficas # 1 y 2.

PRUEBAS Y MODELOS AERODINAMICOS

Los trenes en movimiento generan una alta resistencia aerodinámica, en el caso del túnel del Canal de la Mancha proporcional a la "Relación de bloqueo", el cociente resultante de dividir la sección del tren o locomotora entre la sección transversal del túnel. Esta alta resistencia, si no se abate a valores mínimos puede representar un alto consumo eléctrico (energético) así como bajas velocidades de operación.

DUCTOS RELEVADORES DE PRESION

El mejor elemento de la presión aerodinámica lo representan los ductos relevadores, tuberías de 2.00 m. de diámetro que conectan los dos túneles principales, interpuestas a cada 250 m. de separación, sobre el túnel de servicio, Gráfica # 3.

La función de estos ductos es reducir la presión en la zona delantera del tren y aumentar en la parte trasera, inyectando o extrayendo aire entre un túnel y otro; sin embargo esta acción no es tan sencilla como parece en virtud del errático movimiento de los trenes en ambas direcciones, situación esta que llevó a los proyectistas a realizar pruebas y modelos aerodinámicos.

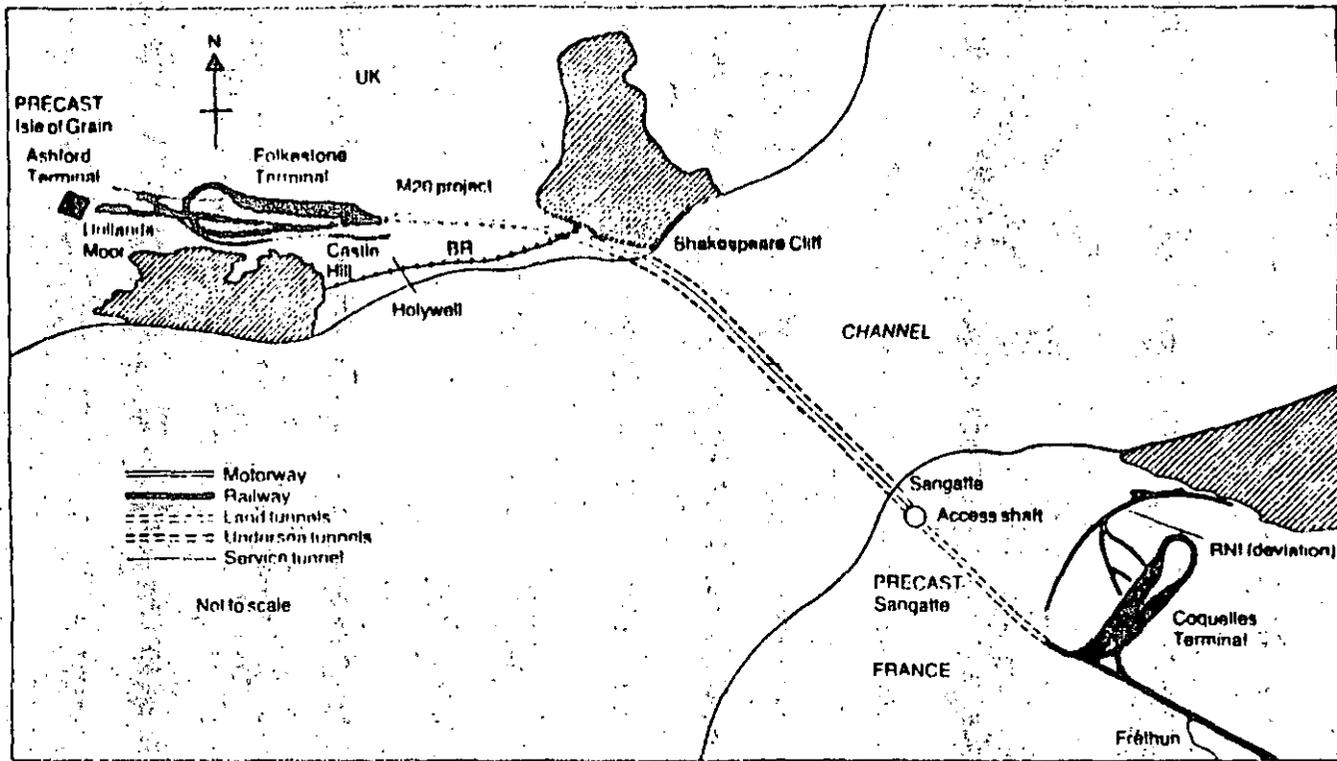


Fig. 1. Transportation System Configuration

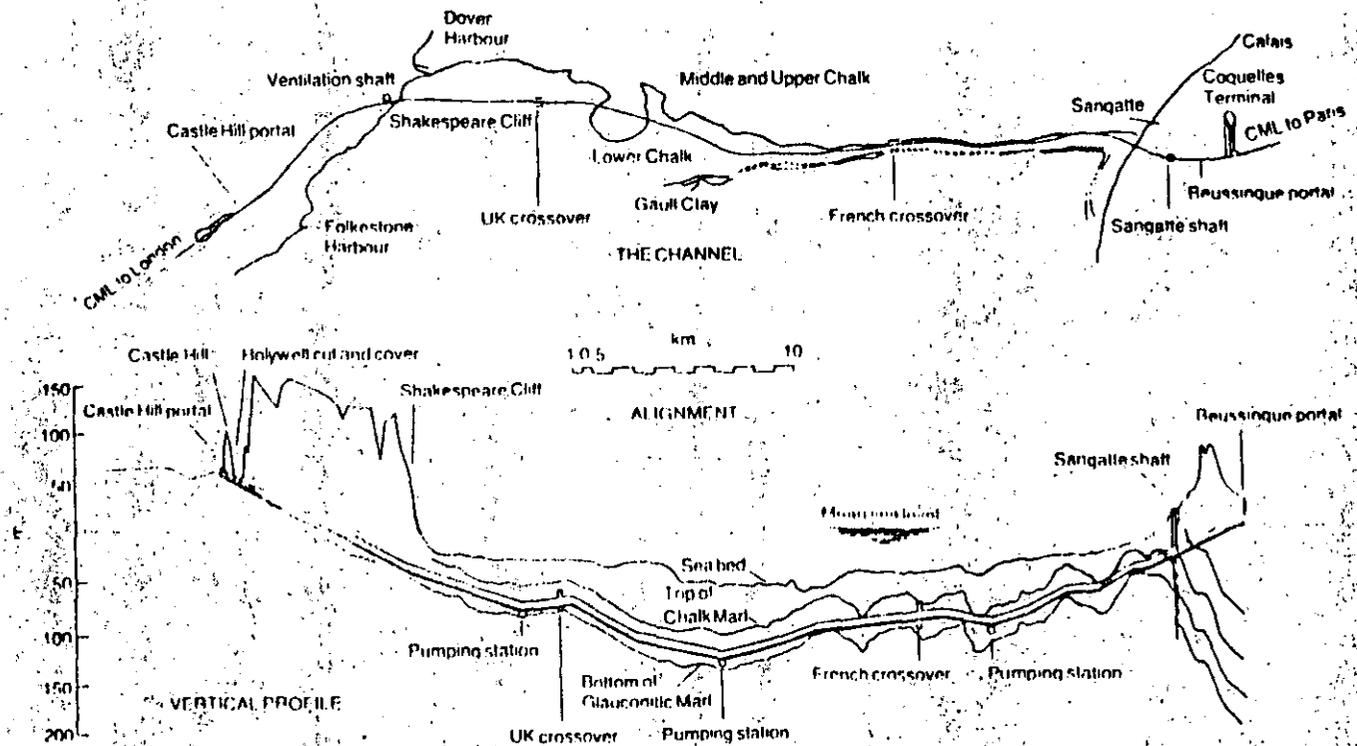


Fig. 2. Main elements of tunnel works - location

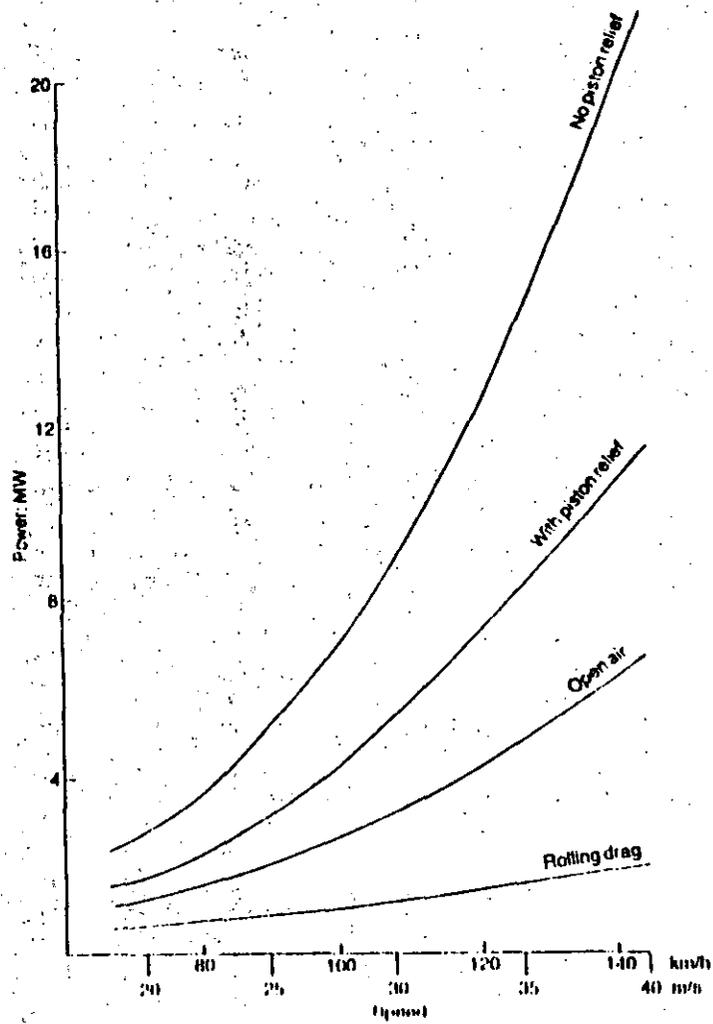
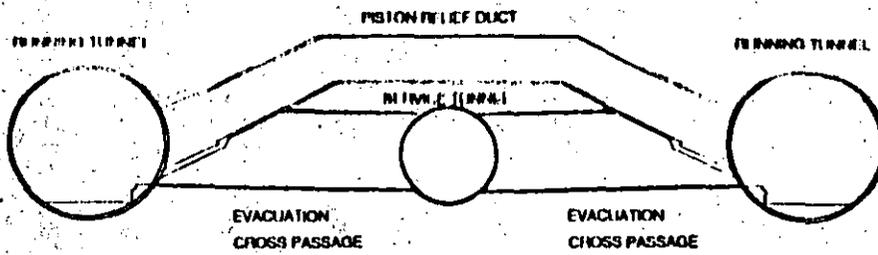
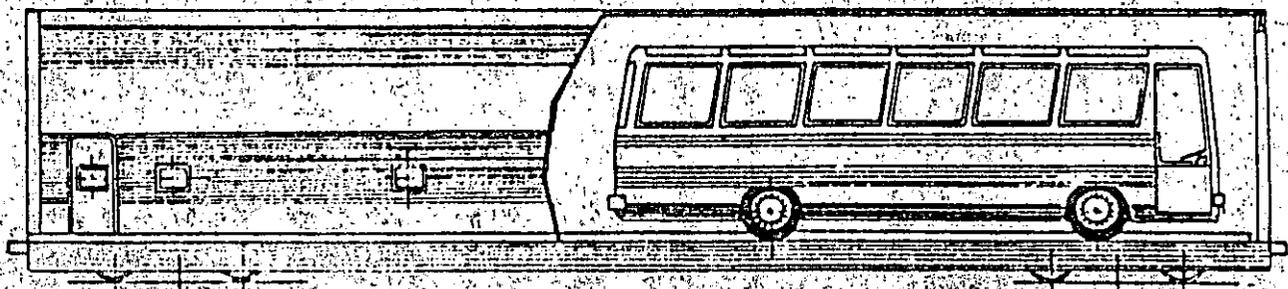


Fig. 3 Effect of Piston Relief Ducts on Power Demand



Single Deck Wagon

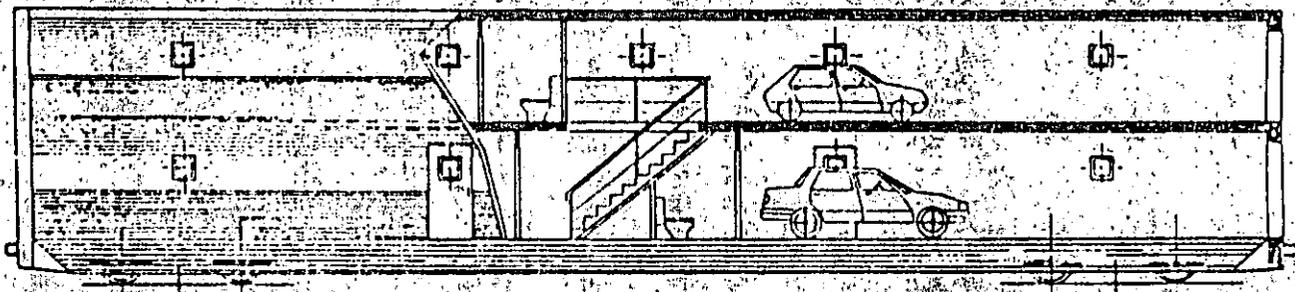


Fig. 4 Double Deck Wagon

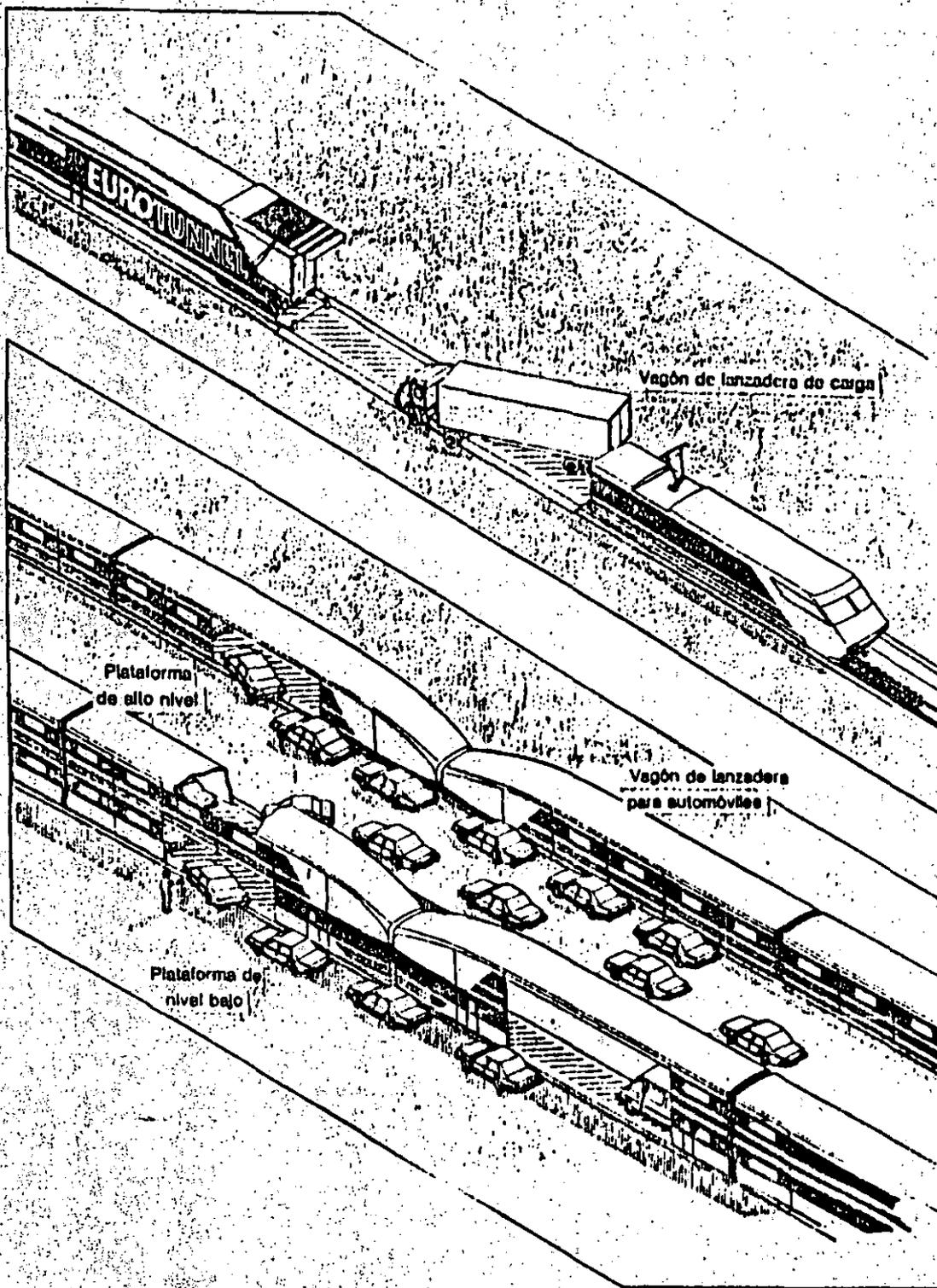


Figura. 5

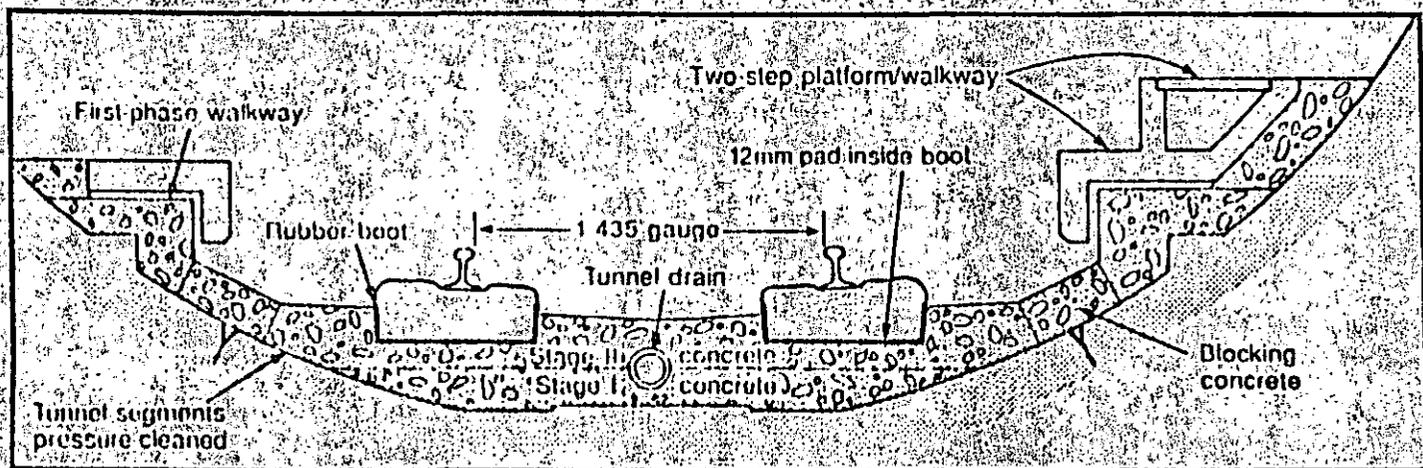
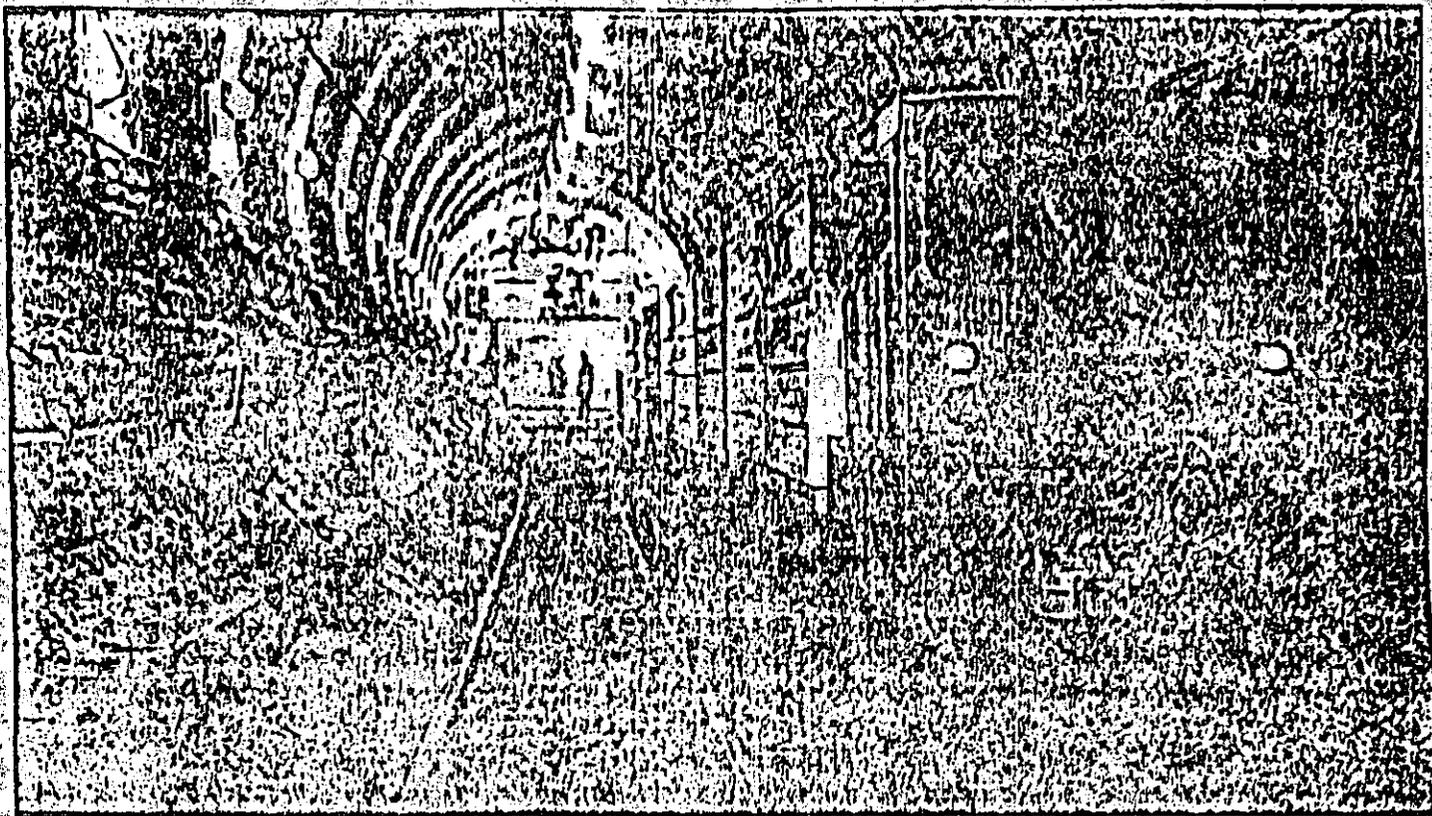


Figure 6

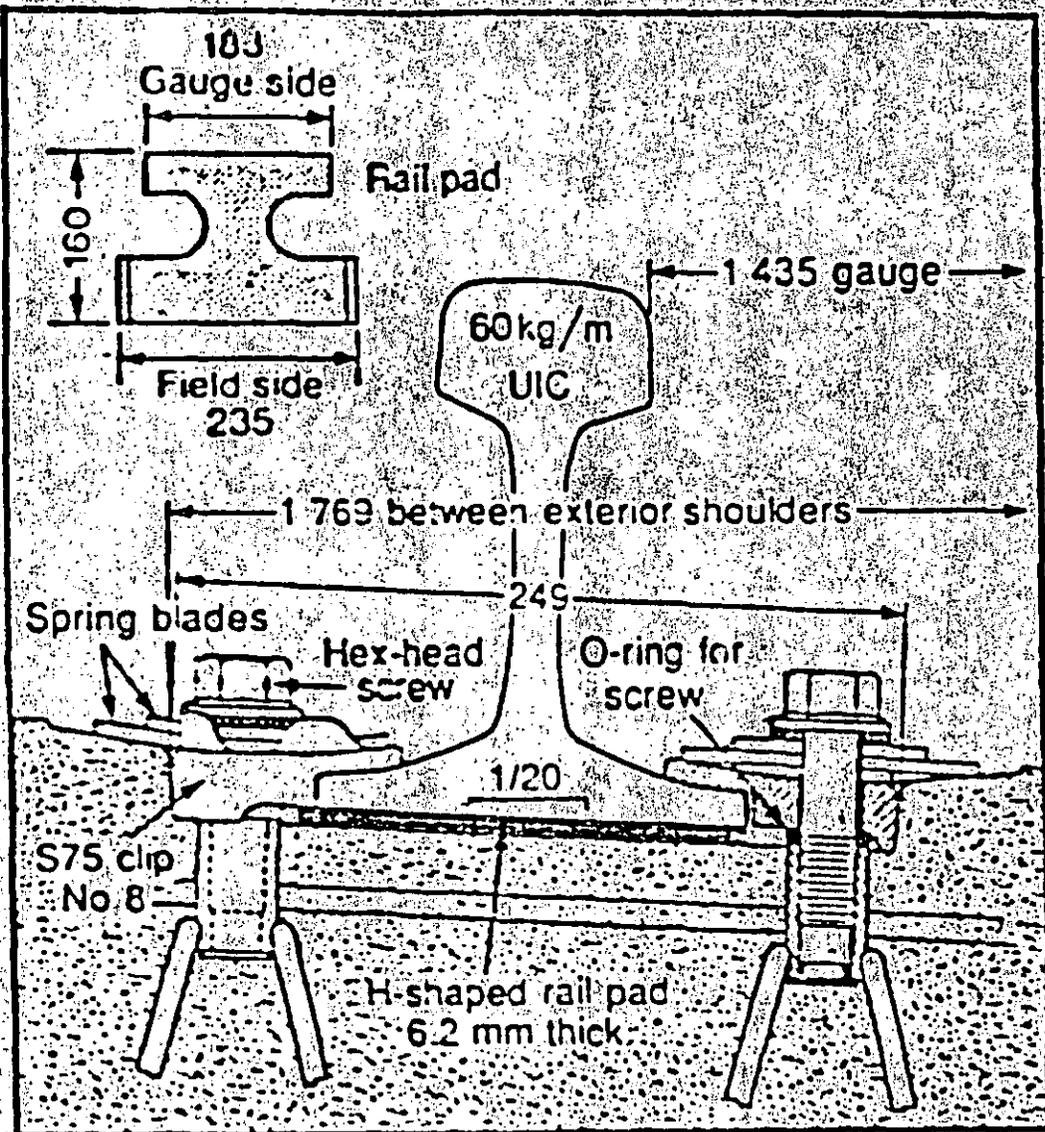


Figure 7

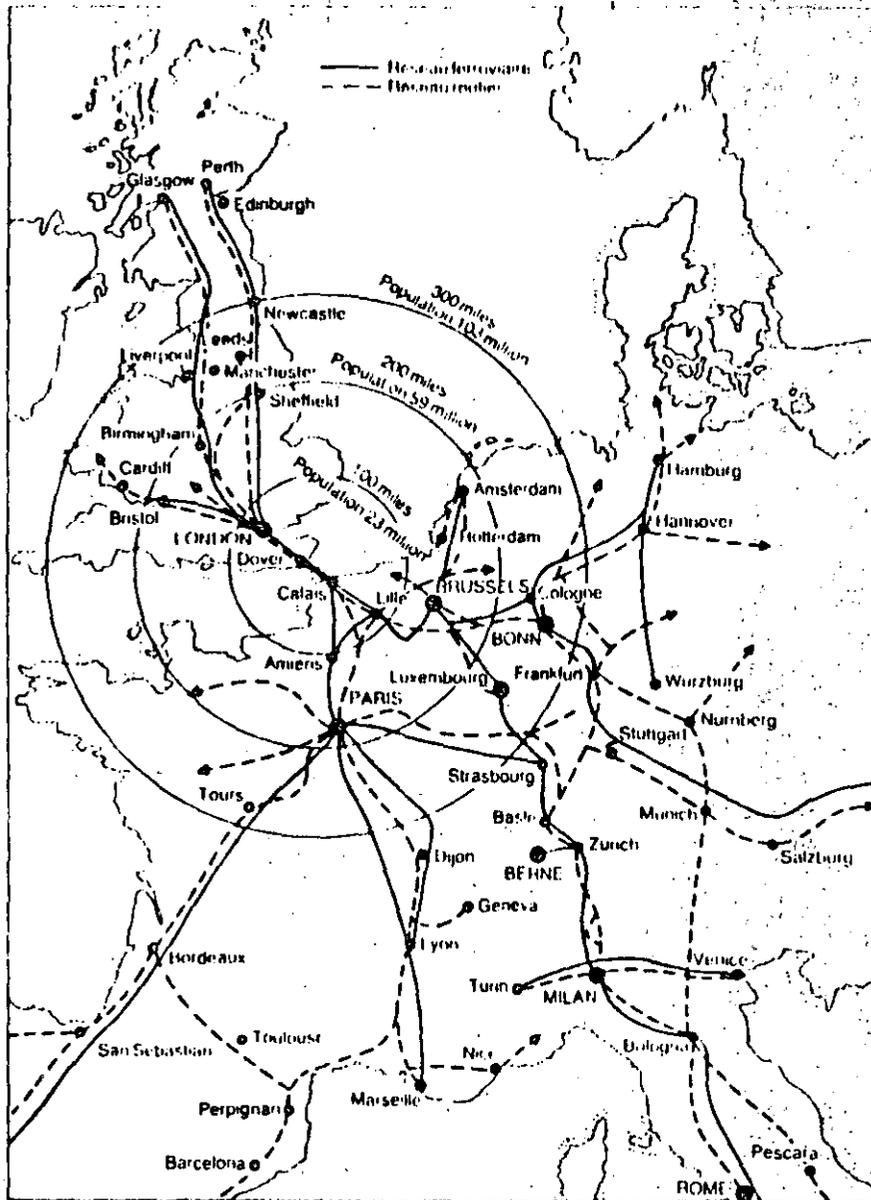


Fig. 8 Le tunnel sous la Manche au sein des réseaux ferroviaires et routiers européens

**2.1. ALINEAMIENTO DE CURVAS POR EL METODO DE
CUERDAS Y FLECHAS.**

ALINEAMIENTO DE CURVAS POR EL METODO DE CUERDAS Y FLECHAS

1.- Principios fundamentales.-

- a).- La ordenada media, para una cuerda dada, en una curva circular es función del grado de curvatura, por lo tanto, corresponderán ordenadas iguales a cuerdas de longitud uniformes; en una curva espiral de transición del tipo clotoide (que es la que se ha aplicado para el proyecto del alineamiento horizontal), la ordenada variará desde un valor nulo en el P.C. (principio de curva espiral) hasta un valor igual al de la ordenada en la curva circular, en el PCC (Principio de curva circular).
- b).- El ángulo formado por las tangentes, es igual a la suma de los ángulos centrales que subtienden las cuerdas a la curva, por tanto, para conservar el ángulo central en una curva, la suma de las ordenadas medias, medidas a lo largo de la curva original, debe ser igual a la suma de las ordenadas medias de la curva corregida (ordenadas propuestas).
- c).- Una corrección en una estación, hace variar las ordenadas en las 2 estaciones simétricas adyacentes, en una cantidad igual a la mitad de la corrección y en sentido opuesto, es decir, haciendo crecer la ordenada cuando la corrección decrece y aumentándola cuando la corrección disminuye.

Los dos primeros principios son evidentes, puesto que el primero se deriva de la definición de grado de curvatura.

El segundo principio es también evidente, puesto que el ángulo que forman las tangentes a una curva, por dos puntos de su circunferencia, es el mismo que forman los radios que pasan por esos puntos, puesto que, por construcción las tangentes son perpendiculares a los radios.

Para la demostración del tercer principio, supóngase la curva ABCDE, de la siguiente figura No. 1, la cual modificada queda en su nuevo sitio AGE; la ordenada media en la curva original es CK, reduciéndose en la otra curva a GK(CK-CG).

Para los fines que se persiguen se puede considerar, sin error apreciable, que:

$$\triangle ACG \sim \triangle AFI$$

Suponiendo iguales los lados AC y AG y de doble longitud que los lados iguales AF y AI, los cuales miden 10 metros cada uno, estableciéndose la siguiente proporción:

$$\frac{AF}{FI} = \frac{AC}{CG} ; \quad \begin{array}{l} AF = 10 \text{ m.} \\ \text{y} \\ AC = 20 \text{ m.} \end{array}$$

Sustituyendo tenemos:

$$\frac{10}{FI} = \frac{20}{CG} ; \quad CG = 2 FI$$

Igual razonamiento se puede hacer con los triángulos CEG y HEG, deduciéndose el siguiente principio:

"Al variar la ordenada media de una curva en una magnitud X, las ordenadas adyacentes variarán, cada una, en una magnitud igual a la mitad de dicha variación, pero en sentido contrario".

UNIDADES.-

Originalmente las unidades adaptadas en el alineamiento de curvas fueron en el sistema inglés, operándose con cuerdas de 18.90 m (62'), la ordenada en pulgadas indicaba el grado de curvatura.

Puesto que en nuestro sistema el grado de curvatura se refiere a cuerdas de 20 m; tendremos que deducir la unidad para la medición de ordenadas que corresponden al grado de curvatura en el sistema métrico.

Consideremos en la figura No. 2 los radios OB y OC y la ordenada media flecha CD, en el círculo ACB y hagamos:

$$\begin{aligned} \text{entonces} \quad AB &= 20.0 \text{ m.} = \text{cuerda} \\ DB &= 1/2 C. \end{aligned}$$

En el triángulo ODB se tiene:

$$OD = OC - DC = R - f. \quad (1)$$

Elevando al cuadrado ambos términos de (1):

$$(R-f)^2 = OB^2 - BD^2 = R^2 - (1/2 C)^2 = R^2 - 1/4 C^2$$

De donde:

$$R^2 - f^2 - 2 Rf = R^2 - 1/4 C^2.$$

Ordenando términos:

$$4 f^2 - 8 Rf - C^2 = 0 \quad (2)$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (3)$$

$$b = 8R = 8 \times 1145.90 \text{ m.} = 9167.44 \text{ m.}$$

$$c = 20 \text{ m.}$$

$$c^2 = 400 \text{ m}^2.$$

$$a = 4$$

$$-4ac = -4 \times 4 \times 400 = 6400$$

$$f = \frac{-9.167.44 \pm \sqrt{84,041,956.153} - 6.400}{2 \times 4}$$

$$f = \frac{-0.35}{8} = -0.04375 \text{ m.}$$

El valor $f = 0.04375 \text{ m.}$ es la ordenada media que corresponde a una curva de grado métrico, para facilidad en el levantamiento se divide la unidad "f" en 20 unidades, así a cada mitad le corresponde - - - - -

$$\frac{0.04375 \text{ m.}}{20} = 0.0021875 \text{ m.} = 2.1865 \text{ mm.}$$

que es la medición más apropiada para graduar la regla para la medición de flechas, cada unidad de ésta magnitud nos indicará 3' de curvatura en el sistema métrico decimal.

Algo más práctico y que también se puede adoptar es la cuerda de 9.58 m. de longitud; en este caso la unidad que nos marca el grado métrico es 1.0 cm.; con el uso de la cuerda de 9.58 m., resultan unidades demasiado pequeñas que no aumentan la precisión del método, es pues la unidad de 2.18 mm. la que se emplea para graduar la regla para la medición de las ordenadas medias o flechas de una curva y el doble, o sea 4.36 mm. para graduar el "escantillón" que nos sirve para la medición de los desplazamientos.

Figura No. 3

Levantamiento y cálculo de curvas.

Elementos:

- a).- Una cinta de acero graduada en metros
- b).- Un alambre de acero de 0.60 mm. de diámetro y una longitud de 20 m. con mangos de madera en sus extremos para sujetarlo (Figura No. 3)
- c).- Una regla graduada en unidades de 2.18 mm.
- d).- Una regla de madera graduada en unidades de 4.36 mm., con el origen de las escalas en el centro de la regla y graduación en los dos sentidos. (Figura No. 3).

Operaciones de Campo.-

Se subdividen en dos etapas:

La primera comprende la recopilación de datos o características de la curva original.

La segunda etapa consiste en llevar al campo los desplazamientos calculados en la máquina "Compensadora de curvas"

Trabajos de gabinete.- Entre las 2 etapas de campo previamente descritas existe una fase de gabinete consistente en el cálculo de los valores de los desplazamientos al riel de la curva original.

Tanto la medición de los valores de las flechas en la curva original - como la medición de las flechas corregidas, se hacen sobre el riel exterior de la curva.

Proceso de alineamiento de las curvas.-

Consta de los siguientes pasos:

- 1.- Se marcan puntos equidistantes, en una distancia de 10 m. sobre el patín de riel exterior de la curva, un poco antes del P.C. de la curva espiral y un poco después del P.T. de la espiral de salida; (no se comete error apreciable con la determinación ocular de estos puntos).
- 2.- Se mide, con la regla de flechas el valor de estas en cada uno de los puntos previamente marcados.
- 3.- Con el empleo de la máquina "Compensadora de Curvas" se uniforma el valor de las flechas de campo y se obtienen los valores de los desplazamientos. Se buscará un valor uniforme de la flecha a lo largo de la curva circular, valor que irá decreciendo hacia los extremos (hacia el P.C. y el P.T.), de tal forma de contar con un valor nulo en el principio de la espiral de entra

da y en el final de la espiral de salida.

Ejemplo de registro.

<u>ESTACION</u>	<u>FLECHA ORIGINAL</u>	<u>DESPLAZAMIENTO</u>	<u>FLECHA FINAL</u>
0	-3	-5	0
1	4	-9	0
2	-2	-5	4
3	28	+14	13
4	17	+7	24
5	24	+14	35
6	55	0	45
7	56	+6	50
8	35	+23	51
9	53	+9	51
10	56	+1	51
11	50	-2	52
12	62	-7	51
13	40	+9	51
14	53	+3	51
15	52	0	51
16	51	0	51

Figura No. 4.

- 4).- Obtenidas las correcciones (tercera columna) se procede a los desplazamientos físicos de la vía en campo, mediante el uso del medidor de desplazamientos marca MATISA o similar (Ripámetro MATISA). Se ancla éste en la sección de balasto, se hace coincidir la aguja en "cero", se tensa el hilo de conexión sujetándolo por un extremo al carrete del ripámetro y por el otro a una argolla o rondana que a su vez se fija al durmiente (el más próximo a la marca) por me-

dio de un clavo, con el personal (cuadrilla) o máquina alineadora, se procede a dar el desplazamiento calculado para ese punto; si el valor es positivo, el desplazamiento del riel será del centro a la periferia de la curva; si el signo del desplazamiento es negativo, se dará en sentido contrario, de la periferia al centro de la curva. Figura No. 6

Compensadora de curvas marca MATISA.-

Descripción:

Los ferrocarriles Franceses adoptaron la calculadora de curvas MATISA para usos generales desde 1946, hoy en día se sigue empleando en la mayoría de los Países de Europa en donde se ha desarrollado el transporte por riel; por medio de este elemento es posible elaborar un diagrama de flechas en la forma usual, ajustando las medidas a escala completa a intervalos de 10 o 20 m. y obteniendo un cálculo rápido del valor de la nueva flecha (V) para las estaciones o puntos de una curva y el ajuste (S) que debe sumarse o sustraerse de la flecha original (v), para efectuar el ajuste de la curva.

La compensadora MATISA es por tanto una máquina calculadora, que mediante la operación mecánica de un experto proporciona el diagrama Estaciones-Flechas, mediante la aplicación del principio de cuerdas y flechas que ya se expuso ampliamente.

La máquina mide aproximadamente 40 x 40 cms. x 8 cms., pesa solamente 6 Kgs. y se puede transportar al sitio de trabajo mediante su estuche; está construida totalmente de metal, bien acabada, precisa y fuerte; su funcionamiento económica por su bajo costo adquisitivo en relación con su utilidad.

En su tablero se puede registrar un diagrama de 32 flechas por medio de -

sus marcadores, cada uno de los cuales se puede mover con exactitud extrema sobre una escala graduada de 25 cms. de largo. Los marcadores se mueven por medio de una manija o un tornillo de presión, ya sea individualmente, cuando se anote el diagrama de flechas, para ser ajustados o acoplados mecánicamente a grupos de 3, cuando se está trabajando en un nuevo alineamiento.

Unas bandas de metal permiten dar a cada marcador un número correspondiente a cada cuerda en el riel y los contadores situados a un lado del marcador indican el valor de la corrección o desplazamiento para efectuar el realineamiento. Se dispone de una manija para colocar los contadores en cero.

Figura No. 5 y fotografía No. 1.

En la actualidad se dispone de equipos mecanizados de características sobresalientes que a la vez que levantan el registro de flechas de campo, puede aplicar los valores de corrección calculados, previa intervención de un técnico en alineación, para la determinación del valor de la flecha a lo largo de la curva circular e íntimamente relacionado con las curvas espirales de transición, para no afectar la longitud de éstas que como se explica en el capítulo de alineamiento horizontal (De las Especificaciones geométricas) está dada por otros criterios: velocidad de operación y sobre-elevación.

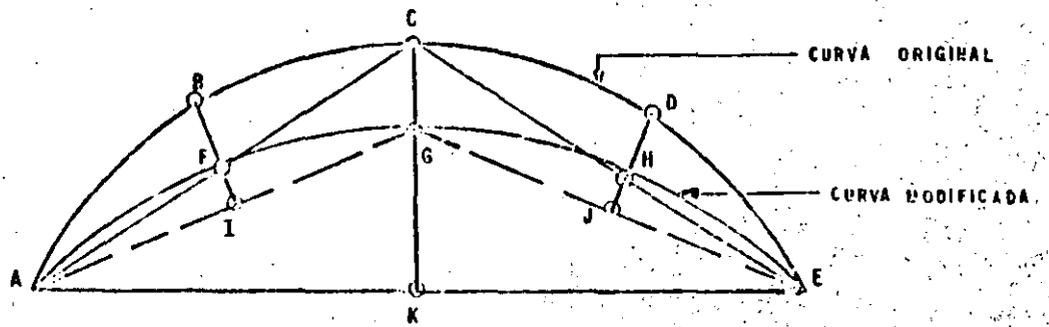


FIGURA No. 1

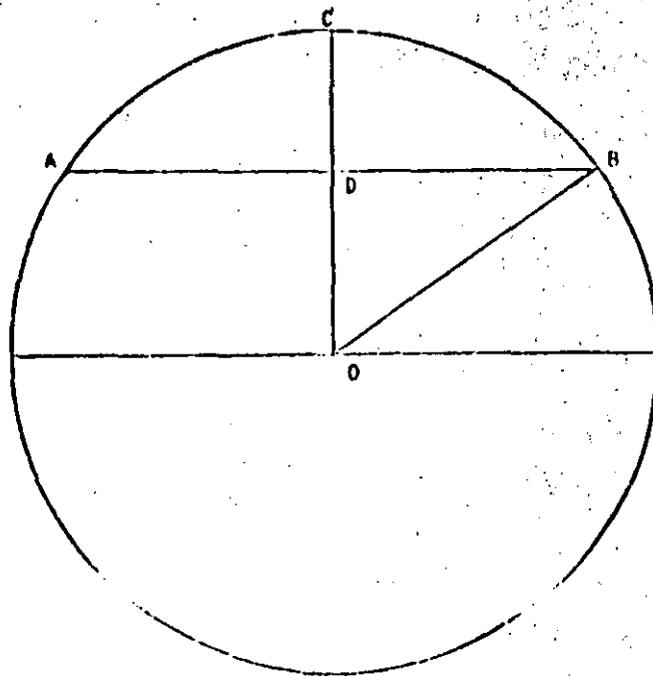
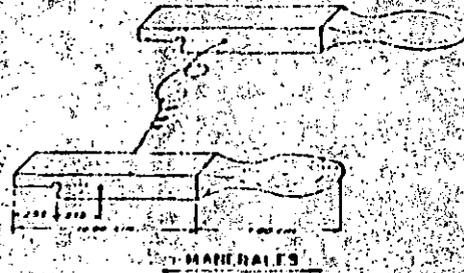
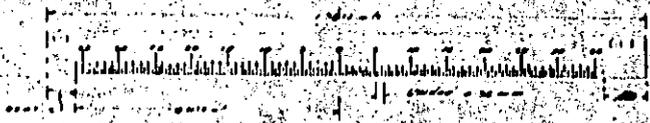


FIGURA No. 2



REGLA GRADUADA PARA ORDENADAS



REGLA GRADUADA PARA PESAJOS METROS

Fig. Nº 3

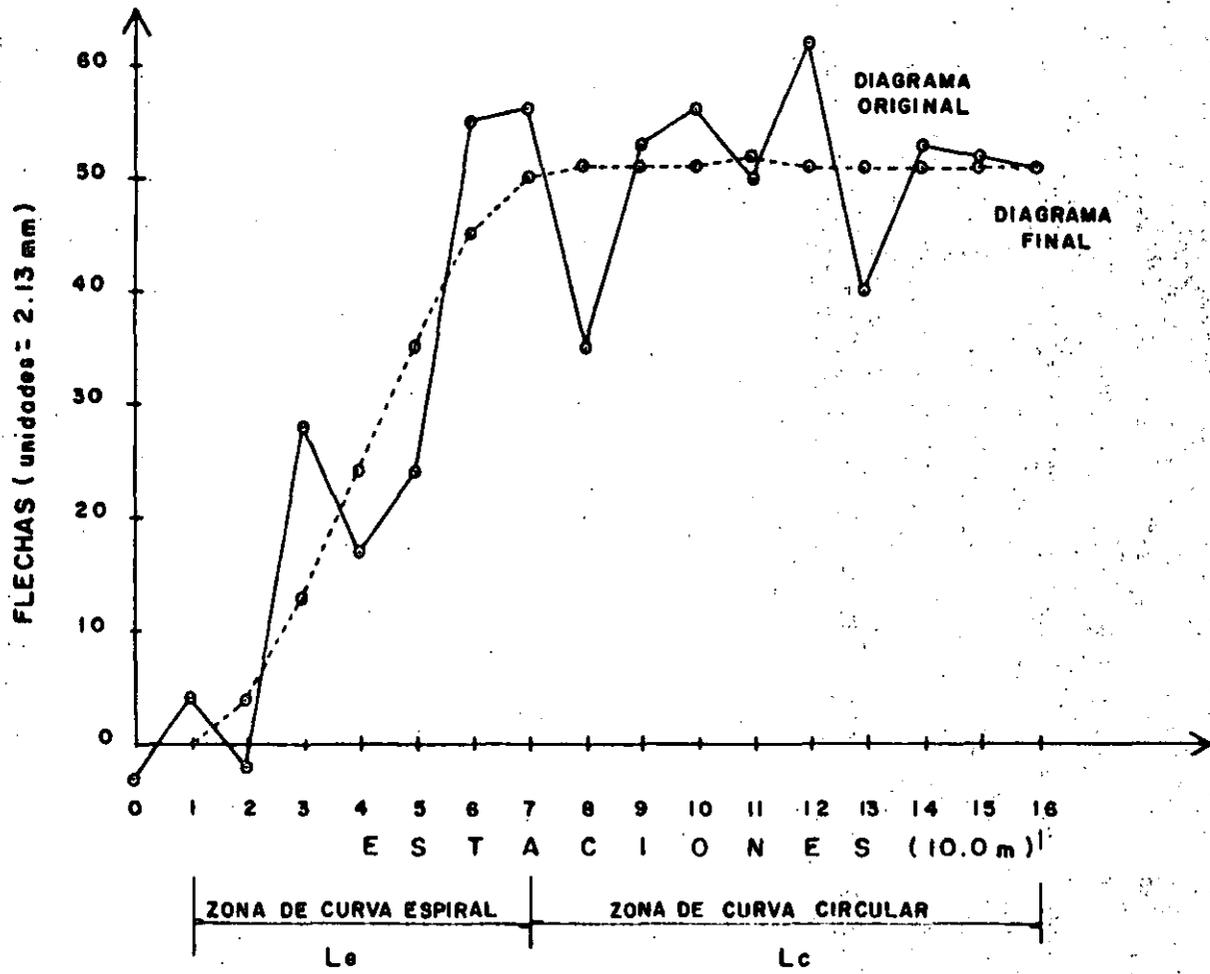
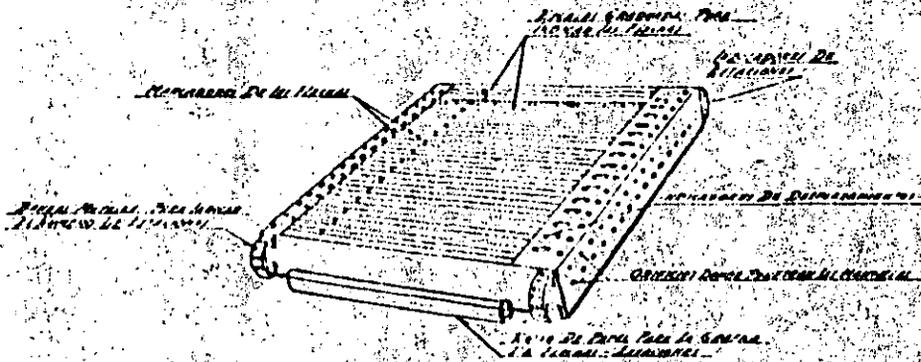


Figura no. 4

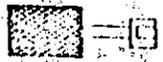
FIGURA No. 5



MAQUINA CALCULADORA (MARCA MITJA)



CILINDRO PARA EL MOVIMIENTO DE LA MAQUINA



CILINDRO PARA EL MOVIMIENTO DE UN INDICADOR



INDICADOR PARA EL MOVIMIENTO DE LOS INDICADORES

MANUAL PARA EL MANEJO DE LA MAQUINA

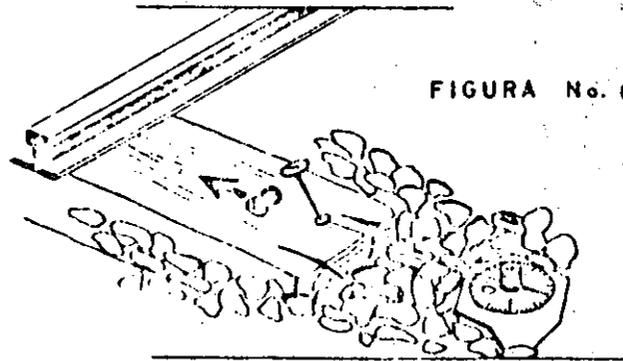


FIGURA No. 6

RIPAMETRO MATISA.

2.2. ALINEAMIENTO HORIZONTAL.

1.- ALINEAMIENTO HORIZONTAL

1.1.- ESPIRALES DE TRANSICION

A la fecha se han puesto en práctica diversos criterios de transiciones entre las trayectorias rectas y curvas de un trazo para vías de ferrocarril, entre ellos se pueden citar como sobresalientes:

a) La transición formada por segmentos de arcos circulares de radio variable, desde infinito hasta un valor del radio igual al de la curva circular.

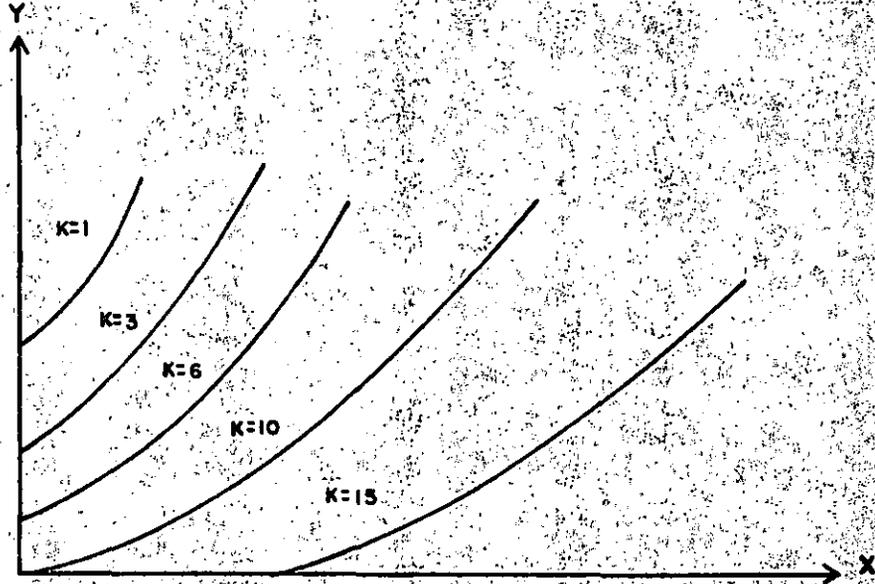
b) La transición por medio de una curva cuya curvatura varía proporcionalmente con la longitud de su desarrollo; entre estas curvas de transición pueden mencionarse la Espiral de Cornú o Clotoide, el Ovalo, la Lemniscata de Bernoulli y la Parábola Cúbica; en nuestro caso se empleará la Espiral de Cornú o Clotoide.

1.2.- LA FORMULA DE LA CLOTOIDE

Para cada uno de los puntos de la Clotoide, el producto del radio (R) y de su longitud desde el origen hasta un punto "N", es igual a una constante (K).

La magnitud "K", llamada parámetro de la curva, es siempre constante para una misma Clotoide.

Todas las Clotoides tienen la misma forma pero difieren entre sí por su tamaño.



Quando se aumenta o reduce una curva Clotoide, todas sus medidas lineales cambian en la misma proporción en que se aumenta o reduce su parámetro, quedando los elementos que determinan su forma (ángulo y proporciones) sin cambio alguno.

La Clotoide cuyo parámetro es la unidad se le llama Clotoide Unitaria, de ella se pueden derivar los elementos de cualquier otra Clotoide por simple multiplicación de sus elementos unitarios.

Las Clotoides de parámetro grande aumentan lentamente su curvatura y por consiguiente son aptas para la marcha rápida de los convoyes ferroviarios; este tipo de Clotoide se aplicará para el proyecto del alineamiento horizontal de la Troncal Chontalpa-Dos Bocas.

1.3. ECUACIONES DE LA CLOTOIDE.

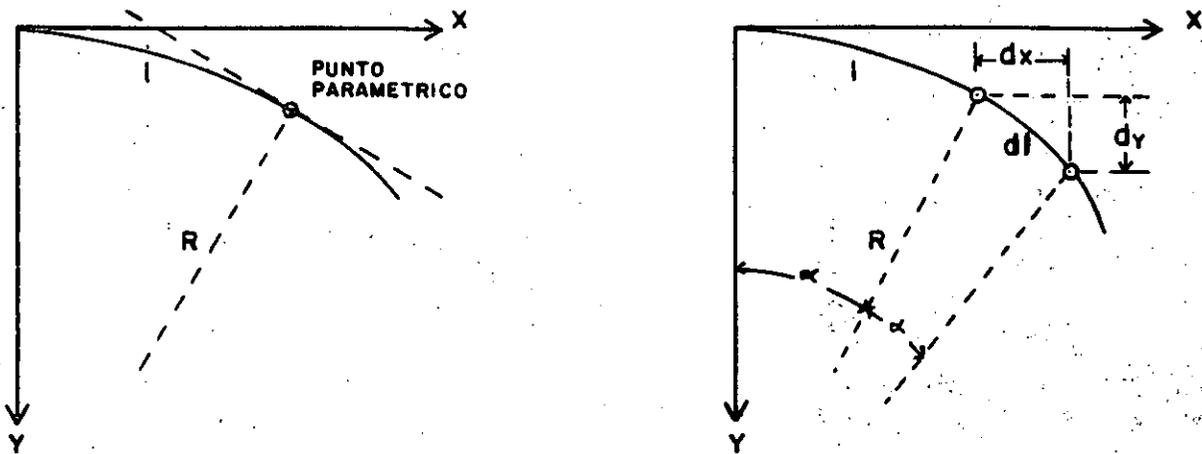
Por definición, la Clotoide es una curva tal que los radios de curvatura en cualquiera de sus puntos están en razón inversa a los desarrollos de sus respectivos arcos.

Conocido el radio de curvatura en el extremo de la Clotoide, ésta puede identificarse de dos maneras:

- a) por su longitud.
- b) por su parámetro.

Ambos sistemas de identificación o designación se consideran normales pudiéndolos usar indistintamente.

En las siguientes gráficas, llamando "l" a la longitud del arco y "R" al radio de curvatura en el extremo del arco, la ley de curvatura de la Clotoide queda expresada por la relación $R \cdot l = K^2$



Siendo "K", como ya se ha dicho, un parámetro que permite obtener, por su variación, todas las variedades de Clotoides.

Para deducir el valor del parámetro, se hace $R = l$, se obtiene

$$R^2 = K^2 \text{ ó } R = K$$

Es decir que el parámetro de la Clotoide es igual a su radio

de curvatura en un punto, punto paramétrico, para el cual el radio de curvatura y el desarrollo del arco desde el origen hasta él, son iguales entre sí.

La ecuación $R \cdot l = K^2$, permite determinar a K , conociendo la longitud l de un arco de Clotoide y del radio de curvatura en su extremidad.

También es posible calcular el parámetro cuando se conocen: la longitud del arco y el ángulo " α " que forman entre sí las tangentes en los extremos de dicho arco (gráfica anterior). Entonces se tiene:

$$dl = R \cdot d\alpha$$

$$\frac{d\alpha}{dl} = \frac{1}{R} = \frac{1}{K^2}$$

De donde:

$$d\alpha = \frac{l \cdot dl}{K^2}$$

Integrando:

$$\alpha = \frac{l^2}{2 K^2}$$

de donde finalmente:

$$K^2 = \frac{l^2}{2\alpha} \quad (\alpha \text{ en radianes})$$

De la gráfica anterior puede observarse que:

$$dx = dl \cdot \cos \alpha$$

$$dy = dl \cdot \sin \alpha$$

e integrando:

$$\begin{aligned}x &= \int dl \cdot \cos \alpha \\y &= \int dl \cdot \sin \alpha\end{aligned}$$

Tomando como origen de coordenadas el punto $l = 0$, estas ecuaciones toman la forma de:

$$\begin{aligned}x &= \int_0^l dl \cdot \cos \alpha \\y &= \int_0^l dl \cdot \sin \alpha\end{aligned}$$

y siendo:

$$\alpha = \frac{l^2}{2K^2}$$

al sustituir:

$$\begin{aligned}x &= \int_0^l \cos \frac{l^2}{2K^2} \cdot dl \\y &= \int_0^l \sin \frac{l^2}{2K^2} \cdot dl\end{aligned}$$

Estas ecuaciones vienen a ser las ecuaciones paramétricas de La Clotoide, referidas a la tangente y a su eje perpendicular en el punto de inflexión.

Desarrollando en serie coseno y seno e integrado entre los límites indicados se obtiene:

$$A \left\{ \begin{aligned}X &= l \left(1 - \frac{\alpha^2}{5 \cdot 2!} + \frac{\alpha^4}{9 \cdot 4!} - \frac{\alpha^6}{13 \cdot 6!} + \dots \right) \\Y &= l \left(\frac{\alpha}{3} - \frac{\alpha^3}{7 \cdot 3!} + \frac{\alpha^5}{11 \cdot 5!} - \frac{\alpha^7}{15 \cdot 7!} + \dots \right)\end{aligned} \right.$$

y sustituyendo 1 por $K\sqrt{2\alpha}$, quedan

$$B \left\{ \begin{array}{l} X = K \left[\sqrt{2\alpha} \left(1 - \frac{\alpha^2}{5 \cdot 2!} - \frac{\alpha^4}{9 \cdot 4!} \dots \right) \right] \\ Y = K \left[\sqrt{2\alpha} \left(\frac{\alpha}{3} - \frac{\alpha^3}{7 \cdot 3!} - \frac{\alpha^5}{11 \cdot 5!} \dots \right) \right] \end{array} \right.$$

El par de ecuaciones A constituyen las ecuaciones de la Clotoide definida por su longitud; el par B corresponde a las ecuaciones de la Clotoide definida por su parámetro.

1.4.- ELEMENTOS DE LA CLOTOIDE

En una Clotoide (espiral o curva de transición), se distinguen los elementos que describe la gráfica de la hoja siguiente.

- P.I. Punto de intersección de las tangentes.
- P.C. Punto donde se inicia la espiral.
- P.C.C. Punto donde termina la espiral y se inicia la curva circular o viceversa.
- P.T. Punto donde termina espiral y se inicia la tangente.
- Δ Angulo de deflexión entre las tangentes a la curva circular, en los P.C.C.
- \int Angulos de deflexión entre las tangentes al P.C. y al P.C.C. en los extremos de la espiral.
- ϵ Suma de los $\Delta + \int$
- R. Radio de la curva circular.
- D Radio de la curva espiral, en cualquiera de sus puntos. $=R+d$.
- l_e Longitud de la curva espiral.
- l_c Longitud de la curva circular.
- l Longitud de la espiral del P.C. a un punto de la misma.
- S.T. Tangente a la curva circular.
- T.S.T. Tangente + Sub-tangente, distancia de P.C. a P.I. o de P.I. a P.T.
- X, Y Coordenadas del P.C.C. (punto terminal de la espiral e inicial de la curva circular).

- d, T Coordenadas del punto "B", de la curva circular.
- Punto "A"- Punto de intersección de las tangentes en el P.C. y el P.C.C.
- T.L. Tangente larga, distancia del P.C. al Punto "A" .
- T.C. Tangente corta, distancia del Punto "A" al P.C.C.
- C Cuerda de la espiral.
- α Angulo de deflexión de un punto de la espiral, desde el P.C.
- α_n Angulo formado entre la tangente larga (T.L.) y la cuerda de la espiral (C).
- θ Angulo de deflexión de un punto de la espiral, desde el P.C.C.
- θ_n Angulo formado entre la tangente corta (T.C.) y la cuerda de la espiral (C).

1.5.- FUNCIONES DE LA CURVA ESPIRAL DE TRANSICION

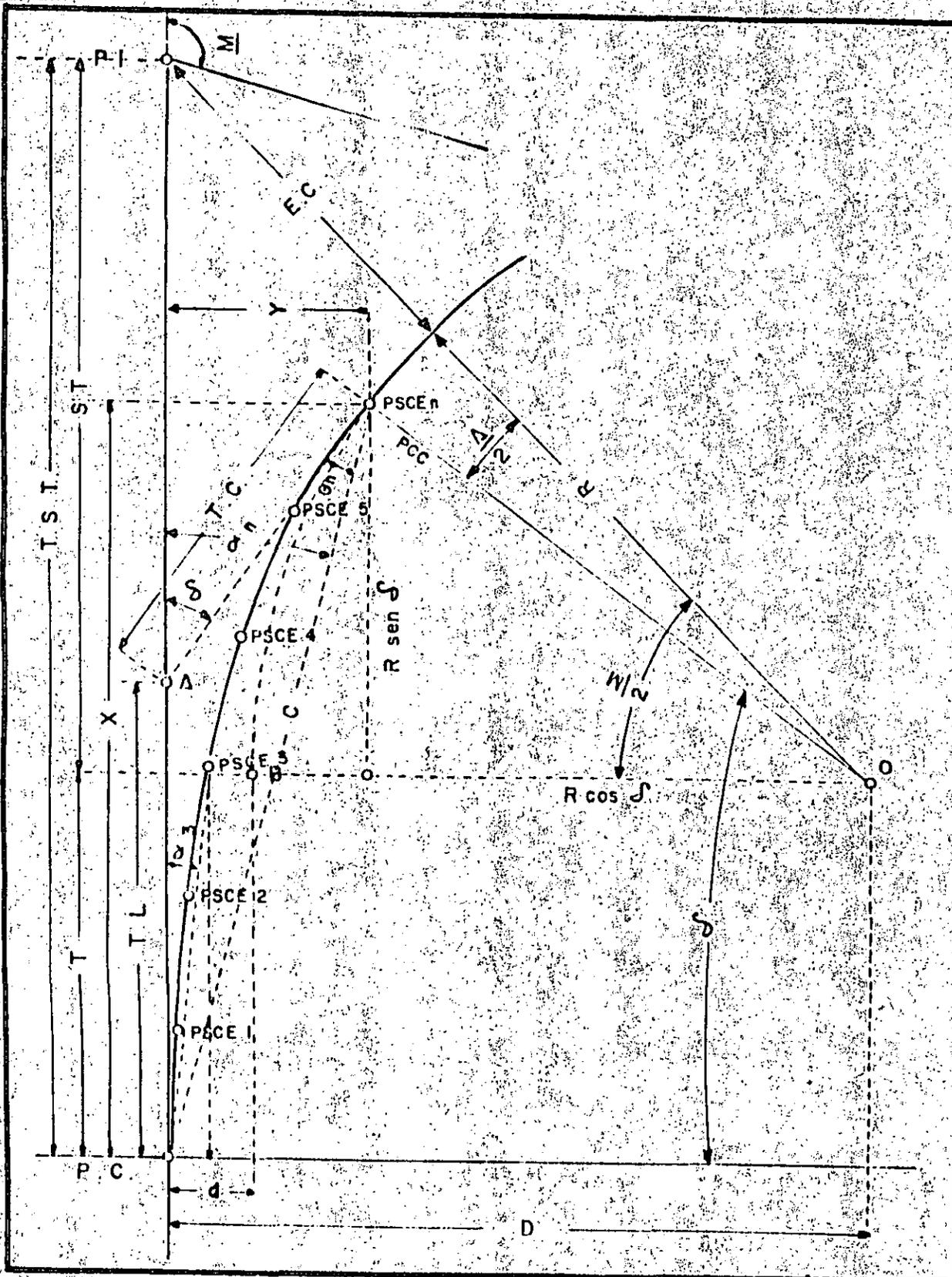
a) Proporcionar un cambio gradual de dirección entre las trayectorias recta y curva o viceversa, de un trazo para vía férrea.

b) Proporcionar un cambio gradual de elevación de los rieles (a nivel en el principio de curva espiral y sobre-elevación máxima en el principio de la curva circular (P.C.C.).

c) Facilitar el aumento del escantillón, (distancia interior entre hongos de riel) de un tramo en tangente hacia un tramo en curva o viceversa.

1.6.- TABLA DE ELEMENTOS DE CURVAS ESPIRALES DE TRANSICION, CLOTOIDES, PARA EL DISEÑO DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DE LA TRONCAL CHONTALPA-DOS BOCAS.

(HOJAS SIGUIENTES).



ELEMENTOS DE LA CURVA CLOTOIDE

ELEMENTOS DE LA ESPIRAL Y VALORES DE SOBRE-ELEVACION.

GRADO DE CURVATURA	VEL	30	35	40	45	50	55	60	65	70
0 15 0	LONG(m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	DLTA	0 3 45	0 3 45	0 3 45	0 3 45	0 3 45	0 3 45	0 3 45	0 3 45	0 3 45
4583.662	VRCN	0 15 0	0 15 0	0 15 0	0 15 0	0 15 0	0 15 0	0 15 0	0 15 0	0 15 0
20.000	SBRE(cm)	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.9	1.0	1.2
0 30 0	LONG(m)	10	10	10	10	10	10	10	20	20
	DLTA	0 7 30	0 7 30	0 7 30	0 7 30	0 7 30	0 7 30	0 7 30	0 15 0	0 15 0
2291.831	VRCN	0 30 0	0 30 0	0 30 0	0 30 0	0 30 0	0 30 0	0 30 0	0 15 0	0 15 0
20.000	SBRE(cms)	.4	.6	.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
0 45 0	LONG(m)	10	10	10	10	10	20	20	20	30
	DLTA	0 11 15	0 11 15	0 11 15	0 11 15	0 11 15	0 22 30	0 22 30	0 22 30	0 33 45
1527.887	VRCN	0 45 0	0 45 0	0 45 0	0 45 0	0 45 0	0 22 30	0 22 30	0 22 30	0 15 0
20.000	SBRE(cms)	.7	.9	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.1	3.6
1 0 0	LONG(m)	10	10	10	10	20	20	20	30	40
	DLTA	0 15 0	0 15 0	0 15 0	0 15 0	0 30 0	0 30 0	0 30 0	0 45 0	1 0 0
1145.916	VRCN	1 0 0	1 0 0	1 0 0	1 0 0	0 30 0	0 30 0	0 30 0	0 20 0	0 15 0
20.000	SBRE(cm)	.9	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.2	4.8
1 15 0	LONG(m)	10	10	10	20	20	20	30	40	40
	DLTA	0 18 45	0 18 45	0 18 45	0 37 30	0 37 30	0 37 30	0 56 15	1 15 0	1 15 0
916.732	VRCN	1 15 0	1 15 0	1 15 0	0 37 30	0 37 30	0 37 30	0 25 0	0 18 45	0 18 45
20.000	SBRE(cm)	1.1	1.5	2.0	2.5	3.1	3.7	4.4	5.2	6.0
1 30 0	LONG(m)	10	10	10	20	20	30	30	40	50
	DLTA	0 22 30	0 22 30	0 22 30	0 45 0	0 45 0	1 7 30	1 7 30	1 30 0	1 52 30
763.944	VRCN	1 30 0	1 30 0	1 30 0	0 45 0	0 45 0	0 30 0	0 30 0	0 22 30	0 18 0
19.999	SBRE(cm)	1.3	1.8	2.4	3.0	3.7	4.5	5.3	6.2	7.2

		30	35	40	45	50	55	60	65	70
2 0 0	* LONG(m)	10	10	20	20	30	40	40	60	70
	* DLTA	0 30 0	0 30 0	1 0 0	1 0 0	1 30 0	2 0 0	2 0 0	3 0 0	3 30 0
572.958	* VRCN	2 0 0	2 0 0	1 0 0	1 0 0	0 40 0	0 30 0	0 30 0	0 20 0	0 17 9
19.999	* SBRE(cm)	1.8	2.4	3.2	4.0	4.9	6.0	7.1	8.3	9.6
	*									
2 30 0	* LONG(m)	10	10	20	30	30	40	50	70	80
	* DLTA	0 37 30	0 37 30	1 15 0	1 52 30	1 52 30	2 30 0	3 7 30	4 22 30	5 0 0
458.366	* VRCN	2 30 0	2 30 0	1 15 0	0 50 0	0 50 0	0 37 30	0 30 0	0 21 26	0 18 45
19.998	* SBRE(cm)	2.2	3.0	3.9	5.0	6.2	7.4	8.9	10.4	12.1
	*									
3 0 0	* LONG(m)	10	20	20	30	40	50	60	80	100
	* DLTA	0 45 0	1 30 0	1 30 0	2 15 0	3 0 0	3 45 0	4 30 0	6 0 0	7 30 0
351.972	* VRCN	3 0 0	1 30 0	1 30 0	1 0 0	0 45 0	0 36 0	0 30 0	0 22 30	0 18 0
19.998	* SBRE(cm)	2.7	3.6	4.7	6.0	7.4	8.9	10.6	12.5	14.5
	*									
3 30 0	* LONG(m)	10	20	30	30	40	60	70	90	110
	* DLTA	0 52 30	1 45 0	2 37 30	2 37 30	3 30 0	5 15 0	6 7 30	7 52 30	9 37 30
327.404	* VRCN	3 30 0	1 45 0	1 10 0	1 10 0	0 52 30	0 35 0	0 30 0	0 23 20	0 19 5
19.997	* SBRE(cm)	3.1	4.2	5.5	7.0	8.6	10.4	12.4	14.6	16.9
	*									
4 0 0	* LONG(m)	10	20	30	40	50	70	80	110	
	* DLTA	1 0 0	2 0 0	3 0 0	4 0 0	5 0 0	7 0 0	8 0 0	11 0 0	
226.479	* VRCN	4 0 0	2 0 0	1 20 0	1 0 0	0 48 0	0 34 17	0 30 0	0 21 49	
19.996	* SBRE(cm)	3.5	4.8	6.3	8.0	9.8	11.9	14.2	16.6	

		30	35	40	45	50	55	60	65	
4	30 0	* LONG(m)	20	20	30	40	60	70	90	120
		* DLTA	2 15 0	2 15 0	3 22 30	4 30 0	6 45 0	7 52 30	10 7 30	13 30 0
254.648		* VRCN	2 15 0	2 15 0	1 30 0	1 7 30	0 45 0	0 38 34	0 30 0	0 22 30
19.995		* SBRE(cm)	4.0	5.4	7.1	9.0	11.1	13.4	15.9	18.7
		*								
5	0 0	* LONG(m)	20	20	30	50	60	80	100	
		* DLTA	2 30 0	2 30 0	3 45 0	6 15 0	7 30 0	10 0 0	12 30 0	
229.183		* VRCN	2 30 0	2 30 0	1 40 0	1 0 0	0 50 0	0 37 30	0 30 0	
19.994		* SBRE(cm)	4.4	6.0	7.9	10.0	12.3	14.9	17.7	
		*								
6	0 0	* LONG(m)	20	30	40	50	70	100		
		* DLTA	3 0 0	4 30 0	6 0 0	7 30 0	10 30 0	15 0 0		
190.986		* VRCN	3 0 0	2 0 0	1 30 0	1 12 0	0 51 20	0 36 0		
19.991		* SBRE(cm)	5.3	7.2	9.5	12.0	14.8	17.9		
		*								
7	0 0	* LONG(m)	20	30	50	60	80			
		* DLTA	3 30 0	5 15 0	8 45 0	10 30 0	14 0 0			
163.702		* VRCN	3 30 0	2 20 0	1 24 0	1 10 0	0 52 30			
19.988		* SBRE(cm)	6.2	8.4	11.0	14.0	17.2			
		*								
8	0 0	* LONG(m)	20	40	50	70				
		* DLTA	4 0 0	8 0 0	10 0 0	14 0 0				
143.239		* VRCN	4 0 0	2 0 0	1 36 0	1 8 34				
19.984		* SBRE(cm)	7.1	9.6	12.0	15.9				
		*								
		*								

GRADO DE CURVATURA	RADIO CUERDA	VEL KM/H	75	80	85	90	95	100	105	110	115
0 15 0	* LONG(m)		10	20	20	20	20	30	30	40	40
	* DLTA		0 3 45	0 7 30	0 7 30	0 7 30	0 7 30	0 11 15	0 11 15	0 15 0	0 15 0
4583.662	* VRCN		0 15 0	0 7 30	0 7 30	0 7 30	0 7 30	0 5 0	0 5 0	0 3 45	0 3 45
20.000	* SBRE(cm)		1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.3
0 30 0	* LONG(m)		20	30	30	40	40	50	60	70	70
	* DLTA		0 15 0	0 22 30	0 22 30	0 30 0	0 30 0	0 37 30	0 45 0	0 52 30	0 52 30
2291.831	* VRCN		0 15 0	0 10 0	0 10 0	0 7 30	0 7 30	0 6 0	0 5 0	0 4 17	0 4 17
20.000	* SBRE (cm)		2.8	3.2	3.6	4.0	4.4	4.9	5.4	6.0	6.5
0 45 0	* LONG(m)		30	40	50	50	60	70	80	100	110
	* DLTA		0 33 45	0 45 0	0 56 15	0 56 15	1 7 30	1 18 45	1 30 0	1 52 30	2 3 45
1527.887	* VRCN		0 15 0	0 11 15	0 9 0	0 9 0	0 7 30	0 6 26	0 5 37	0 4 30	0 4 5
20.000	* SBRE(cm)		4.2	4.7	5.3	6.0	6.7	7.4	8.1	8.9	9.8
1 0 0	* LONG(m)		40	50	60	70	80	100	110	130	140
	* DLTA		1 0 0	1 15 0	1 30 0	1 45 0	2 0 0	2 30 0	2 45 0	3 15 0	3 30 0
1145.916	* VRCN		0 15 0	0 12 0	0 10 0	0 8 34	0 7 30	0 6 0	0 5 27	0 4 37	0 4 17
20.000	* SBRE(cm)		5.5	6.3	7.1	8.0	8.9	9.8	10.9	11.9	13.0
1 15 0	* LONG(m)		50	60	70	90	100	120	140	160	180
	* DLTA		1 33 45	1 52 30	2 11 15	2 48 45	3 7 30	3 45 0	4 22 30	5 0 0	5 37 30
916.732	* VRCN		0 15 0	0 12 30	0 10 43	0 8 20	0 7 30	0 6 15	0 5 21	0 4 41	0 4 10
20.000	* SBRE(cm)		6.9	7.9	8.9	10.0	11.1	12.3	13.6	14.9	16.3
1 30 0	* LONG(m)		60	80	90	100	120	140	160	190	
	* DLTA		2 15 0	3 0 0	3 22 30	3 45 0	4 30 0	5 15 0	6 0 0	7 7 30	
763.944	* VRCN		0 15 0	0 11 15	0 10 0	0 9 0	0 7 30	0 6 26	0 5 37	0 4 44	
19.999	* SBRE(cm)		8.3	9.5	10.7	0	13.3	14.8	16.3	17.9	

		75	80	85	90	95
2 0 0	* LONG(m)	80	100	120	140	160
	* DLTA	4 0 0	5 0 0	6 0 0	7 0 0	8 0 0
572.958	* VRCN	0 15 0	0 12 0	0 10 0	0 8 34	0 7 30
19.999	* SBRE(cm)	11.1	12.6	14.2	15.9	17.8
	*					
2 30 0	* LONG(m)	100	120	140		
	* DLTA	6 15 0	7 30 0	8 45 0		
458.366	* VRCN	0 15 0	0 12 30	0 10 43		
19.998	* SBRE	13.8	15.8	17.8		
	*					
3 0 0	* LONG(m)	120	150			
	* DLTA	9 0 0	11 15 0			
381.972	* VRCN	0 15 0	0 12 0			
19.998	* SBRE(cm)	16.6	18.9			

**2.3. CRITERIOS DE MEDICION CON EL EQUIPO DE
MULTICALZADORA.**

GEOMETRIA DE LA VIA.-
CURVATURA SIMPLE Y COMPUESTA.-
CRITERIOS DE MEDICION CON EL EQUIPO DE MULTICALZADORA.-

Este capítulo describe la geometría o configuración de la curva para el trazo ferroviario y el sistema de medición de "3 puntos".

CURVA SIMPLE (SIN ESPIRAL).-

La curva más elemental es la curva simple, de radio constante entre el principio y fin de la misma, sin curva de transición entre la tangente y la curva simple. Los parámetros requeridos para este tipo de curva es el grado de curvatura y la longitud. Cabe mencionar que este tipo de curva no es de uso común en los trazos de las vías principales; su empleo se limita a las vías secundarias, como pueden ser laderos y patios, en donde las velocidades de operación de trenes y/o locomotoras es reducido y por lo tanto, no se requiere sobreelevación y consecuentemente, tampoco espirales de transición.

Para nuestra curva hipotética, supongamos que se trata de una trayectoria perfecta: grado y radio constante a todo lo largo de la misma, consideremos la curva de la Figura A-1.

La gráfica muestra una sección de curva con tramos en tangente, a la entrada y salida de la curva, carece de espirales, tanto de entrada como de salida.

El "riel de línea" o "riel alto" se localiza en la parte exterior de la curva, será el riel al que, en lo futuro nos refiramos para nuestras labores de alineación, por el contrario, el "riel de escantillón" o "riel bajo", poco o nada lo tomaremos en cuenta para las acciones de medición o alineación de la vía; la gráfica describe una curva derecha, considerando el sentido del cadenamiento, es aquella cuyo centro se aloja al lado derecho.

Los aditamentos usados para la medición y alineación de una vía en curva se refieren a sistemas que presionan y se desplazan a lo largo del "riel de línea" o riel exterior de la curva. En los siguientes diagramas, por lo tanto sólo se dibujará el riel exterior, al que hemos hecho mención.

En la Fig. A-2 se dibuja la misma curva pero mostrando los puntos de cadenamiento para estaciones de 31 pies (9.394 m.), la razón del uso de ésta dimensión se verá más adelante; aún tratándose de una gráfica fuera de escala, podemos apreciar que algunas estaciones se alojan en tangente, mientras que otras lo están dentro de la curva simple (curva circular). Hemos "cadeneado" esta curva de tal forma de hacer coincidir las marcas extremas de la cuerda con los puntos claves de la curva circular, esto es con el PC (principio de curvas) y con el PT (principio de tangente), lo que en la práctica común difícilmente se logra.

MEDICION DE UNA CURVA CON EL EMPLEO DE UNA CUERDA DE 1 PIE (0.305 m) DE LONGITUD. -

De entrada supongamos que se nos obliga al marcado de una vía en curva con una cuerda de un pie de longitud, para el logro de una mayor precisión en la medición, aunque este criterio no es práctico nos permitirá explorar los problemas que se presentan con los sistemas de medición de curvas con métodos actualmente en uso. La Fig. A-3 muestra la gráfica resultante del "cadeneo" con una cuerda de corta longitud, (1 pie). La gráfica ESTACIONES-FLECHAS tiene la configuración de un rectángulo regular debido al hecho geométrico y matemático de la coincidencia de los cadenamientos y del principio y fin de la curva circular: Los cadenamientos 5 y 11, al coincidir con el PT y el PC, en una curva perfectamente trazada, arrojan un valor cero de la flecha, mientras que a lo largo de la curva

circular se tiene un valor constante de la flecha, en este caso de 4" (10 cms); el cambio del valor de la flecha es instantáneo al llegar al PC y al PT, debido a la ausencia de **CURVA ESPIRAL** o **CURVA DE TRANSICION**, entre las tangentes de entrada y de salida.

El primer problema estriba en que el método de medición, con una cuerda o aditamento de un pie de longitud, no es práctico; el segundo problema de campo es que no es fácil la localización exacta de los principios y finales de las curvas y aún lográndolo, será problemático hacer coincidir los cadenamientos con los anteriores puntos clave de la curva.

MEDICION DE CURVAS (VIAS) CON EL USO DE UNA CUERDA DE 62 PIES DE LONGITUD.-

En la práctica común de medición y alineación de vías de F.C. Se emplean métodos que comprenden mayor longitud de cuerda, uno de uso corriente en los Estados Unidos de N.A, son la cuerda o los accesorios con longitudes de 62 pies (18.788m).

La pregunta inmediata surge: ¿Por qué 62 pies?, porque el valor de la flecha u ordenada, que matemáticamente resulta, correlaciona valor de grado de curvatura con "valores cerrados" de la flecha, por ejemplo, la curva graficada en la Fig.A-4, con un valor de, la flecha de 7 pulgadas, corresponde a un grado de curvatura de 7 G(Sistema Inglés).

Tratemos de iniciar la medición de una curva con el empleo de ésta cuerda o aditamento de 62 pies, habiéndolo previamente localizado los puntos inicial (PC) y final (PT) de la curva circular (curva simple), sin espirales de entrada y salida (Fig.A-5).- Procuremos que el centro de la cuerda, a 31 pies de los extremos coincida con el PT de la curva en la estación 5 y a partir de allí, marquemos las estaciones 4,3,2, y 1, en la tangente de entrada; los extremos de la cuerda, en esta

posición caerán, el primero (estación 4) en la tangente, mientras que el segundo (estación 6) dentro de la curva circular; si en esta posición medimos el valor de la flecha en el PT (estación 5), encontraremos que tiene el valor de 2" (5.0 cms). (Fig.A-5), continuemos la medición a lo largo de la vía en curva, incluyendo un tramo de la tangente de salida; los resultados de las mediciones de las flechas en las estaciones 7, 9, 11 y 13 producirá la gráfica de la Fig. A-5.

De la observación de esta gráfica podemos detectar que en los puntos de inicio y final de la curva circular simple tenemos valores de la flecha del orden de las 2", lo que equivale a concluir que tal diagrama **ESTACIONES-FLECHAS** corresponde a una **CURVA COMPUESTA** (curva circular con espirales de entrada y salida), lo cual no es real porque hemos sentado la hipótesis de una curva circular simple; la aparente falacia la atribuimos a la longitud de la cuerda y a su colocación simétrica o asimétrica en relación con los puntos clave de la curva simple. Los puntos sobre la gráfica cuerdas-flechas corresponden a los cadenamientos en donde se ha medido el valor de la flecha, es decir al punto central de la cuerda o aditamento de medición; otro aspecto a notar es que el valor de la flecha en los puntos PC y PT es el 50% del valor de la flecha de la curva circular, lo cual obedece a la simetría de los extremos de la cuerda, en relación con el PC y el PT (estaciones 5 y 11 de la gráfica). Por otra parte si en la posición 4-6 de la cuerda de medición (de 62" de longitud), midiéramos los valores de las flechas intermedias, digamos a distancias del orden de 6.2 pies y simétricamente a la estación 5, detectaríamos valores de la flecha decrecientes hacia la estación 4 y crecientes hacia la estación 5. Si con estos datos completáramos la gráfica **CUERDAS-FLECHAS** de la Fig. A5, veríamos que arrojan segmentos curvos inversos (S), contenidos dentro de la longitud de la cuerda de medición (62 pies) y simétricos al PC de la curva circular.

Si con el mismo criterio continuamos la medición, a la salida de la curva habremos completado la gráfica **CUERDA-FLECHAS** del conjunto: **TANGENTE-CURVA SIMPLE-TANGENTE**.

Finalmente observemos que la configuración de la gráfica parece corresponder a una **CURVA COMPUESTA**, es decir con espiral de entrada entre las estaciones 5 y 11 y espiral de salida entre las estaciones 11 y 12, lo que se opone a la realidad, por que hasta aquí solamente hemos tratado con alineamientos basados en curvatura simple y tangentes. La explicación de esta aparente incongruencia es la longitud y posición de la cuerda o aditamento de medición, en relación con los puntos clave de la geometría de la curva, en los procesos de medición y obtención de los valores de las flechas.

MEDICION Y GRAFICADO CON EL EMPLEO DE LAS MAQUINAS MULTICALZADORAS.-

Las multicalzadoras Tamper serie C, emplean el sistema de alineación denominado de "los 3 puntos"; la mayoría de los sistemas aludidos, además emplean el sistema de "3 puntos asimétricos: La distancia del **PROYECTOR** al **PIZARRON DE SOMBRAS**., generalmente es mucho mayor que la distancia entre el **PIZARRON DE SOMBRAS Y EL RECEPTOR O RECIBIDOR** (celdas fotoeléctricas). Esto se hace para mejorar la relación de corrección de la máquina.

Cuando se emplea este sistema para medir o graficar la curva, esto significa que no solamente contamos con un sistema de medición de longitud real si no que también graficará la curva en forma diferente a la entrada y salida; estos factores deberán tomarse en consideración por cualquier sistema de alineación. Para nuestro ejemplo anterior de curva circular, sin espirales, supongamos por simplicidad, que contamos con una multicalzadora (máquina) con las siguientes dimensiones:

- a) **DISTANCIA PROYECTOR-PIZARRON .- 80 PIES.**
- b) **DISTANCIA PIZARRON-RECIBIDOR.- 20 PIES.**

En nuestro sistema de medición anterior teníamos una distancia de 31 pies entre el extremo delantero de la cuerda y el punto medio, en donde medimos el valor de la flecha. Con el sistema de alineación de 3 puntos, en el caso de las máquinas Tamper, las mediciones de las flechas se toman en el punto que coincide con el eje del "pizarrón de sombras", en este caso a 80 pies del punto guía de la máquina (el proyector). La Fig. A-6 muestra la gráfica resultante, generada por la máquina y con el sistema de medición de 3 puntos asimétricos. Como se puede observar, aunque nuestra curva no contiene espirales, el largo sistema de medición produce la apariencia de una gráfica cuerdas-flechas con espirales de entrada y salida. Como en el caso anterior la porción redondeada de la gráfica corresponde, en longitud, a la distancia de medición de la máquina, en este caso de 100 pies (80+20), tanto a la entrada como a la salida, pero el principio de la porción curvada se inicia más adentro del tramo en tangente: entre las estaciones 2 y 3; de hecho, en el momento en que el proyector entra a la curva, en cuyo momento el pizarrón de sombras se encuentra a 80 pies antes del PC de la curva y termina cuando el pizarrón está a una distancia de 20 pies adelante de ese punto (PC).

Esta gráfica no es precisamente lo que suponíamos, en realidad parece que se trata de una curva compuesta (con espirales), la realidad es que seguimos tratando con una curva circular simple. Nótese también que el valor de la flecha en el principio de la curva (PC) no es la mitad del valor de la flecha de la curva, como en el anterior método de medición, con cuerda de 62 pies., simétrica; es del orden de las 3 pulgadas (7.5 cms).

Por otra parte también observese que la configuración de la gráfica cuerdas-flechas no guarda semejanza alguna entre el inicio y el final; existe asimetría.

En resumen, los sistemas de medición empleados por las máquinas alineadoras provocan que los principios de curva (PC) aparezcan antes de su posición real y grafiquen como si se tratará de una curva compuesta o denoten espirales de mayor longitud que la real.

LAS FUNCIONES DE LA CURVA ESPIRAL O CURVA DE TRANSICION.-

Se le denomina curva de transición por que en realidad determina transiciones en los siguientes parámetros:

a).- Trayectoria.- De la trayectoria de tangente a curva, a la entrada de la curva y viceversa, en la salida.

b).- De sobre-elevación.- Alojando la denominada "rampa de sobre-elevación", a partir de igual nivel de ambos rieles en la tangente, al desnivel máximo en el principio de la curva circular.

c).- De escantillón.- Partiendo del valor estándar en tangente y el ampliado en el principio de la curva circular.

Lo anterior produce 2 grandes beneficios:

1.- Anulación o disminución a valores tolerables, del valor de la fuerza centrífuga, provocada por el movimiento de los convoyes, en alineamientos curvos.

2.- Minimiza los desplazamientos laterales de los acopladores (elementos de unión entre carros y entre éstos y la locomotora), evitando el "fraccionado" o "corte" del tren.

¿QUE ES UNA CURVA ESPIRAL?.-

Una curva espiral o curva de transición, es en el más amplio sentido, cualquier trayectoria curva que permita cambios graduales, en varios aspectos, entre las trayectorias rectas y trayectorias curvas, en un trazo ferroviario o incluso entre 2 curvas de diferente grado.

En la práctica ferroviaria Estadounidense la mayoría de los trazos geométricos (planta) usan la espiral cúbica o parábola cúbica, llamada así debido a que las ordenadas medidas sobre la prolongación de la tangente varían con el cubo de la distancia medida a lo largo de la vía. Consideremos la espiral fuera de escala, mostrada en la Fig. A-7.

Se trata de una curva espiral de 250 pies de longitud para ligar la tangente con una curva de 5 grados; se ha exagerado la escala vertical para definir mejor la geometría de la espiral; al final de la espiral, en el PC el valor de la ordenada (y) es de 109 pulg, un poco mayor de 9 pies, pero a la mitad de la longitud de la espiral, a una distancia de 125 pies del PC la ordenada no es la mitad del valor máximo (109 pulg), será la mitad al cubo, a 25 pies del PC (principio de espiral) la ordenada será solamente $1/8"$, de tal forma que en la práctica resulta un tanto difícil localizar, "a ojo", el principio de la espiral o curva de transición. A medida que se adentra uno en la espiral, se incrementa el valor de la ordenada, tomando como eje "x", la continuación de la tangente. ¿Que ocurre con el grado de curvatura?, en nuestro ejemplo, tratándose de una curva simple de 5 grados (5G), a una distancia de 50 pies ($1/5$ de la longitud de la espiral), el grado de curvatura será 1° , a 100 pies será 2° y así sucesivamente hasta llegar al PCC con 5 grados; el grado de curvatura se incrementa linealmente con la longitud de la espiral.

El radio de curvatura también varía a lo largo de la espiral. En USA pocas veces se hace referencia al valor del radio, para definir la geometría de curvas, generalmente se habla del grado. Nótese que los valores del radio, en la espiral de la Fig. A-7, se obtienen de dividir el radio unitario (5730 pies), entre 2,3,4 y 5 grados de curvatura; en el PC de la curva, el grado es cero y el radio tiene un valor infinito, en cambio en el PCC el grado es 5 y el valor del radio es de 1146 pies ($5730/5$).

CURVA COMPUESTA.

(CURVA SIMPLE + ESPIRALES DE ENTRADA Y SALIDA).

La Fig. A-8 muestra una curva compuesta típica empleada en los trazos de una línea férrea, constituida por una curva circular al centro y 2 espirales o curvas de transición en los extremos; describen los puntos claves de su trazo.

PC.- Principio de espiral.

PCC.- Principio de curva simple.

PCC₂.-Final de curva simple .

PT.- Principio de tangente.

le,= Longitud de espiral de entrada.

le₂.= Longitud de espiral de salida.

lc.= Longitud de curva circular.

y las tangentes (rectas) antes y después de la curva compuesta.

Tratemos de medir físicamente, en campo, las flechas de esta curva compuesta, empleando para ello una cuerda de 1 pie de longitud y haciendo coincidir el extremo izquierdo de la cuerda con el PC, de la curva compuesta e intentemos dibujar el diagrama CUERDAS-FLECHAS, obtendremos un diagrama trapezoidal perfecto como el indicado en la Fig. A-9; se observa que en los puntos PC, PCC, PCC₂ y PT, la gráfica denota ángulos (quiebres) perfectos, teniéndose valores de la flecha "0" en los puntos PC y PT y máximos, a lo largo del tramo PCC₁PCC₂; en los tramos PC-PCC₁, el valor de la flecha es variable de cero a 4 y en el tramo PCC₂-PT, a la inversa, el valor de la flecha decrece de 4 a 0 unidades. Los puntos clave de la curva definen perfectamente los vértices de la gráfica trapezoidal.

**MEDICION DE LAS FLECHAS CON UNA CUERDA
DE LONGITUD IGUAL A 62 PIES(18.79 M.).-**

Llevemos a cabo el mismo procedimiento de medición, en campo, con una cuerda de 62 pies de largo, haciendo coincidir el centro de la misma con el PC de la curva compuesta, a fin de medir la flecha en este punto de inicio de la curva y procedamos a graficar los valores CUERDA-FLECHA, obteniendo la gráfica de la Fig. A-10, observando podemos determinar que se trata de una gráfica semejante a la de la Fig. A-9, con la diferencia de sus tramos redondeados en los puntos PC, PCC₁, PCC₂ y PT.

También parece que los puntos PC y PT se han movido de su posición original, el primero hacia atrás y el 2o. hacia adelante, en una distancia de 31 pies (semi-longitud de la cuerda de medición).

NOTA:- La longitud de cuerda de 62 pies, se emplea en la técnica de medición de USA, dado que ha sido calculada para que los valores de las flechas medidas, en pulgadas, correspondan a grados de curvatura: En las gráficas el valor de la ordenada de 1,2,3,4, etc, corresponden a grados de curvatura 1,2,3,4,etc.

En el sistema métrico, recíprocamente empleamos la cuerda de 9.58 m., para que el valor de la flecha, en cms., corresponda al valor en grados de la curva.

Un valor aproximado de la flecha (ordenada), se obtiene de la expresión:

$$f = \frac{C^2}{8R}$$

f= Flecha.

C= Cuerda.

R= Radio.

GRAFICADO DE ESPIRALES Y CURVA SIMPLE EMPLEANDO EL SISTEMA DE MEDICION DE LA MULTICALZADORA.-

Tratemos de realizar el mismo procedimiento de medición pero ahora con una "cuerda" (longitud de la multicalzadora) de 100 pies y en vez de medir la flecha en el centro de la misma, hagámoslo en los $\frac{4}{5}$ de su longitud (a 80 pies) de extremo inicial.

La gráfica CUERDAS-FLECHAS que resulta de la medición se muestra en la gráfica A-11; con línea llena se indica la gráfica real y con línea discontinua la gráfica teórica (trapezio).

De la observación de las 2 gráficas superpuestas podemos hacer algunas observaciones:

A.- Espiral de entrada.

1.- El tramo cóncavo de la gráfica se inicia a 80 pies del PC.

2.-Terminación del tramo cóncavo en un punto situado a 20 pies del PC.

3.-Observando el tramo convexo ascendente, vemos que continúa hasta practicamente la mitad de la curva circular.

4.-La ordenada máxima (flecha) comprobamos que es del orden de 5 unidades, por lo que podemos concluir que se trata de una curva circular de grado 5.

5.-Finalmente, prolongado el tramo recto de la gráfica (entre los segmentos cóncavo y convexo), advertiremos un desplazamiento, hacia atrás de los puntos PC y PCC, en una distancia G_0 , que podemos llamarla "Error de Medición", pudiendo ser de diferente valor para la espirales de entrada y salida.

ERROR-DE-MEDICION.

Existen varias diferencias en la gráfica resultantes de la forma o método de medición, ya sea con la máquina (multicalzadora), con un simple cordón o alambre (cuerda).

la Fig. A-12, muestra la gráfica de la espiral de entrada y una parte de la curva circular, a escala exagerada.

Analizaremos detenidamente lo que ocurre en cada posición de la máquina (multicalzadora).- Tramo AB.- La máquina se encuentra localizada totalmente en el tramo en tangente, (recordar que la referencia de localización es la posición del pizarrón de sombras).

Cuando el eje del pizarrón de sombras alcanza la posición B, el eje del carro portá-proyector está entrando a la Espiral, en el punto "C", en el tramo BD el eje del proyector estará transitando por la Espiral, mientras que el eje del Recibidor está aún en la tangente. El tramo BD coincide con la longitud de la máquina (100 pies) y corresponde exactamente con el tramo cóncavo de la gráfica cuerdas-flechas.

Cuando el eje del pizarrón de sombras se encuentra en el principio de la curva (PC) o punto "C", la flecha u ordenada tiene un valor diferente de cero.

Cuando el eje del pizarrón de sombras alcanza la posición "D", el eje del recibidor está iniciando su acceso (entrada) a la curva espiral, consecuentemente en el tramo DE, la máquina estará completamente dentro de la Espiral, este es el único tramo recto de la gráfica.

Cuando el eje del pizarrón de sombras pasa por el punto "E", el eje del proyector está entrando a la curva circular, en el punto "F", este desplazamiento de la máquina, nuevamente da origen al tramo convexo de la gráfica **CUERDAS-FLECHAS**.

En la distancia EG, el eje del Proyector está en la curva y el receptor dentro de la Espiral.

Cuando el eje del pizarrón de sombras alcanza el punto G, el receptor está entrando a la curva circular; de ese punto en adelante, durante el recorrido a lo largo de la curva circular, distancia GH, el valor de la flecha permanecerá constante.

Observese que el tramo recto de la gráfica (trazo lleno) se encuentra en otra posición, en relación con la gráfica en línea puntuada (gráfica 2).

El "Error de Medición", (GO) la distancia entre las gráficas real (Gráfica 1) y la gráfica teórica (Gráfica 2). Cualquier Espiral de Transición que localicemos en la práctica, deberá moverse hacia adelante, en una longitud GO equivalente al "Error de Medición".

También observese que lo mismo ocurre con la Espiral de Salida, aunque en el dibujo parece diferente (Fig. A-13). El "Error de Medición" se presenta en la misma dirección y por lo tanto deberán aplicarse las mismas reglas para encontrar los puntos clave de la curva compuesta y otras ubicaciones. En esta Espiral (de salida) la porción "redondeada": Convexa y cóncava, se presenta en la misma longitud de la máquina (100 pies), cuando el eje del pizarrón de sombras coincide con el PCC_2 y con el PT, respectivamente.

En resumen las gráficas **CUERDAS-FLECHAS** levantadas y/o dibujadas con los sistemas estandar de medición, reúnen 3 características:

1.- En cada Espiral los "tramos curvados" corresponden a la longitud de la máquina, en cada extremo de la transición.

2.- El efecto de curvado empieza cuando el eje del Proyector coincide con los puntos clave de la curva compuesta: PC, PCC_1 , PCC_2 y PT., terminando cuando el eje del Receptor pasa por esos mismos puntos.

3.- La localización de los puntos reales de la curva compuesta se logra marcando la distancia GO (normalmente variable entre 20 y 25 pies), adelante de los puntos de transición aparentes (virtuales).

Fig. A-14.- Describe la geometría de la máquina multicalzadora, marcando el valor de la "cuerda" : 20 pies + 80 pies = 100 pies.

ANEXOS: GRAFICAS DE LA 1 a la 14.

TRADUCCION Y ADAPTACION A LA NOMENCLATURA USADA EN NUESTRO MEDIO FERROVIARIO NACIONAL, DEL MANUAL DE OPERACION DE LA MULTICALZADORA TAMPER MARK IV.

REALIZADA POR EL ING. ISAAC MOSCOSO LEGORRETA.

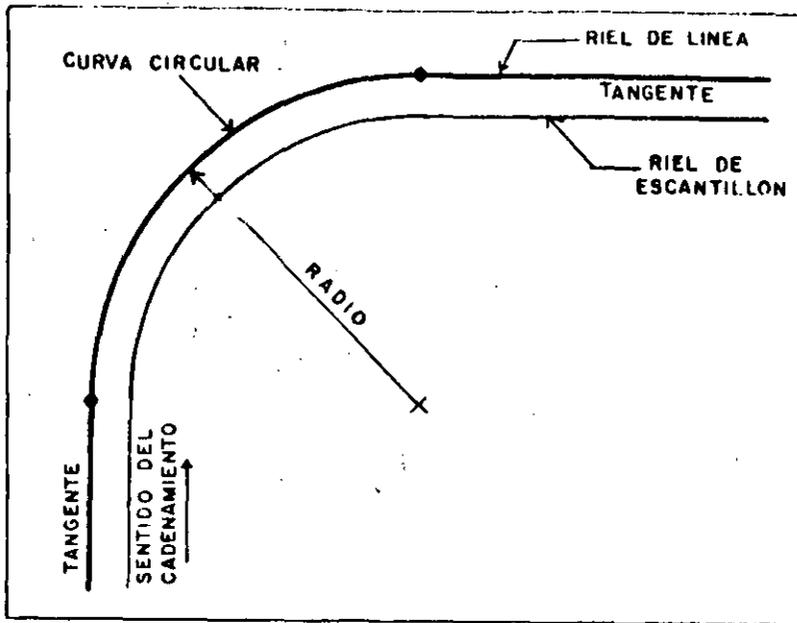


Fig. A-1 CURVA CIRCULAR (SIMPLE).

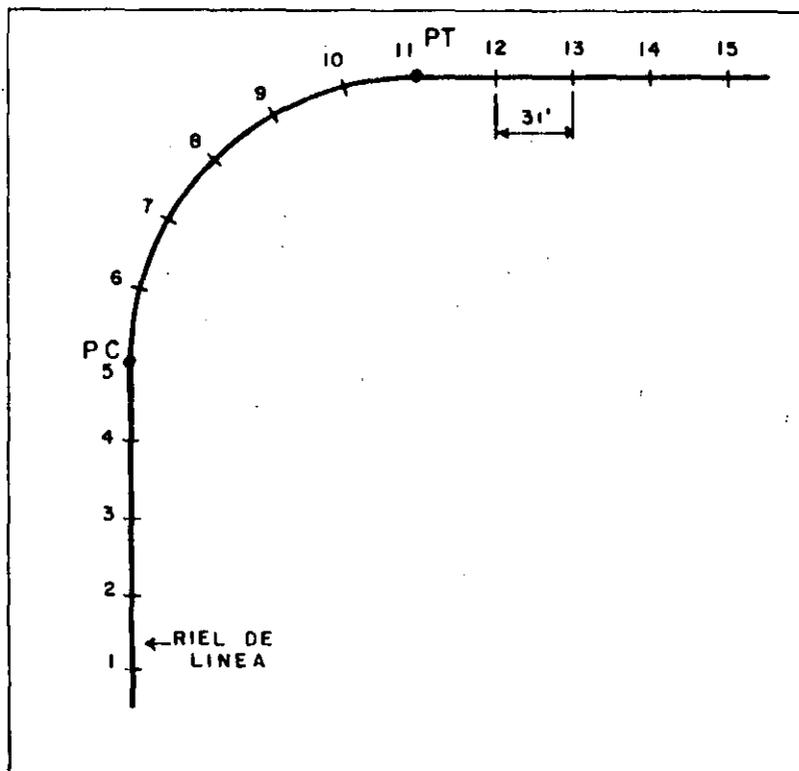


Fig. A-2 CADENAMIENTO DE LA VIA CON CUERDA DE 31' DE LONGITUD.

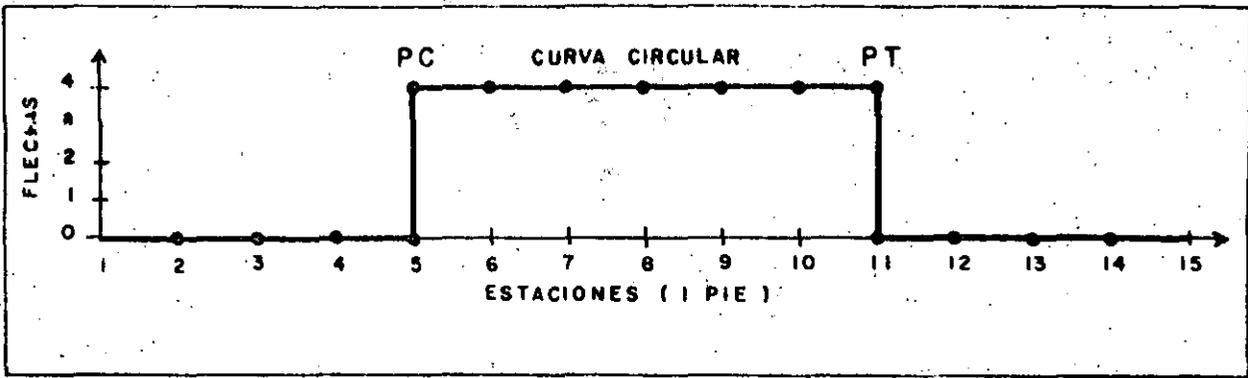


Fig. A-3 DIAGRAMA ESTACIONES-FLECHAS (CUERDA DE 1' DE LONGITUD).

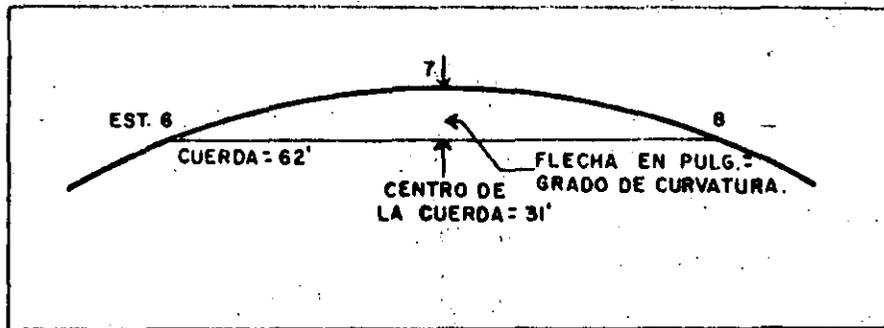


Fig. A-4 DETERMINACION DEL GRADO DE CURVATURA.

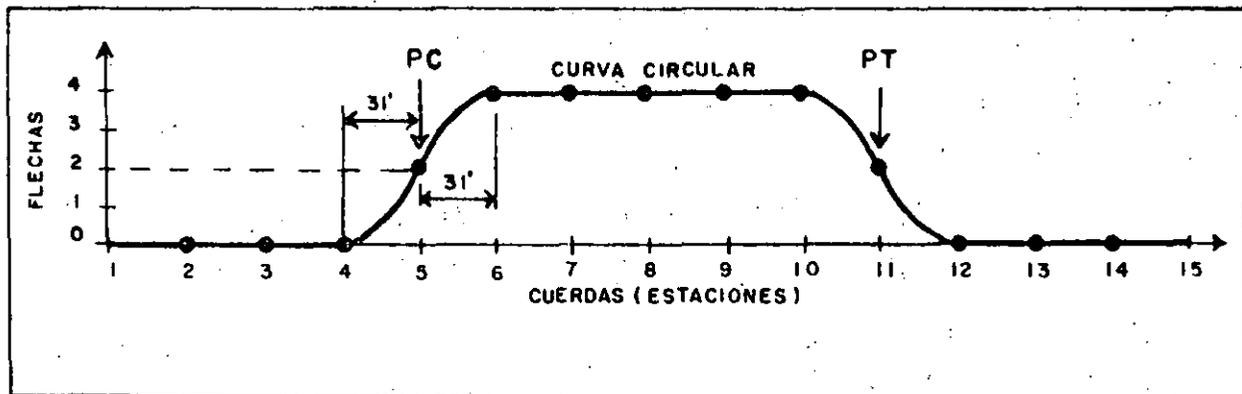


Fig. A-5 MEDICION Y GRAFICADO CON CUERDAS DE 62 PIES.

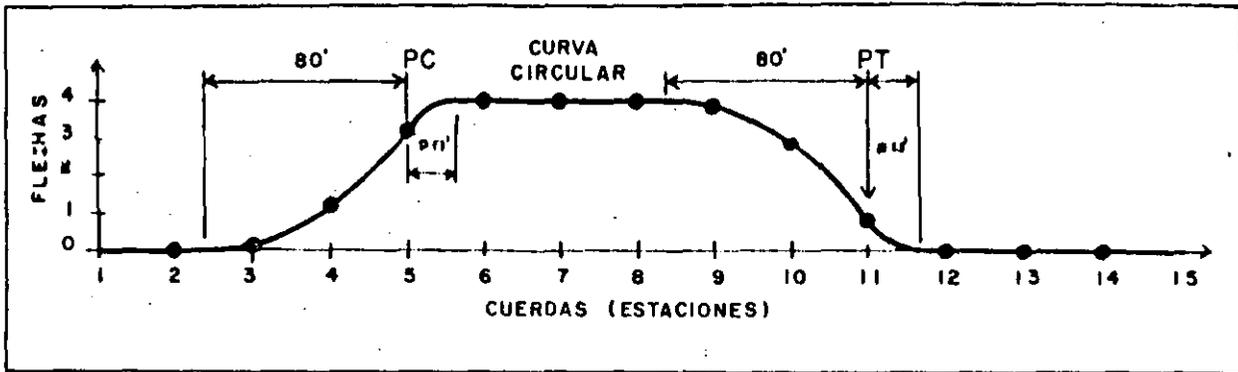


Fig. A-6 GRAFICA USANDO SISTEMA DE MEDICION 80'/20' PIES.

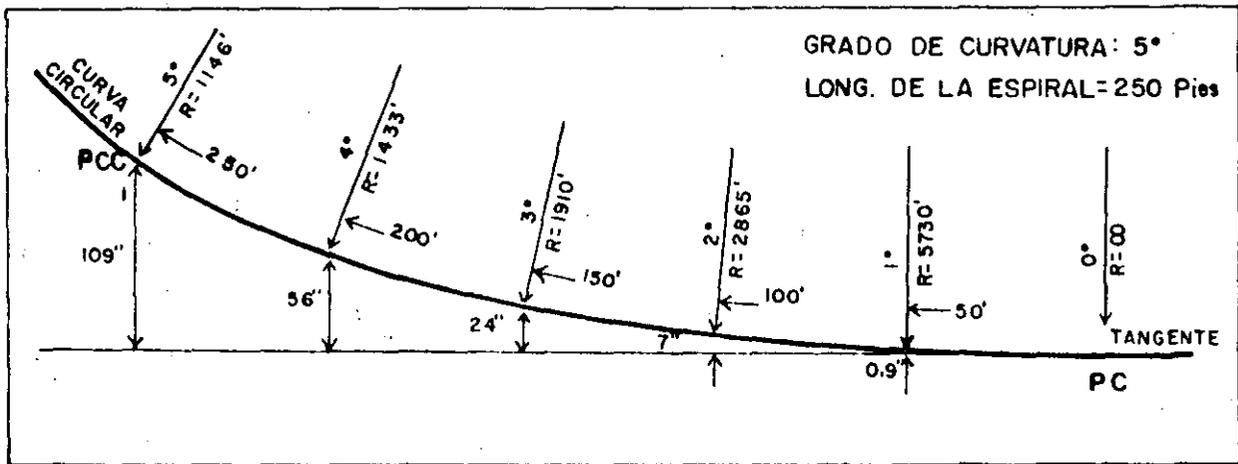


Fig. A-7 CURVA ESPIRAL (PARABOLA CUBICA).

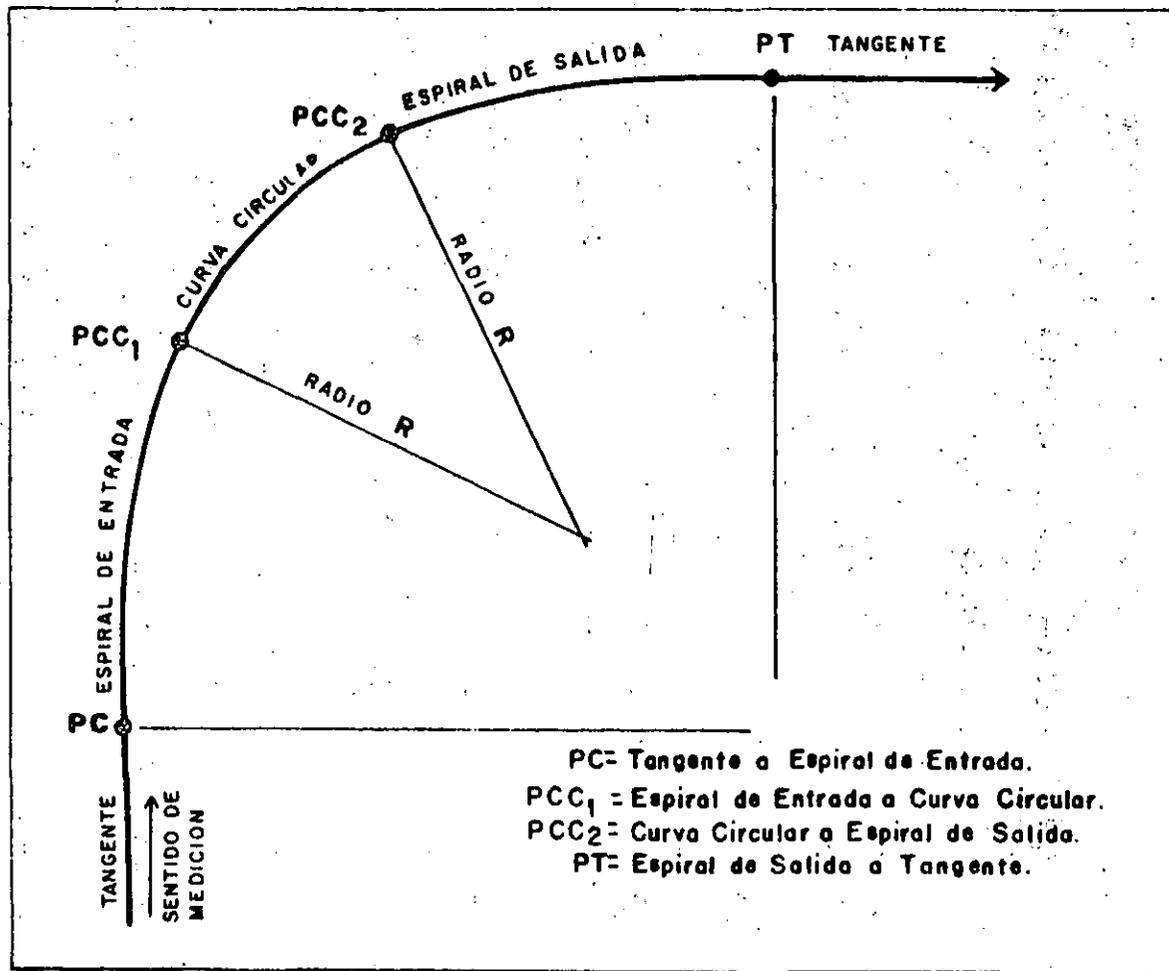


Fig. A-8 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES.

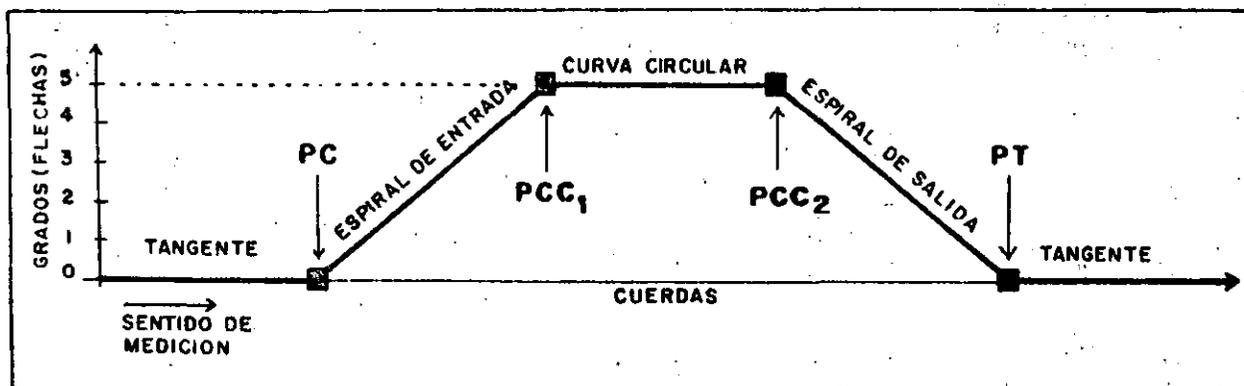


Fig. A-9 GRAFICA OBTENIDA CON UN SISTEMA DE MEDICION DE I'.

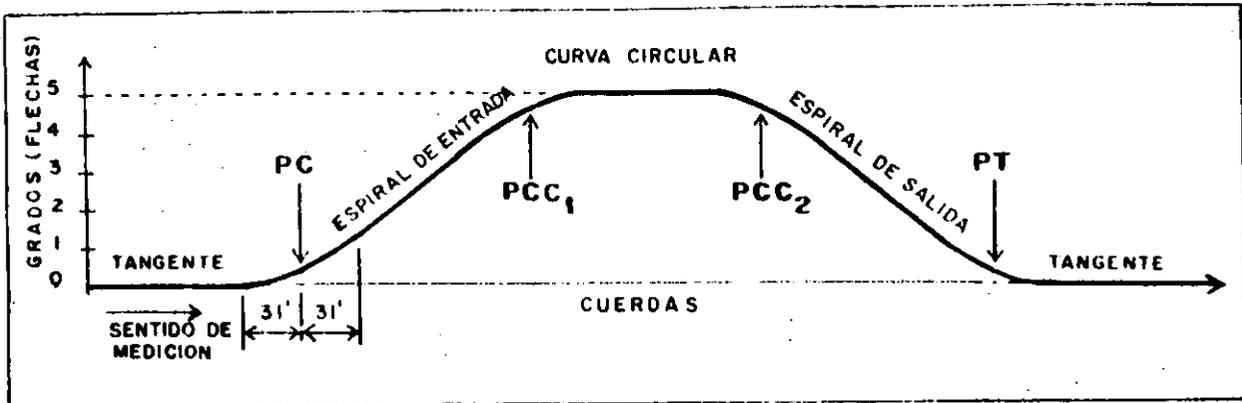


Fig. A-10 GRAFICA CON SISTEMA DE MEDICION (CUERDA) DE 62'.

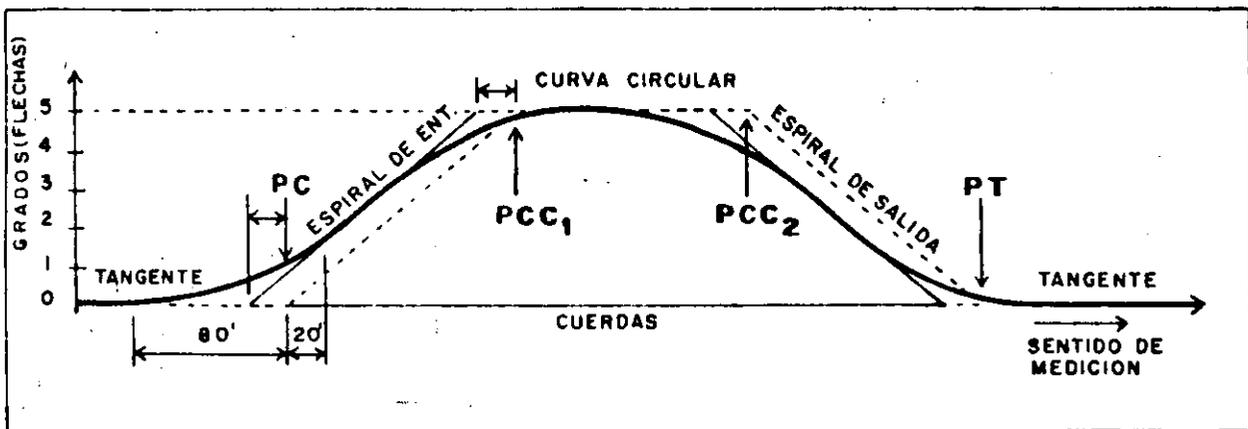


Fig. A-11 GRAFICA USANDO SISTEMA DE MEDICION (CUERDAS) 80'/20'.

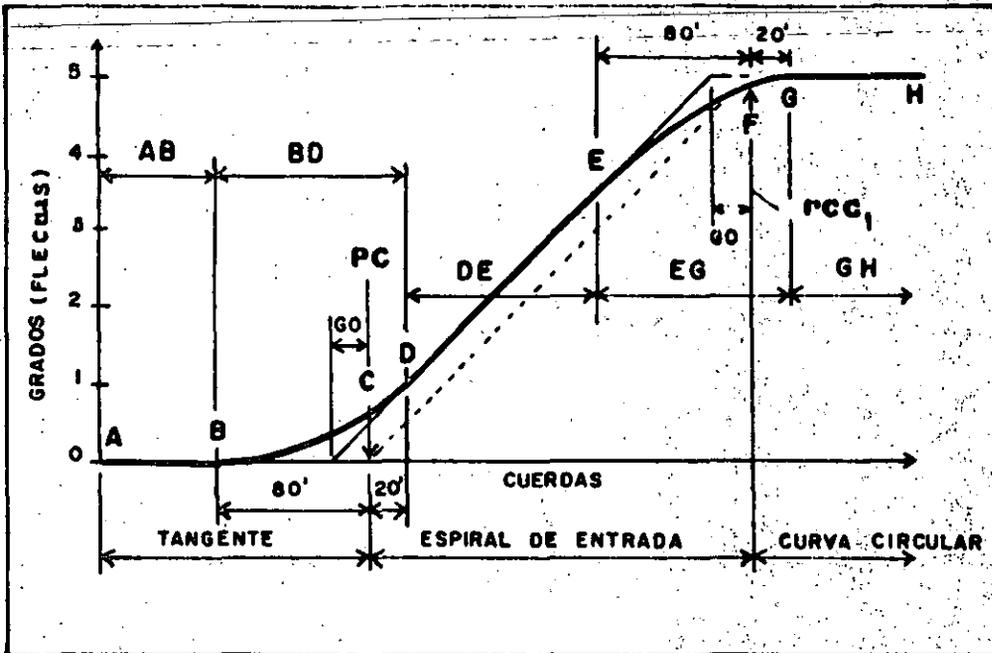


Fig. A-12 ESPIRAL DE ENTRADA, USANDO SISTEMA DE MEDICION 80/20'

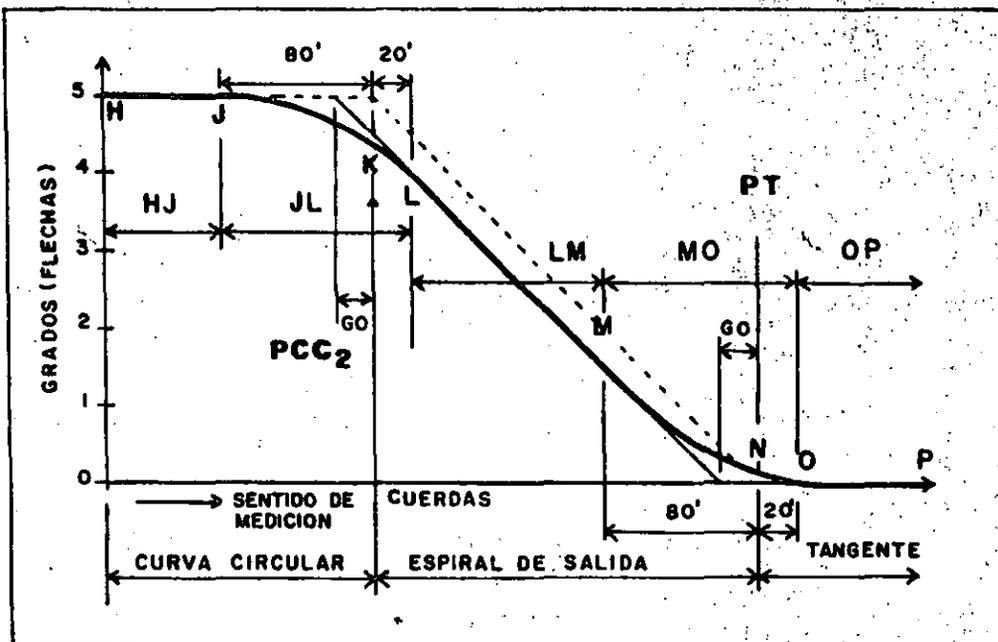


Fig. A-13 ESPIRAL DE SALIDA, USANDO SISTEMA DE MEDICION 80/20'

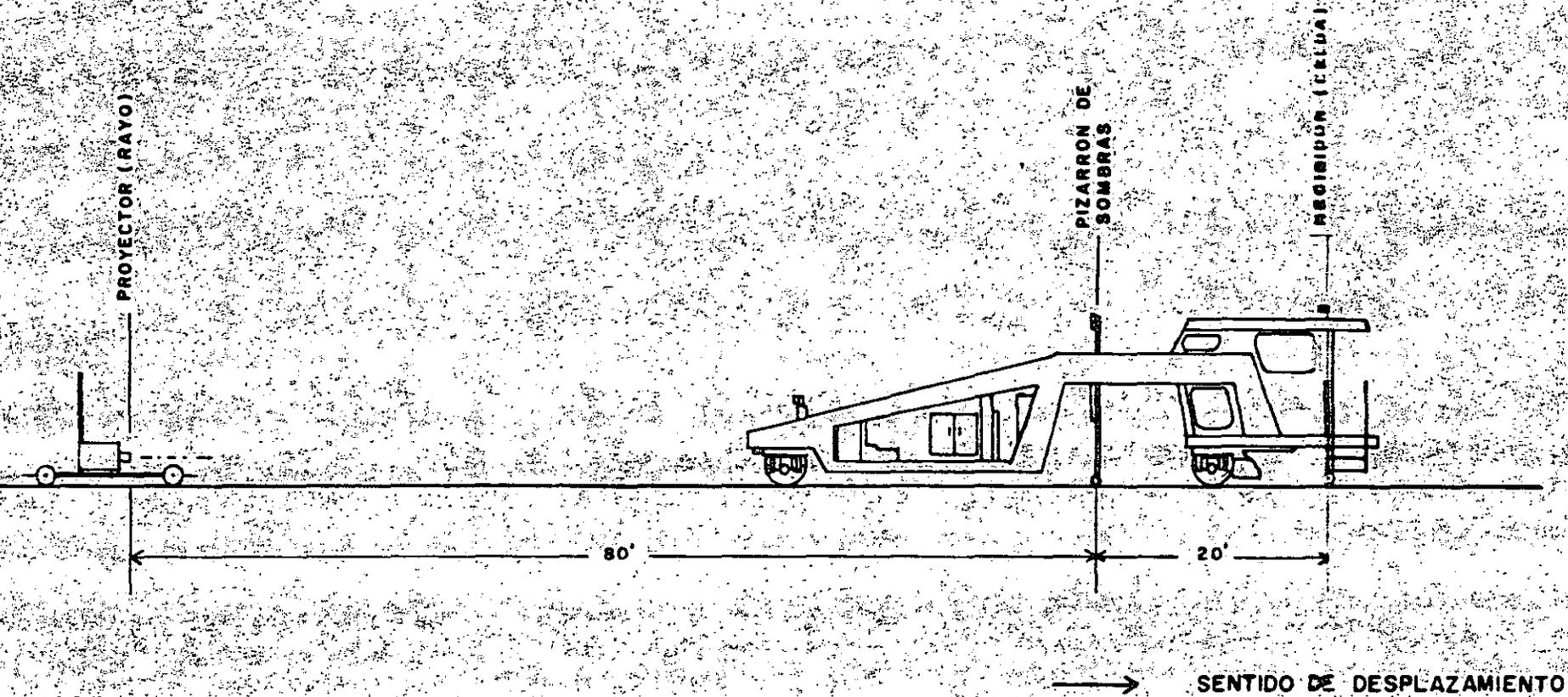


FIG. A-14 SISTEMA DE MEDICION CON LA MULTICALZADORA MARK IV.

3.1. CALIDAD DEL BALASTO.

CRITERIOS ECONOMICO Y FUNCIONAL.

CALIDAD DEL BALASTO.-
CRITERIOS ECONOMICO Y FUNCIONAL.-

El estudio llevado a cabo con un balasto de calidad común y condiciones de aceptación, fueron reportadas en el informe RP-1, en octubre de 1991. Los estudios sobre las condiciones del balasto en la vía fueron reportados en el RP-2.

Un estudio interesante sobre la durabilidad del balasto se ha realizado en el ETH de Zurich, usando una prueba de laboratorio tri-axial, los resultados serán publicados en el reporte RP-3 para septiembre de 1994.

Por separado se llevó a cabo un estudio en el cual se compararon los resultados de pruebas aisladas realizadas por el método de Los Angeles, la prueba de Deval húmeda y pruebas de resistencia por impacto al agregado, habiéndose comparado con los resultados de una prueba dinámica realizada con el vibrogiro, los resultados y las conclusiones se reportaron en un documento técnico separado, fechado a fines del año de 1993.

Con el reporte D-182, se pretendía estandarizar las especificaciones técnicas y contar con una descripción de la mejor y más segura prueba de calidad del balasto; el reporte final será publicado en el otoño del corriente año de 1994.

CALIDAD Y ESPECIFICACIONES DEL BALASTO COMUN.-

Una controversia entre los miembros participantes del comité D-182 reveló que los principales problemas a la degradación, la contaminación y "redondeo" del balasto. Se emplearon una serie de curvas granulométricas para determinar la graduación del balasto. Algunos de los resultados se presentan en la gráfica de la fig. # 1.

Para adoptar un criterio uniforme y desarrollar uno o más

métodos de prueba de balasto, fué necesario explorar los métodos de prueba de uso común así como comparar las especificaciones de distintos ferrocarriles.

La mayor parte de los países usaron métodos de prueba estandarizados hasta cierto grado, para determinar la calidad de los diferentes materiales rocosos empleados para producir balasto.

Las pruebas dinámicas más ampliamente usadas por los ferrocarriles son:

- 1.- La prueba de desgaste de Los Angeles.
- 2.- La prueba húmeda de Deval.
- 3.- La prueba de resistencia por impacto.

Las pruebas estáticas consisten en determinar el esfuerzo de compresión en una muestra de balasto. Adicionalmente todos los ferrocarriles establecen requisitos relativos a:

- 1.- Contaminación del balasto.
- 2.- Resistencia a la congelación.

El comité D-182 experimentó con un gran número de diferentes tipos de roca que sujetó a pruebas de impacto en un solo laboratorio, con la intención de establecer relaciones entre los diferentes métodos de prueba y las condiciones prácticas de servicio.

Las pruebas de laboratorio consistieron en elaborar curvas granulométricas, estableciendo la forma del agregado, realizando la prueba de Los Angeles, la de valor de impacto al agregado y la prueba húmeda de Deval, complementadas con un estudio petrográfico. Uno de los logros de estas pruebas fué establecer una comparación entre resultados de los diferentes métodos de prueba usados. Fig.# 2.

LA PRUEBA DE BALASTO CON VIBROGIRO.-

Se llevarón a cabo pruebas adicionales con el uso del vibrogiro Francés para establecer el efecto de las cargas acumuladas en el deterioro del balasto.

La máquina vibrogiro (simulación) permite una réplica de los esfuerzos o cargas ejercidas sobre el durmiente por el paso de trenes o convoyes.

La máquina de prueba está constituida básicamente por un excitador desbalanceado que genera una fuerza vertical sinusoidal con una amplitud de 45 KN, a una frecuencia aproximada de 50 Hz., esta fuerza es transmitida al durmiente por medio de una viga y un par de rieles de 12.00 m. de longitud.

Una hora de operación de este dispositivo equivale a un tonelaje soportado por los elementos, del orden de 3.6 MTB (Millones de toneladas brutas). La prueba se prolonga por un tiempo de 50 horas, la cual equivale a un tonelaje de 180 millones de toneladas brutas.

La Fig. # 3, resume los resultados de las pruebas realizadas con el vibrogiro.

La tabla reporta la variación, en peso para las diferentes mallas y también indica los resultados de la prueba de Los Angeles y del valor del impacto al agregado y de la prueba húmeda de Deval. (DH). El valor de la prueba húmeda (DH), fué transferido al valor $UDH = 40/DH$, para contar con unidades comparables.

Las máximas variaciones, como se puede observar, corresponden a las mallas de 31.5mm y 40mm. las variaciones son más significativas en el caso de 2 mezclas de balasto de origen calizo.

~~La prueba también confirmó que las rocas (materiales), duras son más abrasivas y por tanto más destructivas para el asiento de los durmientes de concreto.~~

VALORACION DE LAS CONDICIONES DEL BALASTO EN LA VIA.-

Una valoración realista de las condiciones del balasto se puede lograr actualmente, solamente mediante la toma de muestras del material y su cribado por un sistema de mallas típicas.

La muestra debe tomarse mecánica o manualmente usando una máquina perforadora o mediante una caja metálica, respectivamente, de tal manera de evitar la pérdida de materiales finos y de no contaminar el balasto con los materiales de la capa subbalasto o de la subrasante.

Se demostró que la valoración de la calidad del balasto en la vía, en la mayor parte de los casos, está basada en impresiones subjetivas, más que en análisis físicos objetivos.

El balasto es requerido por los ferrocarriles (Empresas) en base a especificaciones técnicas que establecen el uso de mallas con espacios redondos o cuadrados, variando entre 20 y 70 mm. Cada Empresa Ferroviaria elige su propia especificación, permitiendo diversos porcentajes de finos arcillosos (contaminación), variando entre el 5% y el 7%, de muestras (3) tomadas en diferentes secciones de la vía (promedio).

Las muestras son cribadas con los tipos de mallas empleadas por cada ferrocarril obteniendo las curvas granulométricas correspondientes y dibujándolas como se indica en la Fig.#4.

Los resultados de este análisis se emplean para determinar la limpieza y reposición total del balasto, en labores de rehabilitación de la cama de balasto, tomándose como criterio general que una sección determinada de la vía requiere

limpieza, cuando el 30% del volumen de balasto de las muestras esta fuera de la curva granulométrica tipo (Especificada), para valores superiores a este rango, seguramente se recomendará la eliminación total del balasto.

PRUEBAS REALIZADAS POR EL TU DE ZURICH.-

Pruebas triaxiales en gran escala fueron realizadas por el Instituto de Geotecnología del ETH, en Zurich, Suiza, bajo la responsabilidad de ERRI, con el objeto de determinar como el proceso de envejecimiento afecta a las características mecánicas (físicas) del balasto.

El material básico empleado en la investigación fué un típico balasto, tomado de la vía principal del Ferrocarril SBB/CFF.

El material fué reducido a fracciones y luego combinado entre varios especímenes con diferente grado de contaminación o degradación. La prueba se realizó por etapas, en 3 fases de investigación separadas, incluyendo un total de 27 pruebas triaxiales, secas.

Con el objeto de imitar lo más posible la realidad, en lo relativo al acomodo del balasto, los especímenes fueron primero preconsolidados, sometiéndolos a una carga de 100,000 repeticiones

Los ciclos, cuasi-estáticos corrieron después de estas repeticiones de carga, sirviendo para determinar las propiedades mecánicas del material de los especímenes (probetas), así como para establecer la relación entre las fallas y las propiedades mecánicas. Finalmente cada espécimen fué sometido a una prueba cortante triaxial, hasta el punto de falla.

Los resultados obtenidos, más sobresalientes se pueden resumir en lo siguiente:

a).- La densidad del material se incrementa en razón directa con el nivel de falla.

b).- Solamente a niveles de falla del orden del 50%, la rigidez cae bruscamente.

c).- El balasto nuevo se acomoda cuando se sujeta a cargas repetitivas; por otra parte el material altamente consolidado (acomodado), inicia su deformación.

d).- La absorción de energía del material permanece virtualmente inalterada, arriba del nivel de falla, aproximadamente del orden del 50%, a mayores niveles de falla, la absorción de energía se incrementa notoriamente.

e).- El ángulo de falla (corte) permanece virtualmente inalterado arriba de un nivel de falla del orden del 70%, mientras que a mayores niveles de falla cae rápidamente.

Los resultados muestran que las propiedades mecánicas de los balastos estudiados se alteran significativamente a niveles de falla comprendidos entre 50 y 70%.

Estudios e investigaciones como la anterior buscan establecer parámetros y rangos de calidad en los siguientes aspectos del balasto:

- 1.- Valores superior e inferior para los límites de las curvas granulométricas.
- 2.- Forma del agregado.
- 3.- Métodos de prueba.
- 4.- Resistencia al congelamiento.
- 5.- Partículas finas.- Propias y ajenas al balasto.

Dr. Ir. Coenraad Esveld - Ing. Consultor y Asesor Técnico de
ERRI.

ANEXOS:

Fig. #1.- Ejemplo de curvas granulométricas, empleadas por
varios Ferrocarriles.

Fig. #2.- Relación entre la prueba de Los Angeles y la
prueba de valor de impacto al agregado.

Fig. #3.- Tabla-Resumen de resultados de pruebas realizadas
con el vibrogiro.

Fig. #4.- Resumen de análisis granulométricos efectuados
con balasto viejo.

Traducción al Español.- Ing. Isaac Moscoso Legorreta
Coordinador del Curso.

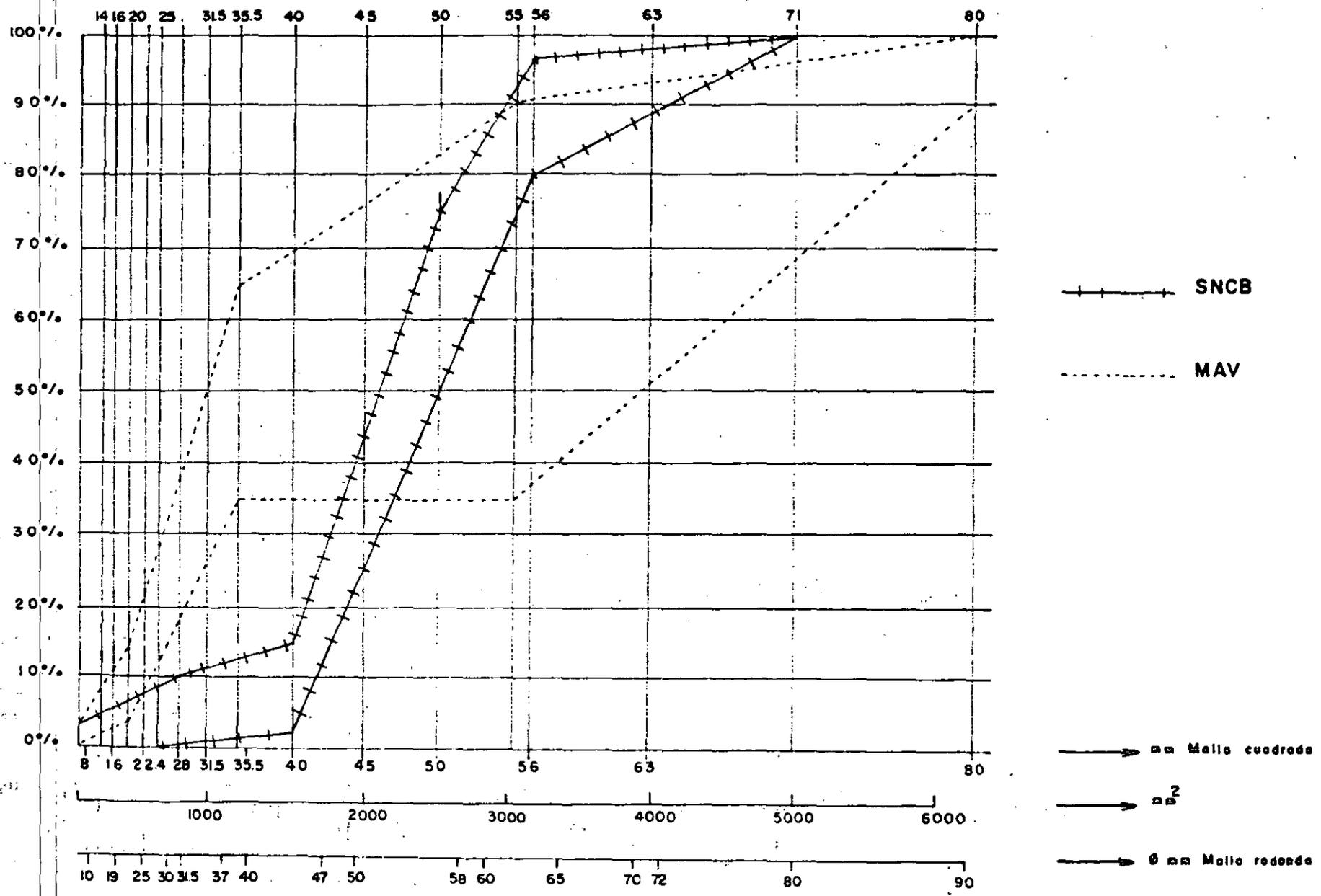
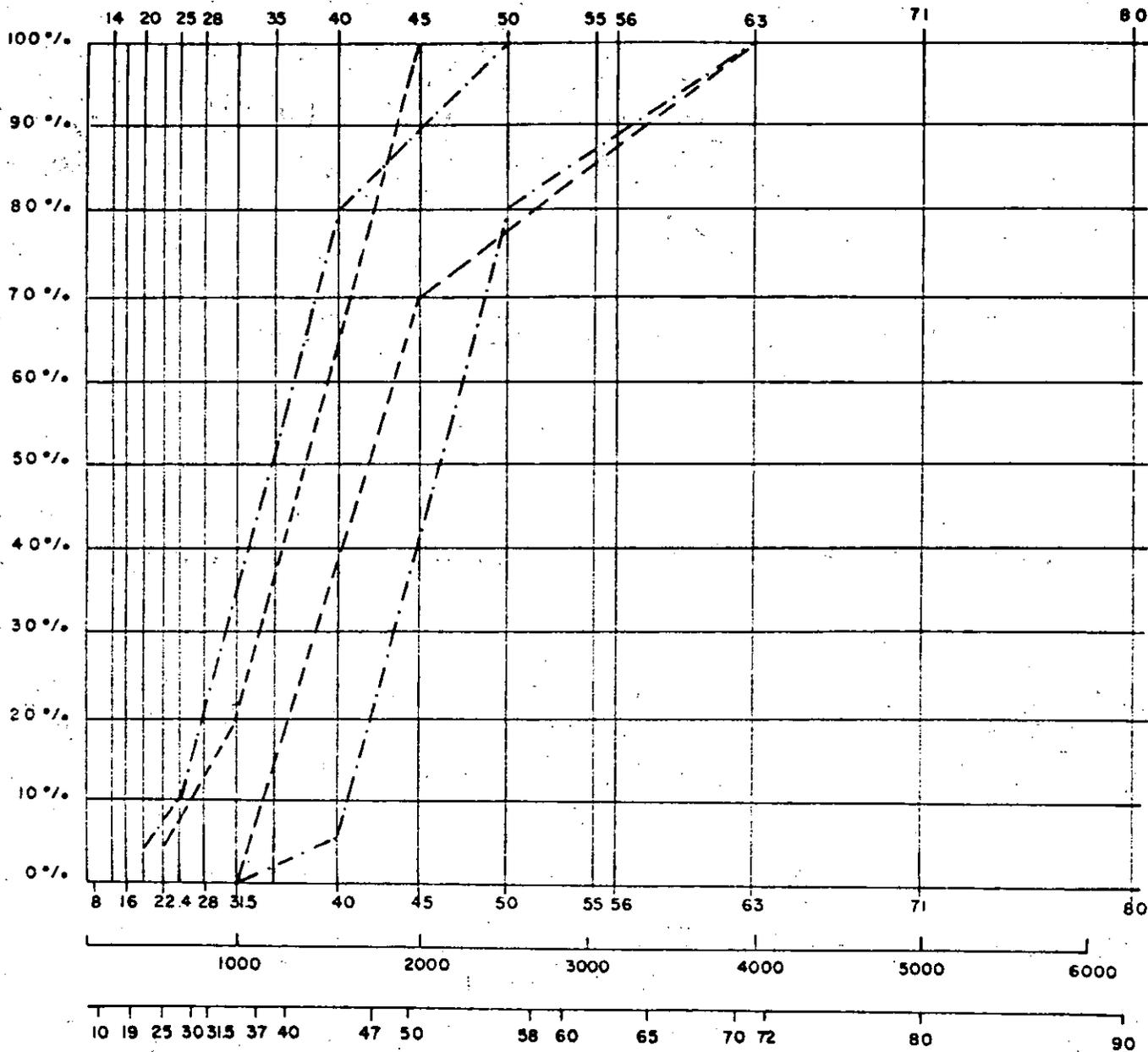


Fig. I-A. EJEMPLO DE GRANULOMETRIA DE BALASTO USADO POR VARIOS FERROCARRILES.



----- NS
 -.-.-.- SBB

→ mm Malla cuadrada
 → mm²
 → mm Malla redonda

Fig.1-B. EJEMPLO DE GRANULOMETRIA DE BALASTO USADO POR VARIOS FERROCARRILES.

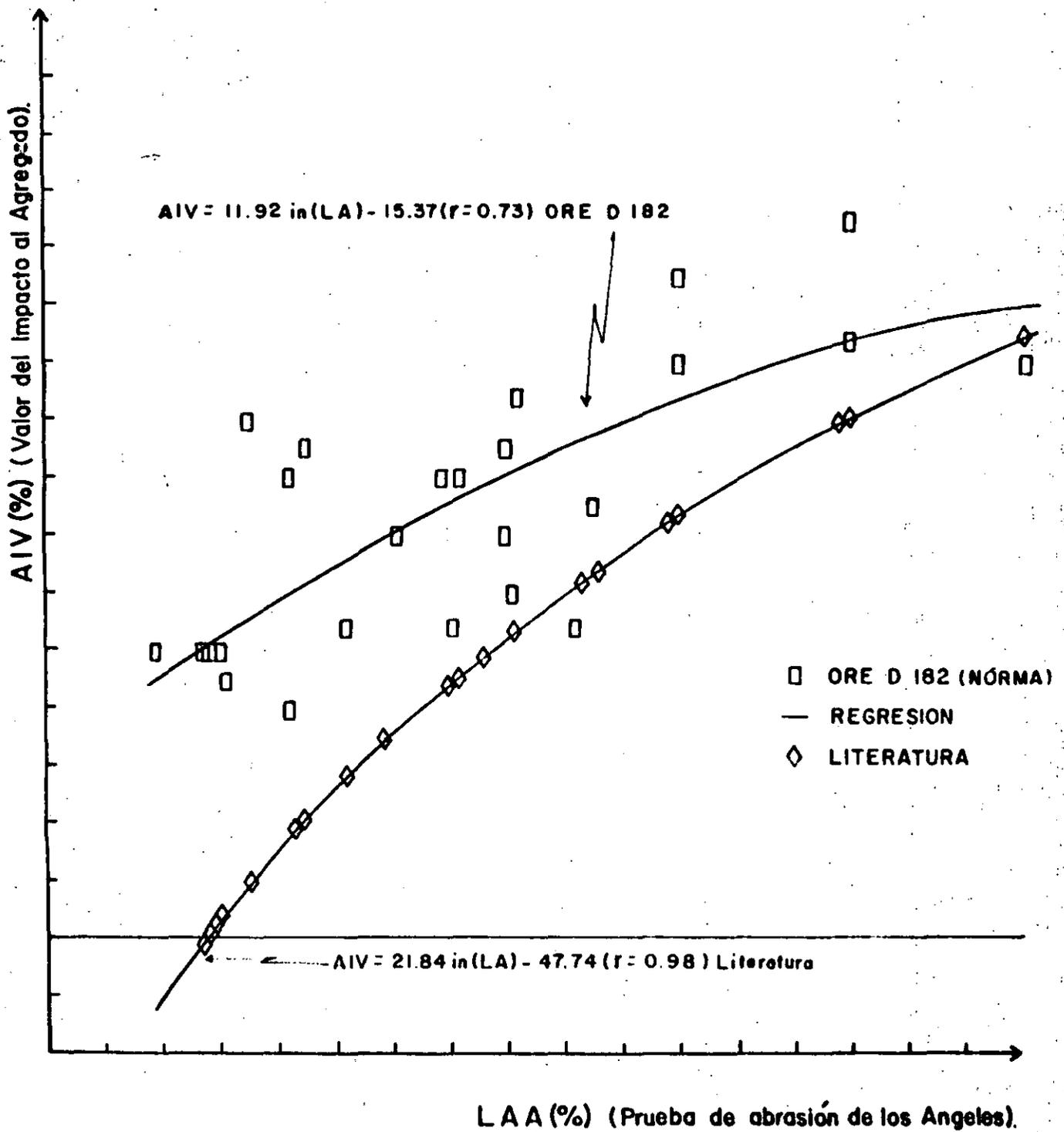


Fig.2. RELACION ENTRE DOS METODOS DE PRUEBA DE LA CALIDAD DEL BALASTO.

Malla (mm)	NLI - Balasto IA = 8.7 AIV = 10 Impact = 10.2 UDH = 3.9			F3 - Balasto IA = 9.5 AIV = 10 Impact = 11.7 UDH = 2.9			NL3 - Porfido IA = 10.3 AIV = 10 Impact = 11.9 UDH = 3.6			B4 - Arenisca IA = 12.5 AIV = 11 Impact = 14 UDH = 4.1			CH2 - Caliza LA = 13.7 AIV = 15 Impact = 16.3 UDH = 4			B3 - Caliza LA = 23 AIV = 20 Impact = 21.3 UDH = 6.8		
	Before Test	After Test	Δ (%)	Before Test	After Test	Δ (%)	Before Test	After Test	Δ (%)	Before Test	After Test	Δ (%)	Before Test	After Test	Δ (%)	Before Test	After Test	Δ (%)
50	79.7	82.6	2.9	95.8	97.4	1.6	99.9	100	0.1	94	97.2	3.2	90.2	95.1	4.9	80.5	84	3.5
40	39.6	43.1	3.5	62.8	65.7	2.9	68.9	71.4	2.5	36.5	41.7	5.2	40.8	49	8.2	25.7	33.7	8
31.5	8.2	12.8	4.6	17.3	23.6	6.3	14.3	19.1	4.8	7.4	12.4	5	7.9	14.8	6.9	4	11.7	7.7
22.4	0.2	3	2.8	1.9	3.4	1.5	0.5	3	2.5	0.3	3.3	3	0.2	4.9	4.7	0.4	5.9	5.5
16	0	2.2	2.2	0	2.1	2.1	0	1.7	1.7	0	2.3	2.3	0	3.7	3.7	0	4.4	4.4
8	0	1.4	1.4	0	1.3	1.3	0	1.4	1.4	0	1.5	1.5	0	2.3	2.3	0	3.1	3.1
1.6	0	0.7	0.7	0	0.7	0.7	0	0.8	0.8	0	0.9	0.9	0	0.8	0.8	0	1.7	1.7
1	0	0.6	0.6	0	0.7	0.7	0	0.5	0.5	0	0.6	0.6	0	0.6	0.6	0	1.3	1.3

Fig.3 RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS CON EL VIBROGIRO.

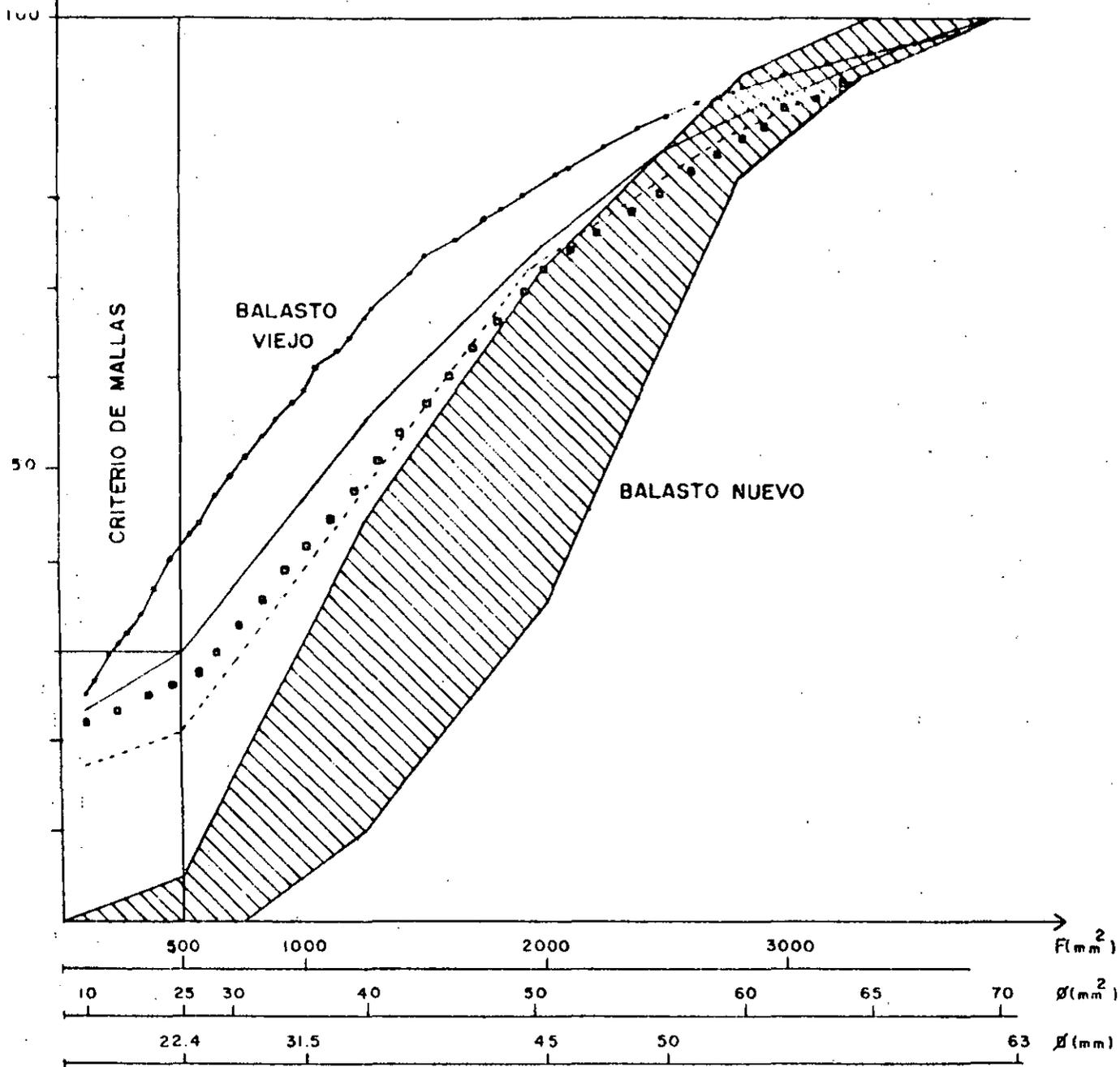


Fig. 4. RESUMEN DE GRANULOMETRIAS DE BALASTO, EN UN TRAMO DE LOS FERROCARRILES DB (ALEMANES).

3.2. NIVELACION DE LA VIA EMPLEANDO INSTRUMENTOS OPTICOS.

LEVANTE POR EL PROCEDIMIENTO DE ALZAMIENTO CONTROLADO.

NIVELACION DE LA VIA EMPLEANDO INSTRUMENTOS OPTICOS.-
LEVANTE POR EL PROCEDIMIENTO DE ALZAMIENTO CONTROLADO.-

Para corregir los defectos de nivelación de una vía, se utilizan dos métodos:

El más antiguo es el de "calzado" que consiste en levantar la vía por medio de gatos hasta el nivel normal y fijar su posición introduciendo (embodegando) el balasto debajo de los durmientes, mediante cierta presión.

El otro método es el de alzamiento, procedimiento que consiste en levantar la vía por medio de gatos, hasta la altura superior al nivel normal o cota de rasante, para introducir, sin presión, la cantidad de balasto, de granulometría fina o grava necesario, debajo de los durmientes, para que al bajar la vía quede en su nivel proyectado.

La revisión de la nivelación de la vía por el método de "alzamiento controlado" comprende 5 partes principales:

- 1.- Medición precisa de los defectos de elevación sobre cada durmiente y en cada carril.
- 2.- Vaciado de la vía.
- 3.- Alzamiento propiamente dicho.
- 4.- Rebalastado de la vía.
- 5.- Ajuste.

I.- Medición precisa de los defectos.-

Esta operación comprende dos etapas:

- a).- Medición de los defectos de estabilidad.
- b).- Medición de los defectos de nivelación.

a).- Medición de los defectos de estabilidad.-

Los defectos de estabilidad de la vía se caracterizan por la presencia de durmientes flojos o "bailadores" que se encuentran levantados, dejando un vacío sobre la superficie de asiento

cuando la vía no soporta carga. Tales durmientes golpean sobre la cama de balasto al paso de los ejes de los trenes. La medición de la altura del mencionado vacío debajo de los durmientes "bailadores" se efectúa por medio de un aparato especial llamado "danzómetro".

DESCRIPCION Y EMPLEO DEL DANZOMETRO.-

Este aparato consta de un tripié plegable, por rotación alrededor de un mango central hueco atravesado por un vástago cilíndrico corredizo T, cuyo vástago es constantemente empujado, de arriba abajo, por un resorte R, que se apoya contra la parte inferior del mango. El vástago T, lleva, en su parte superior, un anillo elástico "l" que puede desplazarse con el más suave frotamiento. Para medir el vacío existente debajo de un durmiente "bailador" se monta el danzómetro de manera que el vástago móvil quede apoyado sobre dicho durmiente mientras que las dos patas restantes se hacen descansar sobre el balasto sacudiendo enérgicamente el aparato para obtener un apoyo estable. El resorte R, que empuja el vástago corredizo T hacia abajo, se comprime a consecuencia del choque del vástago T sobre el durmiente. En ese momento, se pone, el índice "l" en contacto con la cara superior del mango del tripié. (Fig. 1)

El aparato se encontrará, entonces, listo para funcionar. Al paso de cada eje de un tren sobre el durmiente, éste se abate para quedar en contacto con su superficie de asiento. El tripié del danzómetro permanece inmóvil, mientras que el vástago corredizo se desplaza verticalmente junto con el durmiente. El índice "l", retenido sobre el mango del tripié; no puede descender y se desliza sobre el vástago corredizo, hacia arriba, una magnitud igual al descenso, del durmiente. Después del paso del tren, el índice "l", se encuentra levantado una cantidad igual al vacío que existe entre el durmiente y su apoyo, cuando la vía no tiene carga. Esta altura se mide en mm.

Antes de efectuar la medición de los defectos de estabilidad sobre el tramo de vía por arreglar, el cabo comienza por probar todos los durmientes, sin excepción, y sobre ambos carriles, por medio de un bastón con contera esférica, que tiene un peso total de 7 Kgs. (Fig. 2)

Como a cada durmiente corresponderán dos medidas, una en cada extremo, y todas las operaciones de conservación se aplicarán a dos porciones diferentes del mismo, una debajo de cada carril, en lo que sigue, a cada lado del durmiente que sea objeto de una modificación o medida, se le llamará "cabeza de durmiente".

Para esta operación se deja caer el bastón de una altura de 30 a 40 cm. El sonido del choque indica si el durmiente es estable o inestable. El cabo marca, con crayón, los tramos en donde hay durmientes "bailadores" encuadrándolos por medio de los signos:

Cuando un tramo, sobre un mismo carril, incluye 5 durmientes bailadores o menos, el cabo marca con una X la cabeza del durmiente central o del que tiene el aspecto de bailar más, será en esta cabeza donde se coloque el danzómetro. Si el tramo incluye más de 5 durmientes móviles, el cabo, (según su número) marca con una X dos o varias cabezas intermedias sobre las cuales se hará la medición del abatimiento con el danzómetro. Es, por medio de los resultados así obtenidos, como se determina, aproximadamente, el valor del abatimiento de los otros durmientes. (Fig. 3)

En el caso de la figura anterior, que representa tres tramos de 5, 1 y 8 cabezas movibles, las mediciones son efectuadas sobre las cabezas a, b, c y d. Estas mediciones han dado, respectivamente, 5, 2, 7 y 5 mm., las cifras escritas sobre los otros durmientes se han determinado por interpolación.

Todos los danzómetros de la cuadrilla son colocados en posición antes del paso de un tren. Cuando ha pasado el primer tren un encargado quita los aparatos, después de haber anotado, en cada cabeza observada, el valor de los abatimientos. Coloca enseguida sobre las cabezas siguientes marcadas con X los aparatos y espera de nuevo el paso de otro tren, y así sucesivamente.

Al colocar el danzómetro en determinado lugar, se verifica, levantando el vástago, que la colocación del aparato sea correcta, para obtener una compresión suficiente del resorte, sin comprimirlo totalmente. Debe, sobretodo asegurarse que el anillo se deslice bien al más ligero frotamiento sobre el vástago. Si el frotamiento es demasiado fuerte o demasiado débil deberá regularse el índice ensanchando o comprimiendo, según el caso, la parte superior, que se construyó deformable por medio de hendiduras longitudinales.

b).- Medición de defectos de nivelación.

La medición de los defectos de nivelación se efectúa con la ayuda de la mira y de la alidada en sentido longitudinal, y con el nivel de vía, en sentido transversal.

Existen varios modelos de miras y alidadas; los que se describen a continuación han dado los mejores resultados.

Descripción de la mira.-

La mira se compone de 5 escalas graduadas de 5 en 5 mm. La mira se coloca en estación, sobre el hongo del riel, por medio de unos ganchos elásticos. Un nivel horizontal permite asegurar la horizontalidad de la línea de los "0". Las graduaciones de las escalas son invertidas, porque la alidada es de imagen invertida. La parte A de cada regleta es de color rojo y la parte B es de color blanco.

~~Para determinar los defectos de nivelación se colocan alidada y~~
mira en puntos altos consecutivos. Al visar la mira la altura del cero de las graduaciones se hace coincidir con el eje óptico del anteojo. Una vez definida esta visual, la mira se coloca en puntos intermedios para hacer la lectura de los defectos. Abajo de los ceros la mira esta pintada de rojo para evitar confusiones en las lecturas. En las mediciones de defectos de nivelación al colocar la mira en puntos intermedios no deben quedar interceptadas las escalas rojas, lo cual no sucede sino en el caso en que el operador ha elegido mal los puntos altos de la vía. (Fig. 4)

Descripción de la alidada.-

La alidada se compone de un anteojo de imagen invertida con un aumento de 20 diámetros, aproximadamente. Dicho anteojo contiene una retícula de dos hilos, uno horizontal y otro vertical. El operador afoca el ocular "O" (fig.sig.) a su vista con un movimiento circular, de manera de distinguir perfectamente los hilos de la retícula, dirigiendo hacia arriba el anteojo.

Este enfoque se requiere en todas las operaciones posteriores. El enfoque del anteojo, para las diversas distancias a la mira, se obtiene haciendo correr el objetivo del anteojo por medio de un tornillo de ajuste V_1 . Un nivel transversal N permite nivelar el anteojo para que el hilo de la retícula sea horizontal. Cuando se coloca la alidada sobre el riel es necesario verificar que la burbuja de dicho nivel se encuentre en el centro y asegurarse de que así permanezca en el resto de las lecturas.

El tornillo de ajuste V_2 permite, en el momento de visar la mira, hacer coincidir el hilo horizontal de la retícula con la línea de los ceros. Cuando se ha afocado con el tornillo V_2 no debe tocarsele durante la serie de observaciones sobre la mira, en puntos intermedios, desde la misma estación de la alidada

En el curso de las lecturas debe manejarse con mucha precaución el tornillo de ajuste V_1 , de manera de no perturbar la dirección de la alidada. Si se tiene alguna duda a este respecto es preciso volver a visar la línea de los ceros con la mira en el punto extremo del que se parti6. (Fig. 5)

La alidada se fija en el hongo del riel por medio de dos pinzas como ganchos que tiene, cada una, del mismo lado, una parte rígida R con un tornillo de presión V_3 , que también sirve para orientar el aparato.

Cuando se efectúan visuales en tangente las lecturas se hacen sobre la graduación central de la mira.

Las causas del juego se han reducido reemplazando los pivotes por láminas flexibles T_1 y T_2 , colocando un resorte de retroceso en la parte que queda libre en el interior de la cuerda del tornillo.

Es necesario verificar, frecuentemente, este tornillo V_2 y, si hay lugar para ello, retirarlo, con objeto de reducir ligeramente su diámetro interior comprimiendo sus extremidades, provistas de hendiduras longitudinales E_1 y E_2 , que permiten el ajuste.

VISUALES EN CURVA.-

En curva se orienta la visual, previamente, por medio del tornillo V_3 , cuya visual debe ser dirigida a la graduación de la derecha de la mira, si la curva es a la izquierda y sobre la graduación de la izquierda si la curva es a la derecha, colocando la mira en el punto más alejado que se va a mirar.

Para el caso de visuales intermedios, no se orienta el anteojo y pueden efectuarse las lecturas sobre las diversas graduaciones de la mira.

Es útil hacer notar que, en el anteojo, la escala de la derecha de la mira se ve a la izquierda y viceversa, porque las imágenes se invierten. (Fig. 6)

EMPLEO DE LA ALIDADA Y DE LA MIRA PARA LA MEDICION DE DEFECTOS DE NIVELACION.-

1o.- Nivelación de un carril entre dos puntos a y b. Los puntos correctos, defecto igual a cero, pueden ser llamados "punto bueno cero": P.B.O.

Se coloca la alidada en el punto a y la mira en el punto b. Se disponen la alidada y la mira en forma de tener horizontales sus niveles N y se afoca la alidada a la mira, utilizando para ello el tornillo de ajuste V_1 . Con ayuda del tornillo V_2 se lleva enseguida el hilo horizontal de la retícula sobre la línea de los ceros de la mira y no se vuelve a tocar más dicho tornillo de ajuste V_2 .

Se marca un cero sobre el durmiente en el punto b, después de desplaza la mira hacia la alidada, efectuando una lectura a cada dos durmientes. Se anota en mm. en cada durmiente el valor que le corresponde de los desniveles encontrados. Para los durmientes no visados se determinará, en consecuencia, el desnivel por corregir, tomando la media entre las cifras encontradas en los dos durmientes vecinos.

2o.- Nivelación de un carril entre dos puntos c y d cuya elevación deberá corregirse en cantidades conocidas (Fig.7). Supongamos, por ejemplo, que se desee efectuar la nivelación elevando los puntos c y d, respectivamente, 8 y 15 mm. Se coloca la mira en d y la alidada en c, pero después de haber intercalado, entre el riel y la plantilla de los instrumentos, unas cuñas largas de acero, superpuestas, de altura conveniente, es decir, en d dos cuñas, una de 10 mm. y otra de 5 mm. debajo de la mira, y en c tres cuñas, una de 5 mm., otra de 2 mm. y otra de 1 mm. debajo de la alidada. (Fig. 8).

Se opera enseguida como en el caso precedente, desplazando la mira, sin interposición de cuñas, pero si conservando las cuñas debajo de la alidada. Cada cuadrilla debe tener un doble juego de cuñas de acero; cada juego completo consiste de una cuña de 1 mm. de espesor, dos de 2 mm. una de 5 mm. y una de 10 mm.

3o. Caso general de nivelación de una vía.- Antes de efectuar la nivelación de cada uno de los carriles se estudia la nivelación transversal de la vía con la ayuda del nivel de vía. El nivel, colocado sobre cada punto alto de cada carril, indica la elevación que debe efectuarse en el punto correspondiente del otro carril, de manera de obtener una nivelación correcta. En esta forma se determina el espesor total que deberán tener las cuñas que se utilicen debajo de los aparatos para la medición, como se indica en el párrafo que precede. (Fig. 9)

En la práctica se hace un alzamiento de 5 a 10 mm. sobre los puntos altos y los P.B.O. se convierten en P.B.5 y P.B.10. Se recomienda llevar a cabo las operaciones de medición en forma de no hacer visuales más allá de 30 metros; a distancias mayores de ésta, la apreciación de las elevaciones, no es, en general, suficientemente precisa.

VALUACION DEL ALZAMIENTO TOTAL QUE DEBE EFECTUARSE EN CADA CABEZA DE DURMIENTE.-

Una vez que las mediciones de los defectos de estabilidad y de nivelación se hayan efectuado, como se acaba de indicar, el cabo anota, sobre el patín del riel, sobre cada cabeza de durmiente, el valor en mm., de los alzamientos que deberán ejecutarse, el cual es la suma de las magnitudes encontradas por medio del danzómetro y de la alidada. Se calcula el valor del alzamiento correspondiente al durmiente intermedio que no ha sido medido el cual es el promedio de los valores adyacentes. (Fig. 10)

DETERMINACION DE PUNTOS BUENOS EN CURVAS.-

En las curvas la determinación de los puntos altos se hace como en tangente, teniendo en cuenta la sobreelevación. Los puntos altos se localizan sobre el carril más alto el cual, en una vía defectuosa, puede no ser el exterior.

Se pueden presentar los casos siguientes:

1o.- Si hay sobreelevación en exceso.- El carril interior es el que se levanta y los puntos altos se buscarán sobre el carril exterior. Estos puntos altos se llamarán P.B.O. (o P.B.5 o P.B.10, si hay un alzamiento convencional). Frente a estos P.B. se inscribirá P.B.x. sobre el carril interior (siendo x la suma del exceso de sobreelevación más el alzamiento convencional en el carril exterior. El exceso de sobreelevación se mide con el nivel de vía.

2o.- Si hay sobreelevación en defecto.- Es entonces el carril exterior el que se levanta y los puntos altos se buscarán sobre el carril interior. Estos puntos altos se llamarán P.B.O. (o P.B.5 o P.B.10, si hay alzamiento convencional). Frente a estos P.B.O. se inscribirá P.B.y, sobre el carril exterior (siendo y la suma del defecto de sobreelevación + 5 ó 10 mm. de alzamiento convencional, si lo hubo).

3o.- Si hay exceso y defecto de sobreelevación alterados.-

Se buscan los puntos altos sobre uno u otro de los carriles, según el caso.

NIVELETA Y MIRA MARCA MATISA.-

Anteriormente se citaron las características y el empleo de un tipo de alidada o niveleta y de la mira respectiva; ahora se tratará describir, brevemente las características y el uso de la niveleta y mira marca Matisa.

El manejo de este tipo de niveleta es realmente sencillo, mucho más sencillo que el de la niveleta descrita con anterioridad, además su mecanismo se ha simplificado al mínimo, contribuyendo todo esto para el aprendizaje rápido de los operadores y mayor eficiencia en el trabajo.

NIVELETA.-

Consiste en un anteojo montado sobre un eje vertical sobre el que puede girar, dentro de ciertas limitaciones, en el plano vertical y en el plano horizontal; el movimiento en el plano vertical se permite con el objeto de hacer la coincidencia del hilo horizontal de la retícula con la línea de los ceros, que coincide con la división de colores; si el eje del anteojo (eje de colimación) fuera perpendicular al eje vertical, entonces sería imposible el uso de la niveleta en los tramos con pendiente, limitándose su uso únicamente en tramos a nivel; este movimiento vertical del anteojo se controla por medio de un tornillo milimétrico situado abajo del anteojo. El movimiento horizontal del anteojo proporciona una mayor flexibilidad de uso a este aparato, puesto que, mediante el movimiento en un sentido u otro, es posible efectuar visuales en curva evitándose el empleo de la mira múltiple; es decir, la compuesta por más de dos escalas graduadas (como la que se describió anteriormente); el movimiento horizontal del anteojo también está controlado por medio de un tornillo milimétrico situado en la parte lateral del anteojo.

El ocular está dispuesto en un sistema de periscopio para facilitar al operador la sección de visar; el anteojo es de imagen invertida; la retícula consta de dos hilos, uno horizontal y otro vertical; el horizontal se emplea para hacer la coincidencia con el cero de la mira, el vertical se emplea para labores de alineación en distancias que dependen del poder amplificador del anteojo. Este aparato está provisto, así mismo, de un nivel circular para nivelarlo en todas direcciones.

Todo el conjunto esta montado sobre una base de sección cuadrada la que a su vez está provista de muelle de metal flexible, por un lado y de un tornillo de presión por el otro; éste mecanismo permite una fijación perfecta del aparato en el hongo del riel.

Además de las características ya citadas, el eje vertical puede aumentar en su longitud 3 cm., como máximo; es decir, el eje de colimación se puede elevar a una altura adicional de 3 cm.; ésta cualidad de la niveleta se emplea para hacer pequeños levantes a la vía, simultáneamente con la supresión de las ondulaciones de la vía; éste aumento en la altura del eje de colimación viene a sustituir el empleo de las cuñas de espesor variable, que como ya se explicó, se usan en los puntos en donde se ha proyectado o se hace necesario un pequeño levante. Este movimiento de aumento o disminución de la altura del eje del anteojo, se controla por medio de un tornillo tipo cople situado en el eje vertical del instrumento; el vástago que desliza en el eje vertical hueco, posee una escala graduada de 0 a 30 mm.; en la parte exterior un índice, marcado con pintura roja indica sobre la escala el valor del alzamiento.

MIRA.-

La mira consiste en un eje vertical que sostiene, paralela a él, una escala graduada en cm.; la carátula de la escala está pintada de dos colores: rojo en la parte inferior y blanco en la superior; la división de los colores se designa con 0 y se le llama línea de los ceros; la altura de esta división, medida del extremo inferior de la base del aparato, es igual a la altura del hilo horizontal de la retícula del anteojo, cuando el eje de éste es normal al eje vertical; a partir de la línea de los ceros se gradúa, hacia abajo hasta 2 cm., y hacia arriba hasta 10 cm.; la numeración esta invertida, como se puede apreciar en la fotografía, porque el anteojo es de imagen invertida, también la mira está provista de un nivel -

circular para nivelarla en todas direcciones y, finalmente, como la niveleta, remata el conjunto en una base cuadrangular acondicionada con un muelle elástico y un tornillo para su fácil y segura fijación al hongo del riel. (Fig. 11)

DESBALASTADO PARA ALZADO CON PALA.-

A).- Desbalastado con pala.

El desbalastado de la vía se efectúa por medio del pico y la pala, aunque es más conveniente hacerlo con biello para evitar que el material fino se mezcle con el balasto. Se retira el balasto hasta la cara inferior del durmiente en una longitud de 40 cm. a uno y otro lado del centro geométrico del riel y de un solo lado del durmiente. (Fig. 12)

El desbalastado se efectúa al tresbolillo como se indica en la figura anterior. En esta forma es mínima la cantidad de balasto que se arroja al interior de la vía; además se facilita la operación de balastado ulterior, para lo cual basta empujar con los biellos, hacia los rieles, todo el balasto que se encuentra en la parte central de la vía, sin preocuparse de obtener dos fracciones, una para el riel derecho y otra para el riel izquierdo.

B).- Desbalastado para calzar con pala especial.-

El desbalastado se efectúa con pico, tipo hoja de laurel, en una longitud de 40 cm., a uno y otro lado, del riel. En lugar de desbalastar completamente un medio cajón al tresbolillo, basta hacer una extracción parcial de balasto, con el pico, a lo largo de cada durmiente y de un solo lado del mismo. (Fig. 13 y 14).- Esta operación de desbalastado por extracción parcial de balasto a lo largo del durmiente, tiene las siguientes ventajas:

1.- La pala queda apoyada y encajada en el hueco desbalastado y no puede ceder durante la maniobra; si la vía estuviera desbalastada al tresbolillo la pala cedería. Además, para rellenar una y otra extremidad del durmiente con el método de desbalastado al tresbolillo, el operario tiene que dar media vuelta.

2.- La grava usada para el levante está encontrada por el balasto en el caso de desbalastado parcial, (como se indica en el croquis anterior).

TOLERANCIAS EN LA LONGITUD DE DESBALASTADO.-

Las longitudes máximas que actualmente se admiten de vía desbalastada son las siguientes:

a).- Con el empleo de palas ordinarias y desbalastado al tresbolillo, la longitud máxima que puede ser desbalastado se limita a 150 metros.

b).- Con el empleo de calzadores y usando el método de extracción parcial de balasto, la longitud máxima que puede ser desbastada se limita a 250 metros.

Se pueden adoptar tolerancias más amplias, en ciertos casos, dependiendo de precauciones especiales, limitación de velocidad.

ALZAMIENTO PROPIAMENTE DICHO.-

Herramienta especial.-

a).- Alzamiento con pala de mango "cuello de cisne".

Herramienta: Pala.

la pala es de 18 cms. de ancho por 23 cms. de largo; permite manejar las cantidades de grava correspondientes a los alzamientos de 1 a 10 mm. Está provista de un mango en forma de cuello de cisne, cuya forma permite retirarla de entre los durmientes aún en los casos en que éstos estén muy juntos.

CARRETILLA DE GRAVA.-

Puede desplazarse fácilmente a lo largo de la vía, deslizándose sobre los durmientes merced al patín P y rodando sobre el riel por medio de los rodillos G.

Se les coloca al centro de la vía para permitir su paso al lado de los gatos cargados. Los operarios que efectúan el relleno arrojan paletadas de grava de la carretilla, la cual se encuentra colocada, con ese objeto, sobre un trecho no desbalastado, entre dos cabezas de durmientes.

Dos operarios pueden alzar a la vez en un mismo carril, utilizando la misma carretilla, trabajando los dos en ambos extremos de ésta. El primero rellena las cabezas de rango par y el segundo las de rango impar.

CAJA DOSIFICADORA.-

Se ha observado, por experiencia, que los obreros adquieren, muy rápidamente, la habilidad manual y la vista necesarios para la medición exacta de las paletadas de grava que se muestran en la tabla siguiente:

Faltante en mm. por estabilidad y renivelación.	Volumen para una paletada medido en cms.de altura en la caja ordinaria.	Observaciones
1	2	La caja ordinaria es cilíndrica de 10 cm. de diámetro y 12 de altura.
2	3	
3	4	
4	5	
5	6	
6	7	Esta tabla se aplica a las palas de 18 x 23 cms.
7	8	
8	9.25	
9	10.50	
10	12.00	

~~Cada brigada debe contar con una caja metálica graduada según la tabla que se use. El cabo, debe verificar, cuando menos una vez al día, que los obreros ejecuten correctamente la dosificación de las paletadas. (Figs. 15,16,17 y 18)~~

PALA ESPECIAL.- (DOSIFICADORA).

Esta tiene por objeto rellenar un durmiente levantando la vía un mínimo, en todo caso, una altura menor que la requerida cuando se emplee la pala de mango de cuello de cisne. Dicha pala se compone de una caja de grava con la pared posterior redondeada y en la que la pared lateral delantera está provista de una abertura, en la parte baja, para el paso de la grava. Esta caja está dotada de un mango de tubo **T**, terminado en un puño **P**. Dentro del mango **T** pasa un pistón **R**, con el puño **M**, que corre por una hendidura longitudinal del tubo. (Fig 19).

El pistón **R** está fijo a una corredera **G** que recibe 3 laminillas flexibles **F**, teniendo en conjunto el aspecto de un biello. En la extremidad de cada una de estas laminillas está remachado un pequeño tope.

Estando la caja de la pala alojada en la sección desbalastada parcialmente, se sostiene el aparato con una mano por el puño **P**. Maniobrando con la otra mano el puño **M**, se hacen desplazar las laminillas en la caja; el fondo redondeado en cuarto de círculo transforma el movimiento vertical en movimiento horizontal a la salida de la pala, empujando así la grava debajo del durmiente levantado.

El desplazamiento de las láminas se hace en forma de abanico, alcanzando la longitud de 30 a 38 cm. en completa expansión.

Una vez levantado el durmiente la magnitud necesaria a se derrama la grava, previamente medida, en la pala que debe encontrarse en su posición correcta.

La grava derramada se introduce por gravedad primero, y luego por el movimiento de vaivén de las laminillas, en el hueco del durmiente, formando el relleno previsto.

Bastan , como máximo, 2 ó 3 golpes de pistón, disminuyendo la amplitud de las laminillas, imprimiendo al aparato un movimiento trepidatorio con la mano que sostiene el puño P.

Al final de la operación es bueno inclinar la pala muy ligeramente, de atrás hacia adelante, para que salga el resto de la grava por la abertura.

Para el montaje, el tubo T y el pistón R se atornillan simultánea y respectivamente en el marco C la corredera G. Se fijan por medio de las tuercas E y e.

b).- Alzamiento con pala especial dosificadora.-

Carretilla para grava.- Son las mismas carretillas que las descritas anteriormente y que se utilizan en el calzado con la pala de mango de cuello de cisne.

Pala para dosificar.- Esta pala permite tomar de la carretilla las cantidades necesarias de grava para el calzado.

Para obtener la dosificación deseada, es necesario tomar un volumen un poco mayor al que se desea y sacudir la pala de adelante hacia atrás y viceversa hasta que el nivel superior de la grava corresponda a una de las señales marcadas con agujeros, sobre las paredes laterales, para el alzamiento equivalente a 5 mm., 10 mm. y 20 mm., después de relleno. Las dosificaciones intermedias son estimadas. La dosificación es el volumen de grava que debe emplearse de un lado y otro del riel. (Fig. 20).

ALZAMIENTO PROPIAMENTE DICHO.-

A).- Alzamiento con pala "cuello de cisne".-

El alzamiento propiamente dicho, consiste en colocar, debajo de la cabeza de cada durmiente que se trate de levantar, la cantidad de balasto menudo o grava, justamente necesaria, para obtener, después de apisonado, el levantamiento que se desea.

Para ejecutar esta operación se levanta la vía con gatos, a la altura estrictamente indispensable y la grava se coloca en su lugar con la ayuda de la pala para calzar.

Es indispensable que las paletadas para el alzamiento sean colocadas en su lugar con estricta sujeción a las siguientes indicaciones:

- 1.- Deslícese la pala, donde la gravilla estará uniformemente repartida, por debajo del durmiente hasta tocar el extremo de la excavación, donde el balasto no fué removido.
- 2.- Apoyese la pala horizontalmente sobre la superficie de asiento del durmiente.
- 3.- Levántese ligeramente el mango de la pala.
- 4.- Retírese la pala con un golpe seco.

Las paletadas son colocadas sobre el apoyo del durmiente en la forma siguiente:

- 1.- Para efectuar un alzamiento de 1 a 10 mm. (por ejemplo 7 mm.) se colocan, sobre la superficie de apoyo de la cabeza del durmiente que se trata de levantar: Dos paletadas de 7 mm., a la derecha del riel y dos paletadas de 7 mm., a la izquierda. Estas 4 paletadas son yuxtapuestas como se indica en la figura.
- 2.- Para un levante de 10 a 20 mm (16 mm.) por ejemplo primeramente se colocan sobre la superficie de apoyo de la cabeza del durmiente: 4 paletadas de 6 mm. yuxtapuestas, como queda indicado. Se agregan 4 paletadas de 6 mm. superpuestas a las precedentes.

3.- Para un alzamiento de 28 mm., por ejemplo, se colocan 4 paletadas de 10 mm. yuxtapuestas, después 4 nuevas paletadas de 10 mm. superpuestas a las precedentes y al final 4 paletadas de 8 mm. Y así sucesivamente. (Fig. 21)

Cuando una cabeza de durmiente debe ser alzada una cantidad francamente superior al alzamiento por efectuar en la cabeza del durmiente debajo del otro carril, es necesario tenerlo en cuenta para determinar el valor de las diversas paletadas yuxtapuestas introducidas debajo de cada carril.

Por ejemplo, si la cabeza del durmiente, debajo del carril G, es elevada 15 mm., y la cabeza del durmiente de la fila D, 5 mm., los diversos valores de las paletadas deberán corresponder a alzamientos de 14,15,16 y 17 mm. de la derecha hacia la izquierda, debajo del carril G, y a alzamientos de 6,5,4 y 3 de la izquierda hacia la derecha debajo del carril D. (Fig. 22).

La brigada típica de alzamiento se compone de 6 hombres: 4 hombres con pala a razón de 2 por cada carril, de uno y otro lado de la carretilla. El primero de cada lado se ocupa de las cabezas de durmiente de rango impar en tanto que el segundo se ocupa de los de rango par. Los dos obreros de cada carril, toman sus paletadas de la carretilla la cual está colocada, para ese objeto, sobre un espacio no desbalastado entre dos durmientes.

Dos encargados de los 4 gatos y que además aprovisionen las carretillas de grava. Los 4 gatos se ponen frente a frente, 2 y 2 bajo cada carril.

Los 4 hombres con pala trabajan dentro del cuadro de los 4 gatos. Cuando son alcanzados los dos gatos de adelante, los dos gatos de atrás son llevados más allá, aproximadamente 9 durmientes, quedando atrás los que antes eran gatos delanteros.

~~Los gatos son siempre colocados en un espacio no desbalastado,~~
entre durmientes. La colocación de los gatos es ejecutada por los desbalastadores.

Después de quitar los gatos, los encargados van a buscar el balasto al almacén más cercano para llenar las carretillas. (Fig. 23).

B).- Alzamiento con pala dosificadora.

Se procede como en el caso de alzamiento con pala de mango de cuello de cisne: Se levanta la vía con gatos, a la altura estrictamente indispensable, y se coloca la grava en su lugar con la pala especial. Este aparato recibe la grava dosificada por el obrero-dosificador, el cual se vale de la pala para dosificar.

Las paletadas son colocadas en la siguiente forma sobre el lecho de apoyo:

- 1.- Para efectuar un alzamiento de 1 a 20 mm. (por ejemplo 15 mm.) se coloca, sobre el apoyo de la cabeza del durmiente que se trata de levantar, una paletada de 15 mm, a la derecha del eje del riel y una paletada de 15 mm. a la izquierda.
- 2.- Para un alzamiento de 20 a 30 mm. (28 mm. por ejemplo) se colocan primero, bajo el apoyo de la cabeza del durmiente: 2 paletadas de 20 mm. Se añaden 2 paletadas de 8 mm., superpuestas a las precedentes.

Una de las ventajas de la pala dosificadora en relación con la pala de mango cuello de cisne es que:

- 1.- Para los alzamientos de 1 a 10 mm., se colocan dos paletadas en lugar de 4.
- 2.- Para los alzamientos de 1 a 20 mm., se colocan 2 paletadas en lugar de 8.
- 3.- Para los alzamientos de 1 a 30 mm., se colocan 4 paletadas en lugar de 12.

En resumen, el valor de una paletada con pala especial es el doble de una paletada con la otra pala descrita anteriormente, para un mismo alzamiento.

Esta duplicidad del volumen de grava se obtiene automáticamente mediante la graduación de la pala para dosificar.

Brigada tipo.-

Se compone de 6 obreros:

2 hombres con pala, uno sobre cada carril caminando de frente.

2 dosificadores, uno por cada pala.

2 encargados de los gatos (4), que a la vez hacen el aprovisionamiento de las carretillas de grava. Los 4 gatos se colocan frente a frente, dos a dos bajo cada carril.

Los dosificadores extraen la grava de las carretillas con la pala dosificadora y sirve, cada uno, una de las palas especiales. Este personal trabaja dentro del cuadro de los gatos. Los gatos se colocan en los cajones semi-desbalastados sin tener que preparar un lugar especial. (Fig. 24).

Movimiento de los gatos.-

En este procedimiento con pala especial, los gatos se colocan en el cajón desbalastado parcialmente. En esta forma la cabeza del durmiente que sostiene, el gato no se puede rellenar; sería preciso omitirla por el momento, para volver atrás enseguida. Por otra parte, los gatos se colocan a intervalos de 9 durmientes; sí, en el curso del desplazamiento de los gatos, se adelantaran estos arriba de 18 durmientes, se tendrían los siguientes inconvenientes:

- 1.- Pérdidas de tiempo del personal.
- 2.- Aprovisionamiento insuficiente de grava.
- 3.- Paro forzoso de los calzadores.

Para evitar estos inconvenientes pasajeros y periódicos el movimiento de los gatos se hace como sigue:

1a. Fase.- Al empezar el trabajo o al reanudarlo, después del paso de un tren, los gatos se colocan espaciados 9 durmientes.

2a. fase.- Cuando el obrero con pala está en el 7o. durmiente se desplaza el gato delantero hacia adelante 6 durmientes y se avanza el gato trasero, también, 6 durmientes. Los gatos quedan nuevamente espaciados a 9 durmientes. Durante este desplazamiento dicho operario ha terminado el 7o, 8o. y la parte interior del 9o. durmiente. En ningún caso el gato trasero sobrepasará al gato delantero.

Manejo de los gatos adaptados especialmente a trabajos de levante de vía.-

GATOS DE DISEÑO ESPECIAL

Acción de levantar.-

Alzamiento propiamente dicho.-

- 1.- Dese vuelta a la mariposa B de control hacia el lado opuesto al riel para engranar la rueda dentada al trinquete
- 2.- Métase la palanca C en el tubo A.
- 3.- Accionese la palanca para hacer trabajar el gato.
Quitese la palanca.

Desmantelamiento.-

- 1.- Con la mano izquierda levántese ligeramente el tubo A.
- 2.- Con la mano derecha voltéese hacia el riel la mariposa B.
- 3.- Sueltese el tubo A.

ACCION DE BAJAR.-

Dese un golpe sobre el extremo del tubo A.

El alzamiento de la vía para trabajos de levante se puede efectuar, ya sea por medio de gatos ordinarios para levantar la vía, o bien de preferencia, por medio de gatos adaptados especialmente para esta clase de trabajo. Estos últimos llamados "gatos para levante de vía" no son empleados, en principio, sino en vía ordinaria pero son preferibles a otros gatos porque queda libre el aparato, cuando está en posición baja y colocado en el exterior de la vía. Si por cualquier razón (presencia de banquetas, de muros u obstáculos diversos que impidan el abatimiento de la palanca, etc.) se hace obligatorio colocar estos gatos en el interior de la vía, se les debe entonces considerar como gatos ordinarios que trabajan como tales. (Fig. 25).

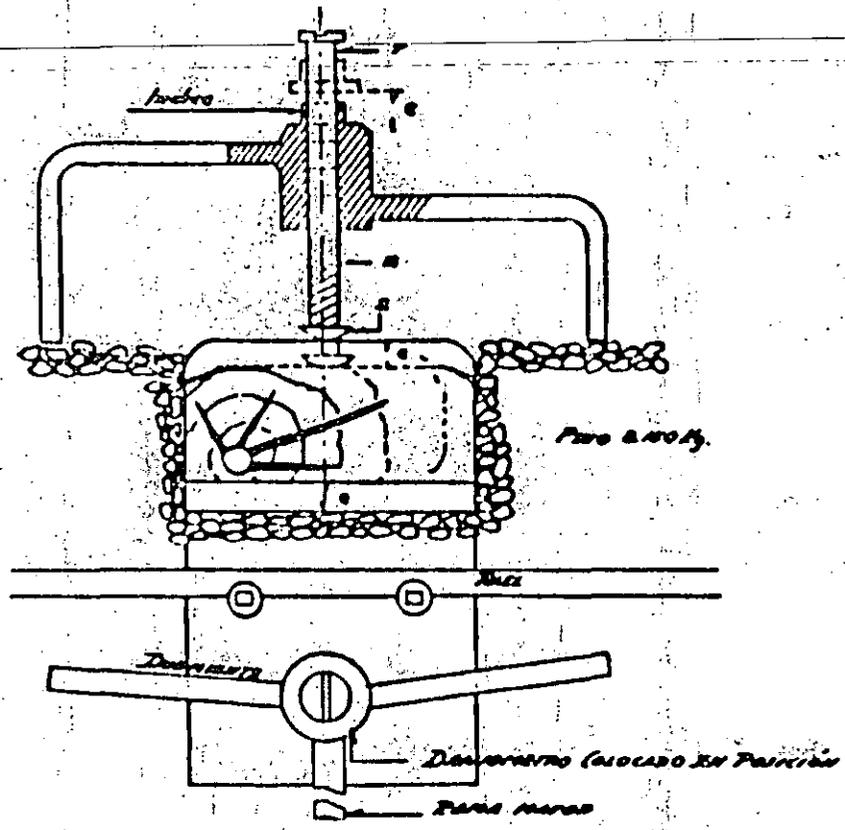


Fig. 1

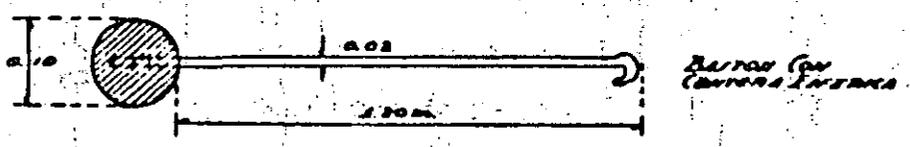


Fig. 2

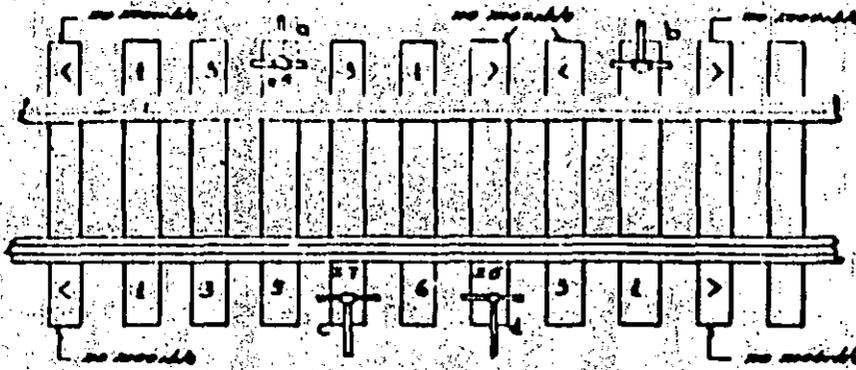


Fig. 3

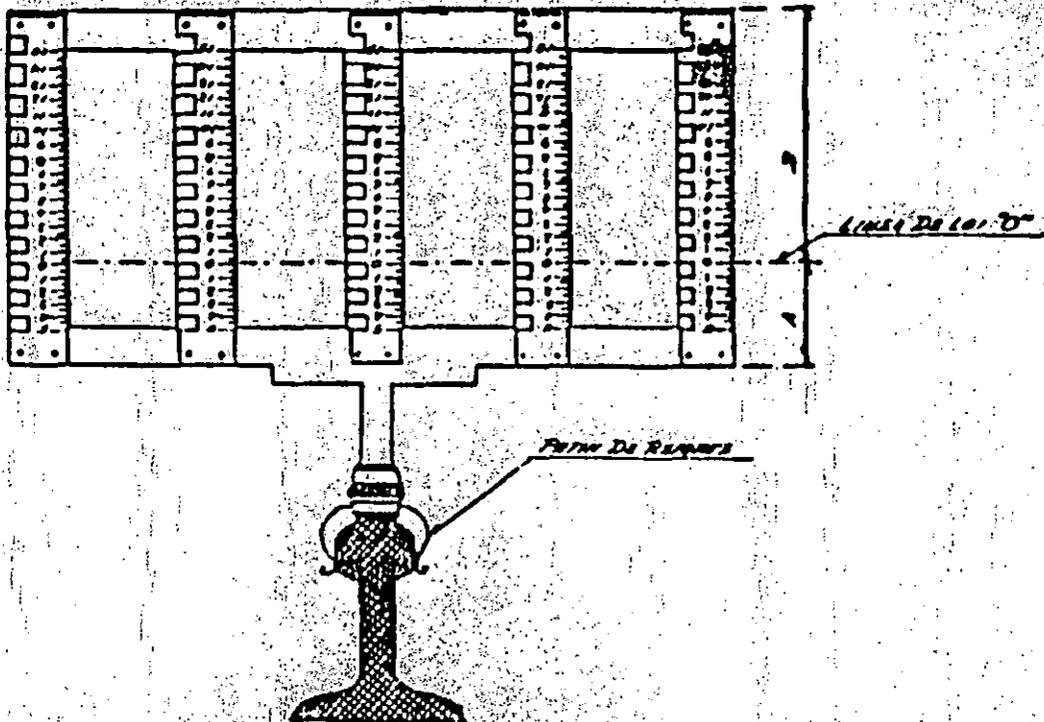


Fig. 4

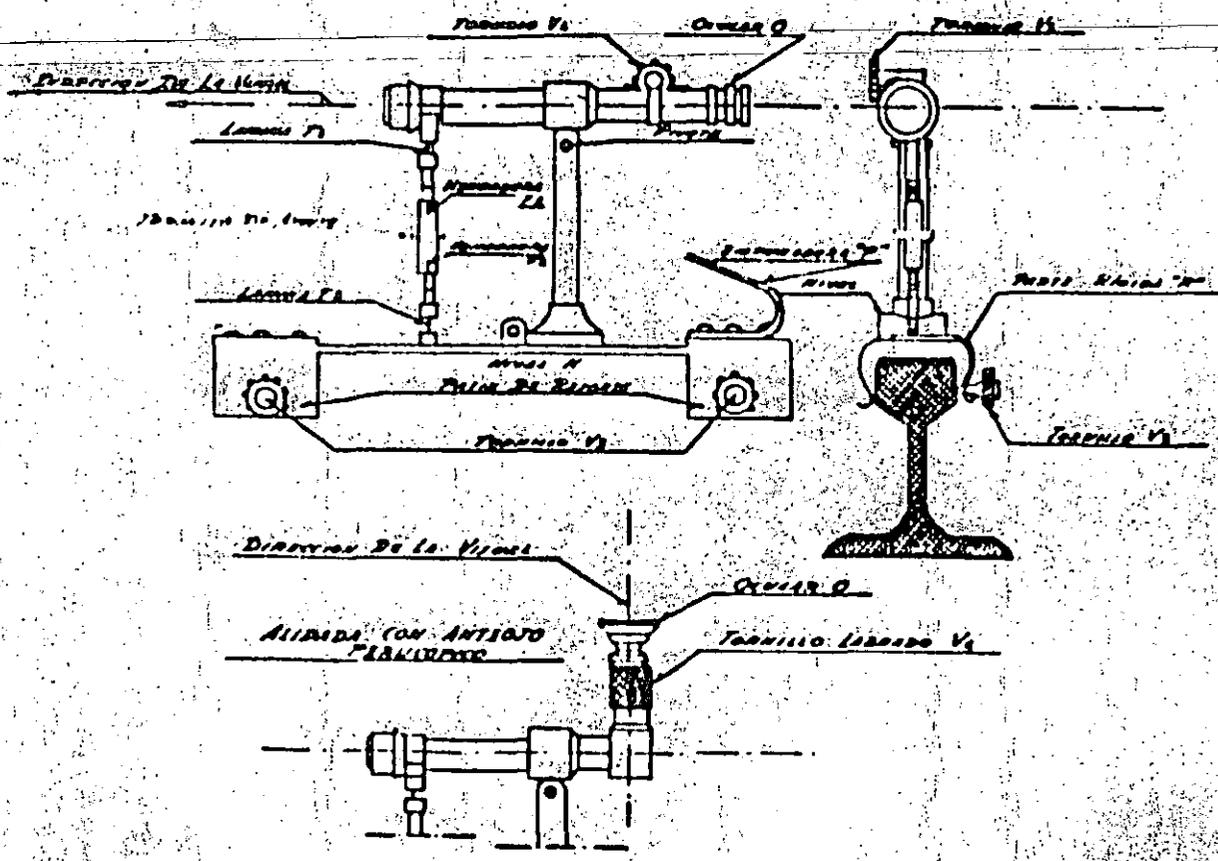


Fig. 5

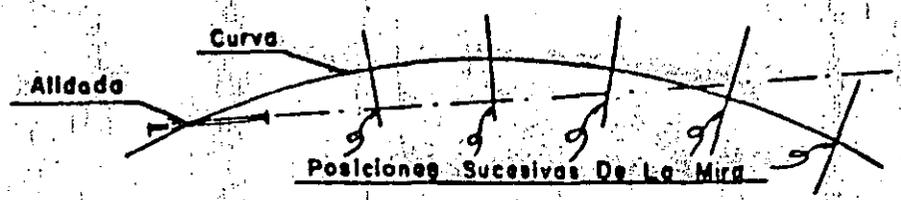


Fig. 6



Fig. 7

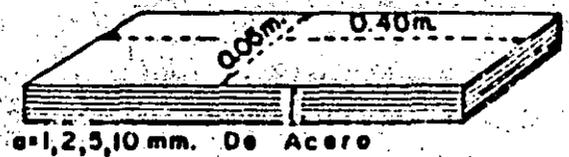


Fig. 8

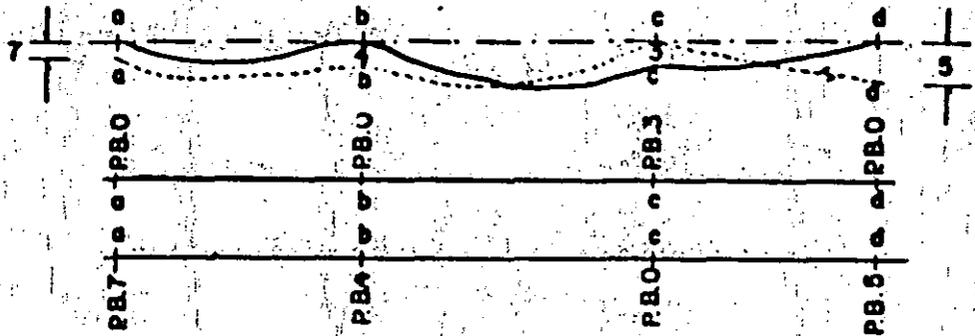


Fig. 9

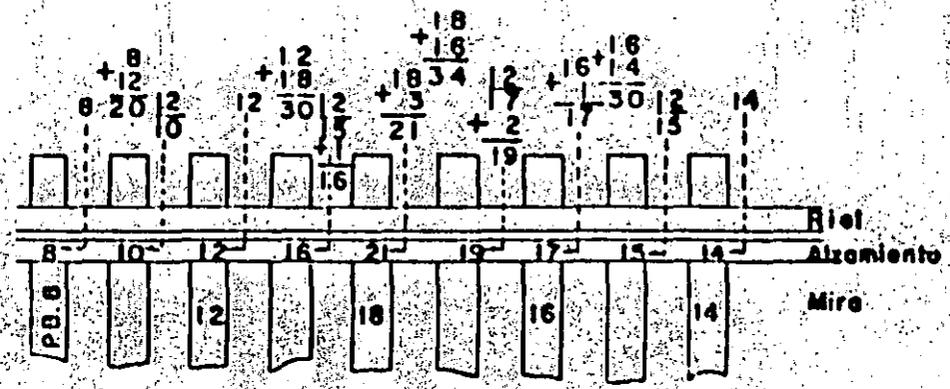


Fig. 10

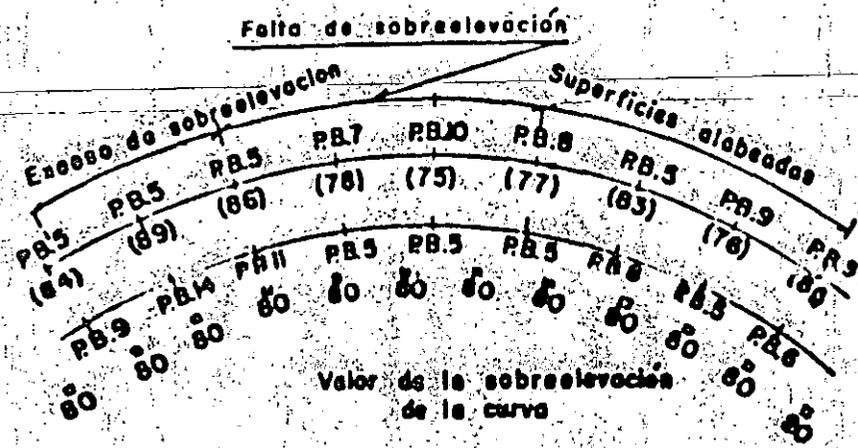


Fig. 11



Fig. 12

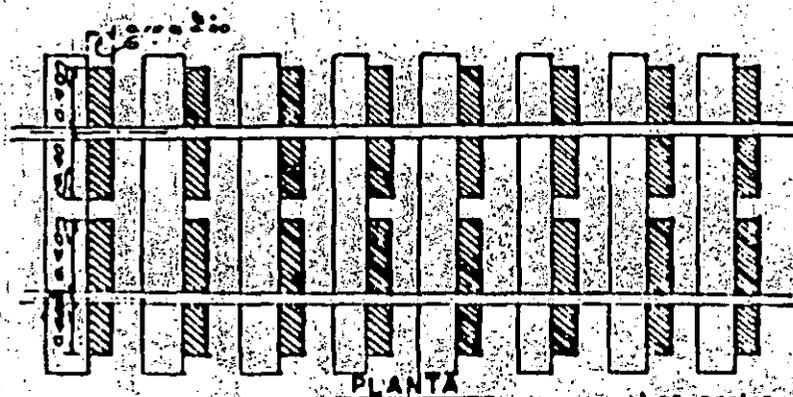


Fig. 13

Las partes debilitadas se indican con el hachurado



Fig. 14

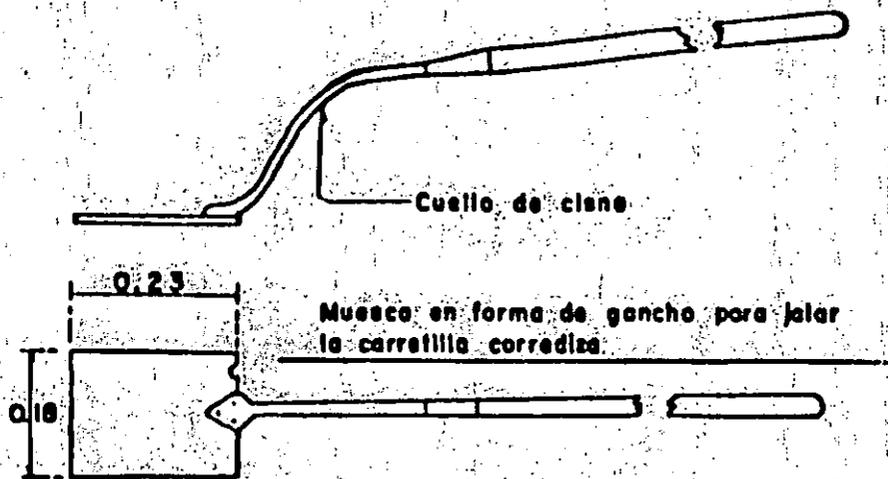


Fig. 15

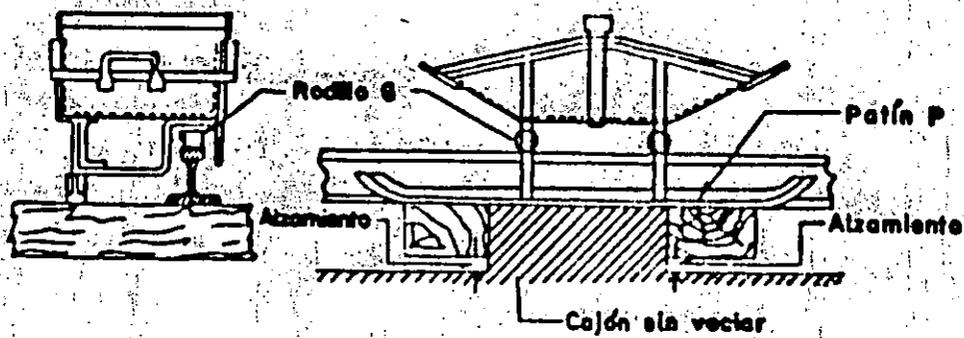


Fig. 16

Fig. 17

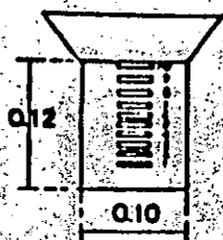


Fig. 18

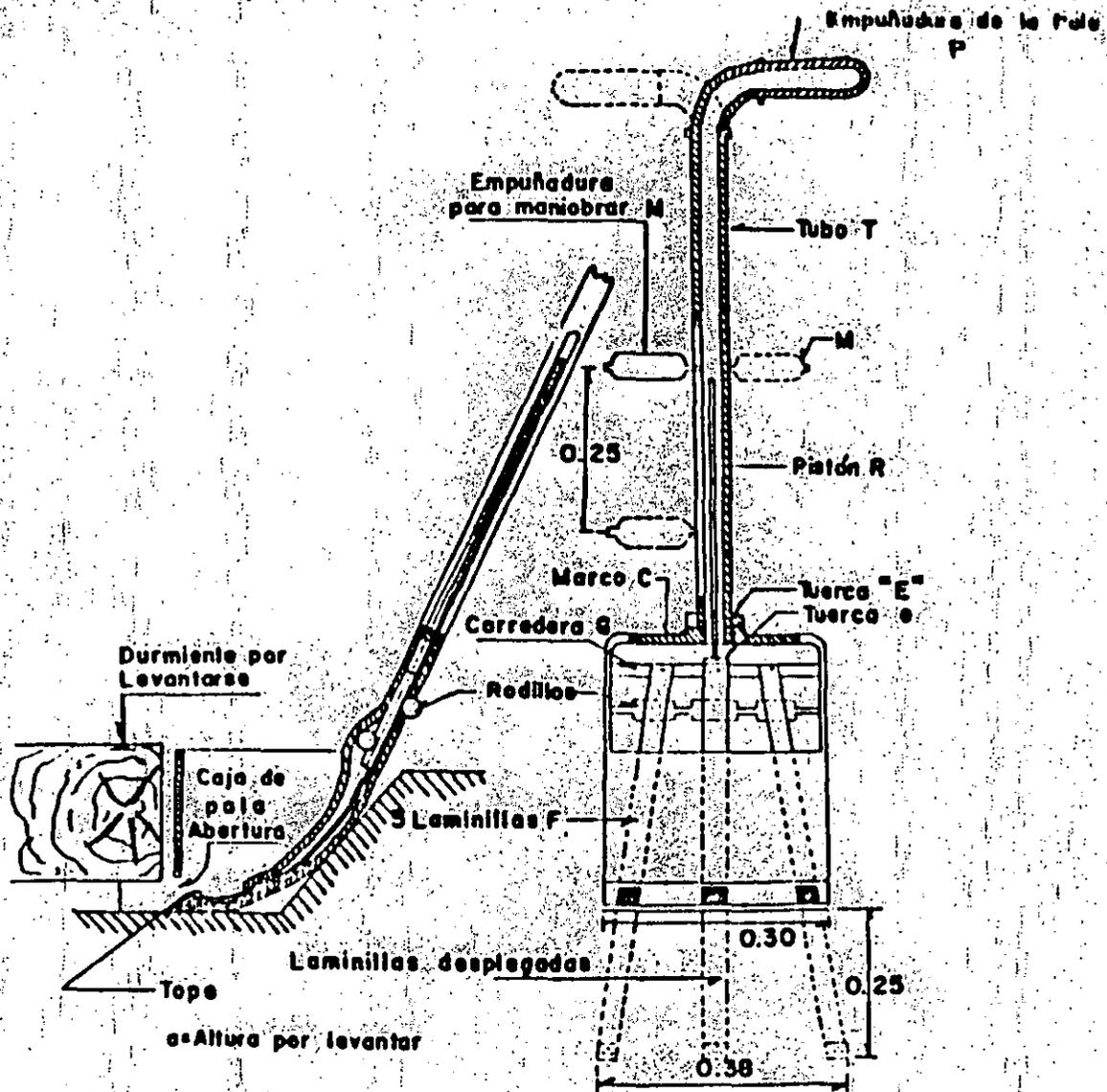


Fig. 19

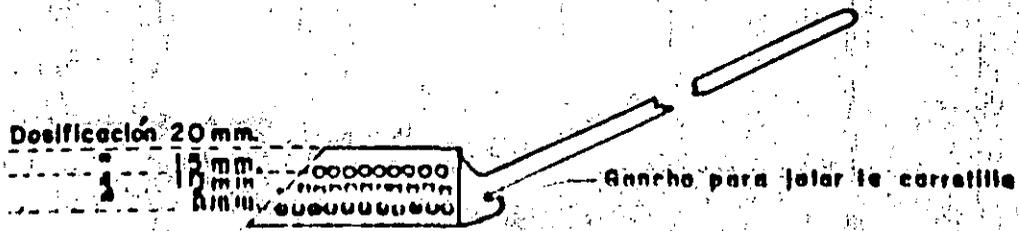


Fig. 20

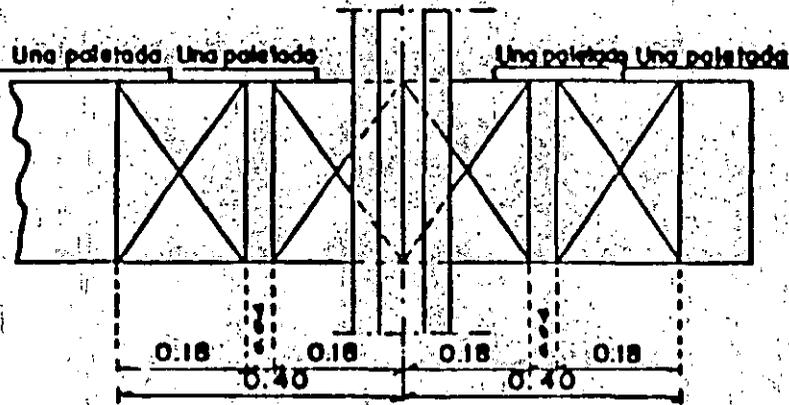
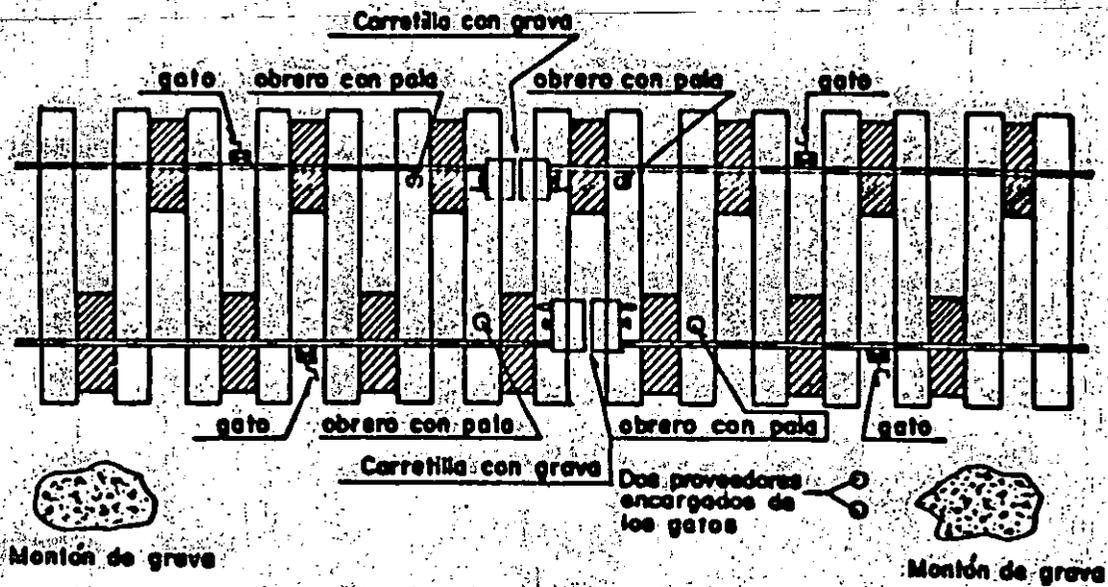


Fig. 21



Fig. 22



EQUIPO DE ALZAMIENTO CON PALA
 Brigada tipo de 6 hombres
 Distribución de operarios y herramientas

Fig. 23

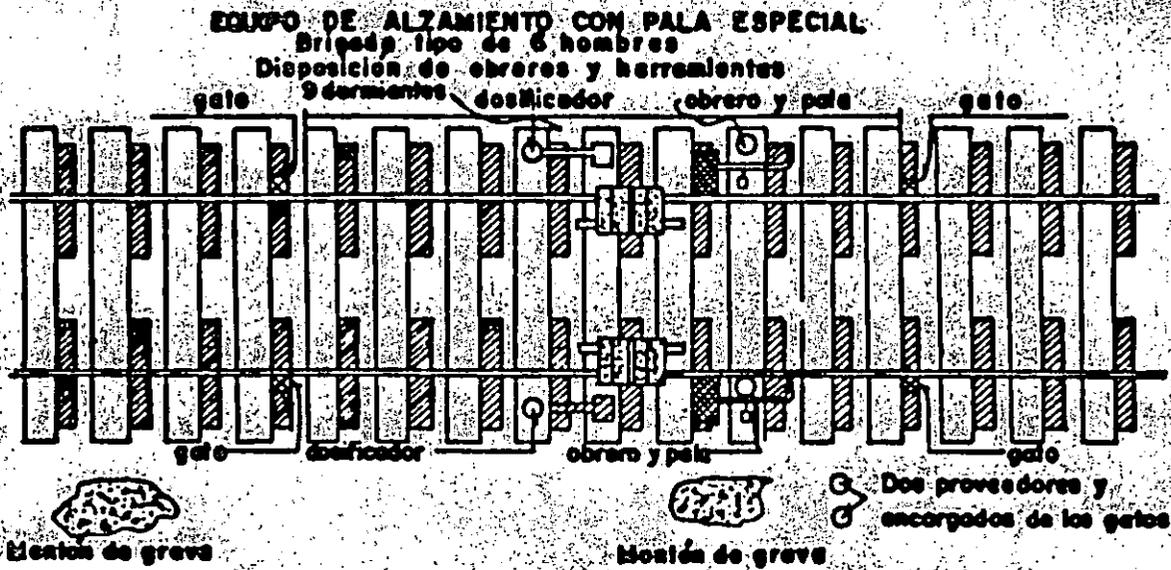
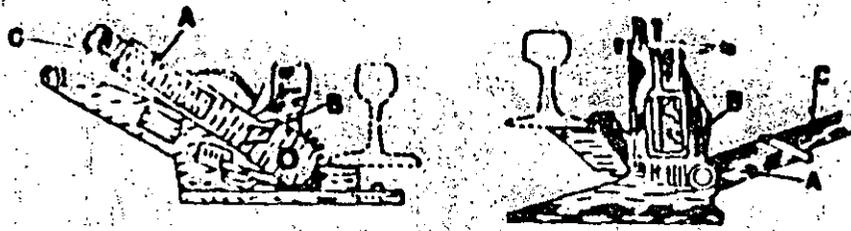


Fig. 24



GATOS DE DISEÑO ESPECIAL

Fig. 25

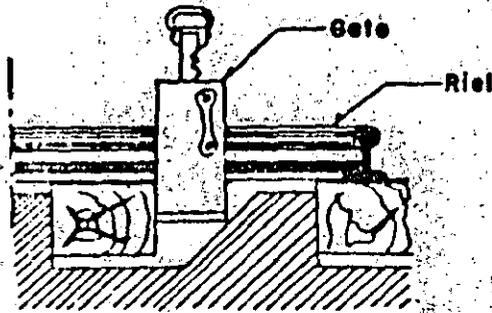


Fig. 25-A

3.3. SISTEMAS DE ALINEACION Y NIVELACION DE VIAS.

TRADUCCION DE LA REVISTA R.T. y S.

SISTEMAS DE ALINEACION Y NIVELACION DE VIAS.-

**TRADUCCION DEL ARTICULO DE LA REVISTA R.T.&S. ELABORADO POR
Helmuth Von Beckman.- Director del Grupo Canon.-**

Fué en 1959 que la Empresa Tamper introdujo a la Industria del mantenimiento de vías de Ferrocarril el primer y exitoso sistema del rayo luminoso (light-beam).- Este desarrollo fué inmediatamente aceptado como una lógica innovación sobre el sistema anteriormente usado de los dispositivos a base de cuerdas de alambre (wire devices).

El invento fue probado en un considerable número de sistemas de referencia basados en la emisión de rayos luminosos empleados en los años por venir.

Investigaciones propias de Tamper y constantes mejoras han dado por resultado, la combinación del SISTEMA DELTA para el Levante y nivelación transversal y el SISTEMA AUTO-GRAPHLINER para el alineamiento horizontal de la vía.

GEOMETRIA BASICA.-

Es un axioma que la manera más simple de alinear 2 puntos es colocando un tercer punto en alineación directa con los otros dos y en medio de ellos. (Figuras Nos. 2 y 4).

La firma Tamper decidió mejorar este sistema de referencia de 3 puntos por el camino de la automatización y alta precisión, con el propósito de lograr la más óptima eficiencia, combinando el "levante" con el nivel transversal de la vía.

La respuesta fué el SISTEMA DELTA DE NIVELACION (Fig. No. 1)

1.- Ventajas del Sistema DELTA.-

a) El operador puede establecer los ajustes de levante y nivel transversal en su posición, sin necesidad de realizar constantes ajustes a monitores en relación con el grado de curvatura.

b) Las correcciones de levante y nivel transversal se hacen simultáneamente, lo que acorta el ciclo de trabajo y proporciona buena precisión.

2.- Explicación del Sistema Delta.-

El Sistema Delta establece un plano de referencia horizontal que prácticamente "flota" sobre la vía a una altura constante en todo tiempo, esto se logra mediante la colocación del proyector de rayos infra-rojos, a una altura constante sobre la vía y siguiendo la pendiente del riel.

El Recibidor es colocado de la misma manera sobre la vía y los rieles en pendiente, sobre el tramo ya corregido.

El Recibidor sobre la sección transversal de la vía se mantiene en una posición horizontal constante junto con el Recibidor del riel en pendiente por medio de un sensor de gravedad de alta precisión, cuya oscilación, en la sección transversal de la vía, es menor de 0.75 mm. a 0.0029 pulgadas (Figs. de 4 a 7).

Una vez que el Recibidor se encuentra en el tramo de vía corregido, el extremo posterior del triángulo (Delta), se ha establecido la referencia; el otro punto extremo, al frente es el proyector móvil que se encuentra a una distancia constante de aproximadamente 120 pies (40 m.) del receptor, lo que faltaría por realizar es el ajuste del "pizarrón de sombras" (Fig.8) la altura y sobreelevación deseadas hasta que el rayo

luminoso intercepte el plano formado por los 3 puntos, lo cual se logra a la adecuada pendiente y sobreelevación por medio de los "gatos", lo anterior no requiere ningún manipuleo del operador o la observación de instrumentos complejos, ya que la máquina no tiene otra opción que "detener" el levante de ambos rieles a una medida predeterminada (ajuste).

El ajuste de la altura del total de tramo de vía a trabajar, se logra por medio de un volante con una escala graduada que indica la altura total acumulada. El "volante de levante" baja paralelamente el "pizarrón de sombras" sin afectar el nivel transversal o ajuste angular (Fig. 10).

Debido a que tanto el ajuste del levante como del nivel transversal están al alcance del operador, no hay necesidad de que el operador abandone su lugar o salga al encuentro del buggy frontal (carro frontal) para realizar cualquier cambio. La sobreposición de los dos ajustes se muestra en la Fig. 10.

3.- AUTOGRAFICADOR (Auto-Graphliner).-

Este sistema se basa en el principio de la alineación por el método de la cuerda, consiste en lo siguiente:

- a) La cuerda está constituida por un rayo luminoso (Fig. 11)
- b) La ordenada o flecha se mide cerca del extremo posterior de la cuerda en vez del centro de la misma. (Fig. 11).
- c) Se obtiene una gráfica de la vía existente para facilitar la corrección óptima, de acuerdo con el trazo original de la vía. (Fig. 12).

El tablero situado en la cabina del operador es conectado directamente a un "pizarrón de sombras" motorizado de tal modo que un estilógrafo sigue el movimiento de un pizarrón en constante cabeceo, produciendo una gráfica o diagrama de cuerdas-flechas.

El papel milimétrico y los mecanismos fueron diseñados para mostrar que una pulgada a la escala vertical de la gráfica equivale a un grado (Inglés) de curvatura, por lo tanto, una ordenada (flecha) de 5" equivale a una curva de 5 grados (Ingléses). (Figs. 12 y 13).

Para la corrección del alineamiento de la vía en curva, el operador o el mayordomo dibuja una "línea compensadora" sobre la gráfica de la curva irregular (actualmente se emplea una cinta negra adhesiva que se coloca sobre la gráfica, fácilmente). (Fig. 14).

Inmediatamente después, el operador mueve el switch de "alineación automática", antes de colocar la máquina (multicalzadora) en el origen del tramo a nivelar; mediante este procedimiento se hace trabajar un sensor foto-eléctrico que sigue el curso de la cinta colocada sobre la gráfica, corrigiendo el alineamiento de la curva, de principio a fin. (Fig. 14).

Debido a la interconexión física entre el sensor y el "pizarrón de sombras" el sensor transmite al pizarrón los valores de las flechas que debe corregir y la multicalzadora procede a realizar la operación. Si se desea, el sistema puede emplearse como un medio de comprobación, posterior a la ejecución del trabajo.

Se proporcionan algunas variantes de este sistema, por ejemplo el "Graficador" para clientes que prefieren una menor automatización. Más aún, los controles automáticos pueden ser eliminados o desconectados, si las ordenadas (cuerdas) son calculadas a mano o son constantes, como ocurre a lo largo de una curva circular. Un cálculo para la porción de curva circular será suficiente para producir una curva bien alineada.

Deberá entenderse que tanto los ciclos de levante (nivelación), como la sobreelevación, prácticamente se realizan simultáneamente por lo que se obtiene la máxima eficiencia de la multicalzadora.

Si el operador o mayordomo desea trabajar con "puntos fijos", lo puede lograr mediante el ajuste de los proyectores y trabajar la multicalzadora en forma automática y de acuerdo a esa condición impuesta. El equipo puede así trabajar en áreas de puentes y cruceros con el carro (bugy) proyector fijo y con el método de trabajo dirigido hacia el.

El calzado local y los defectos de nivel por juntas defectuosas pueden realizarse fácilmente usando una "palanca de desconectar", que provoca la emisión de un rayo luminoso sobre cada riel, para el "levante" de un riel individual.

El sistema puede además detectar defectos de nivel y (puntos bajos) en la vía con la simple observación de los indicadores de luces en el tablero que indican tanto "puntos bajos" como puntos fuera de línea.

ANEXOS.- Figuras Explicativas.

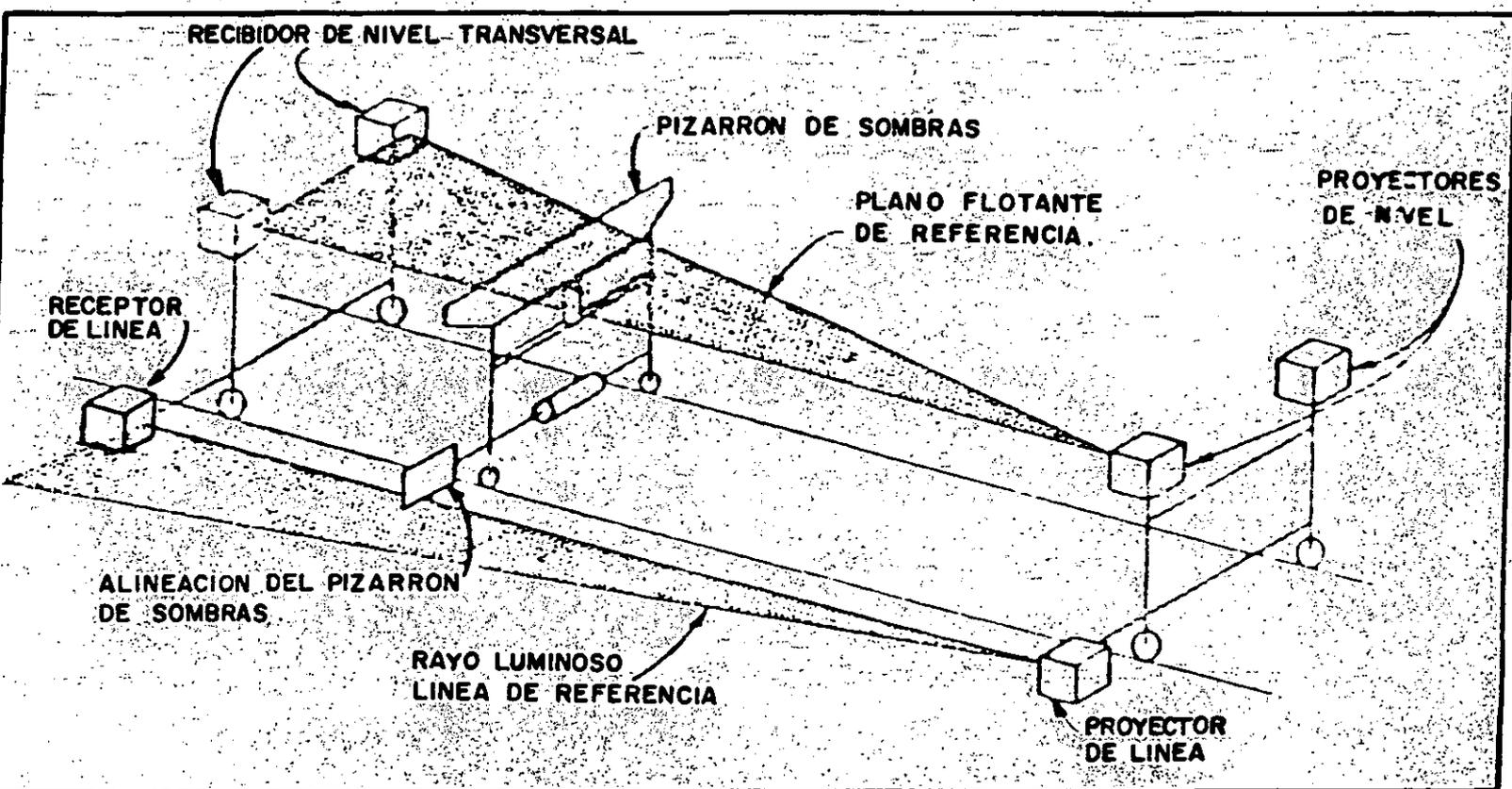


Fig. 1.- SISTEMA DE ALINEACION Y NIVELACION DELTA.

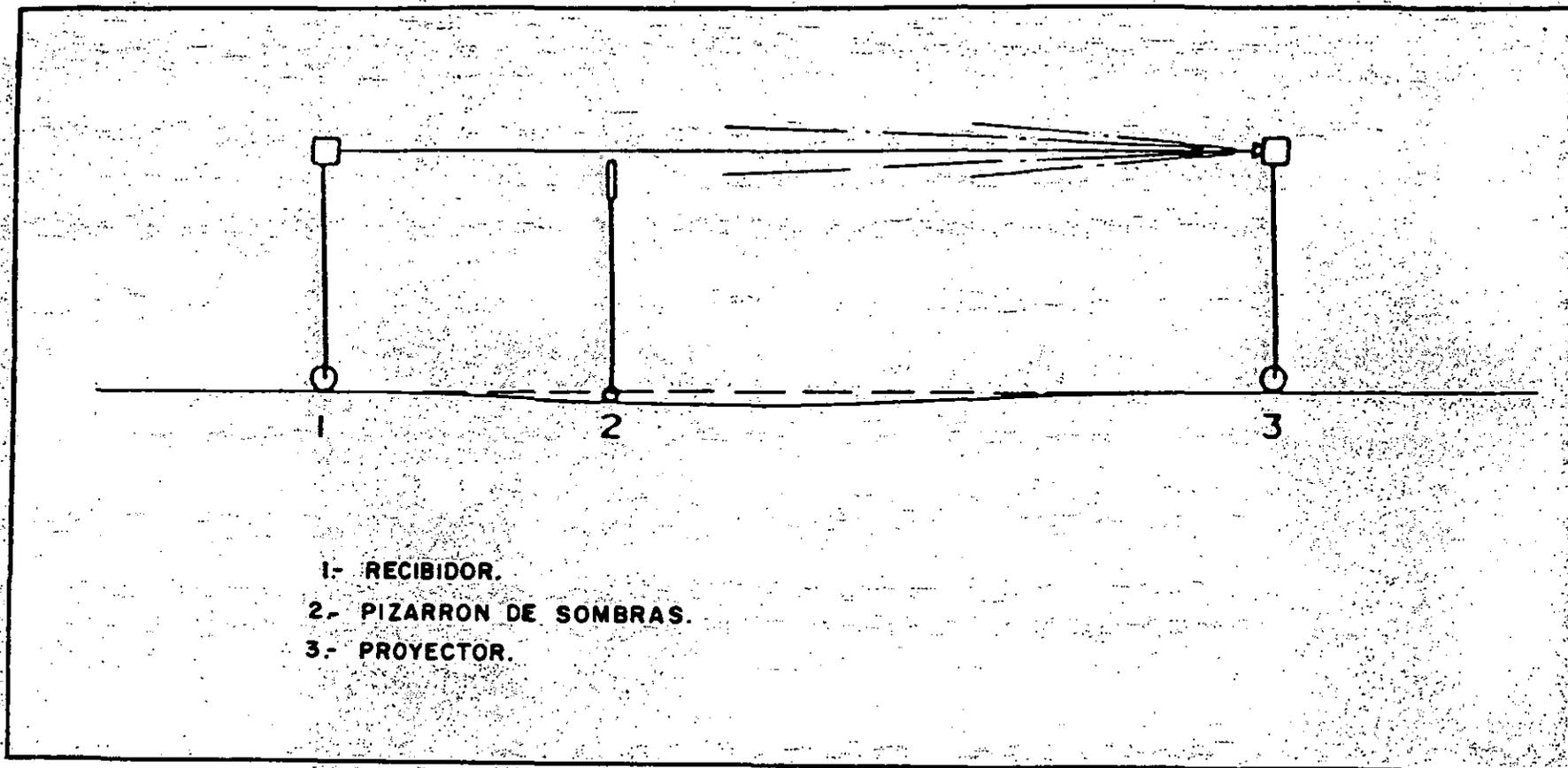


Fig. 2.- SISTEMA DE NIVELACION CON TRES PUNTOS.

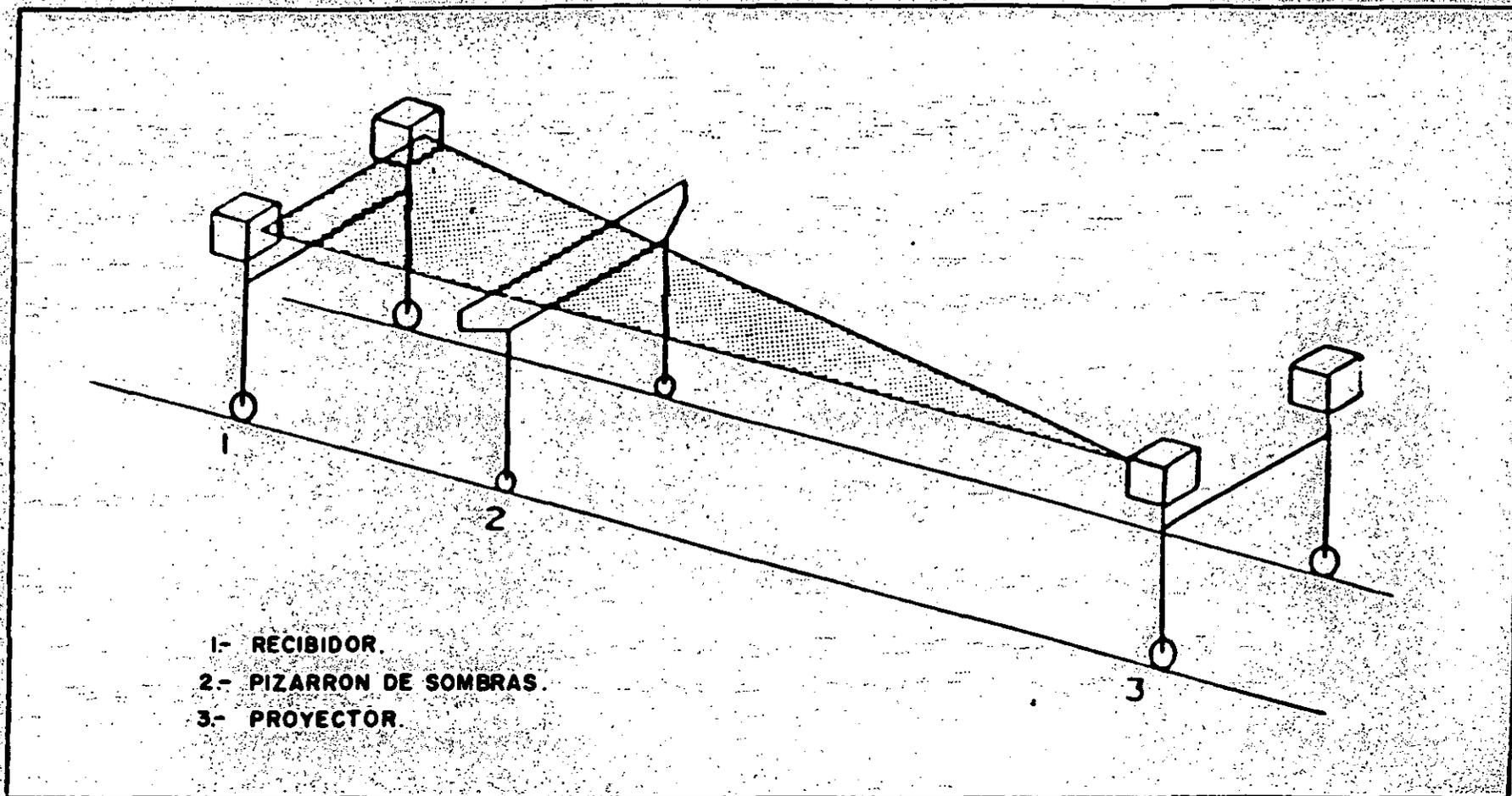


Fig. 4.- SISTEMA DELTA DE NIVELACION.

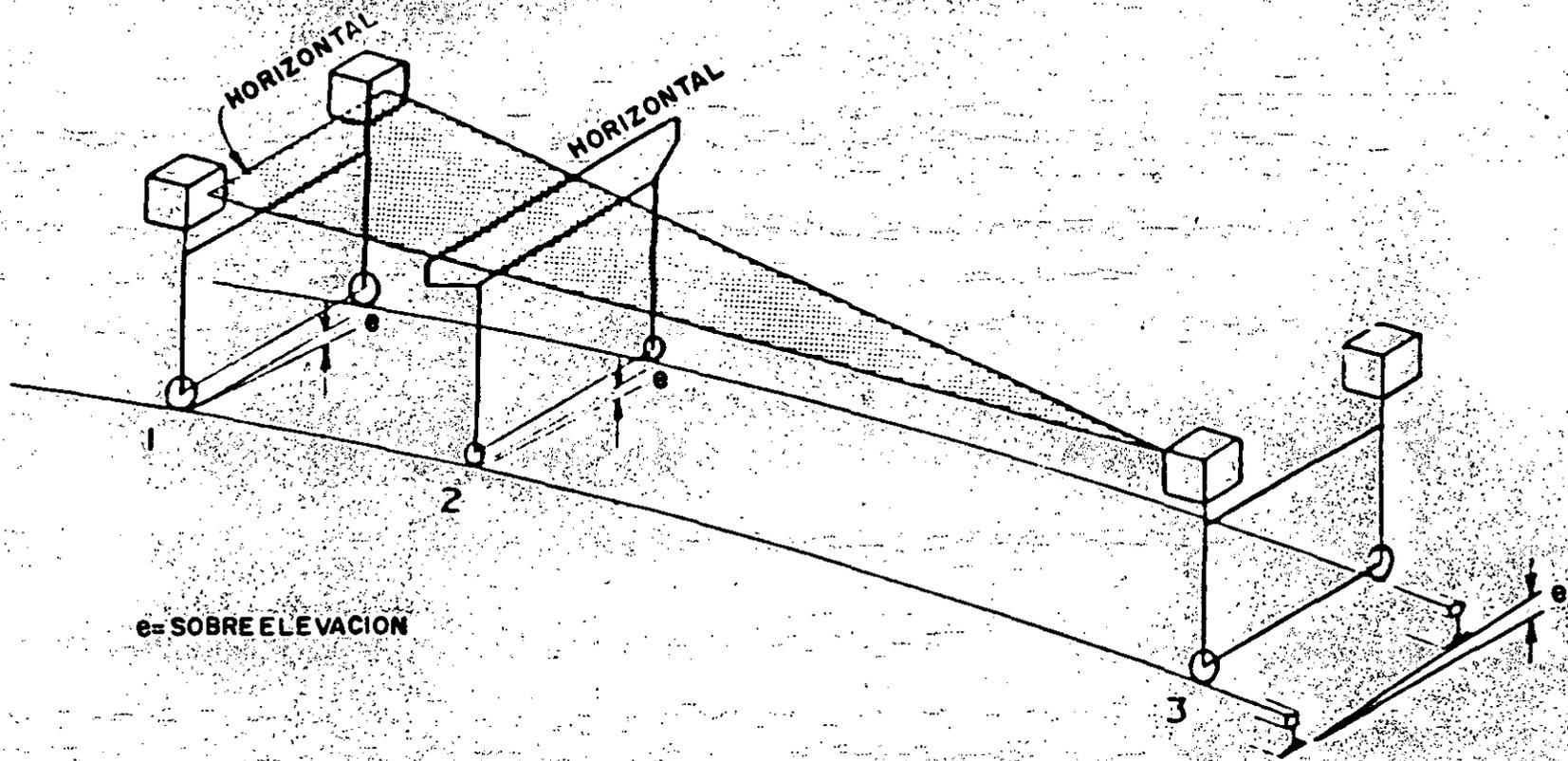


Fig. 5.- SOBRE ELEVACION EN CURVA

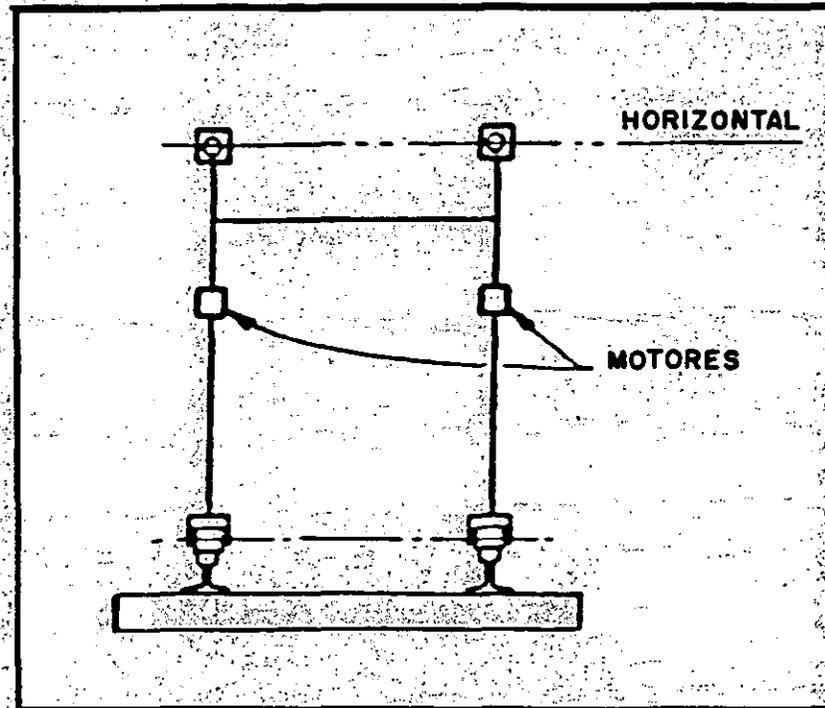


Fig. 6- VIA EN TANGENTE

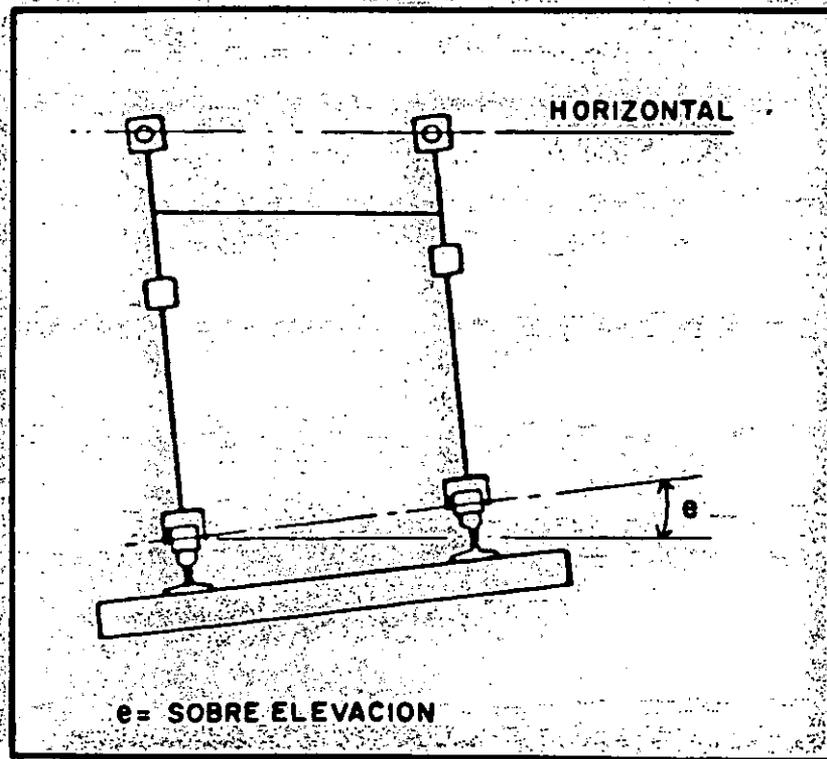


Fig.7- VIA SOBRE ELEVADA.

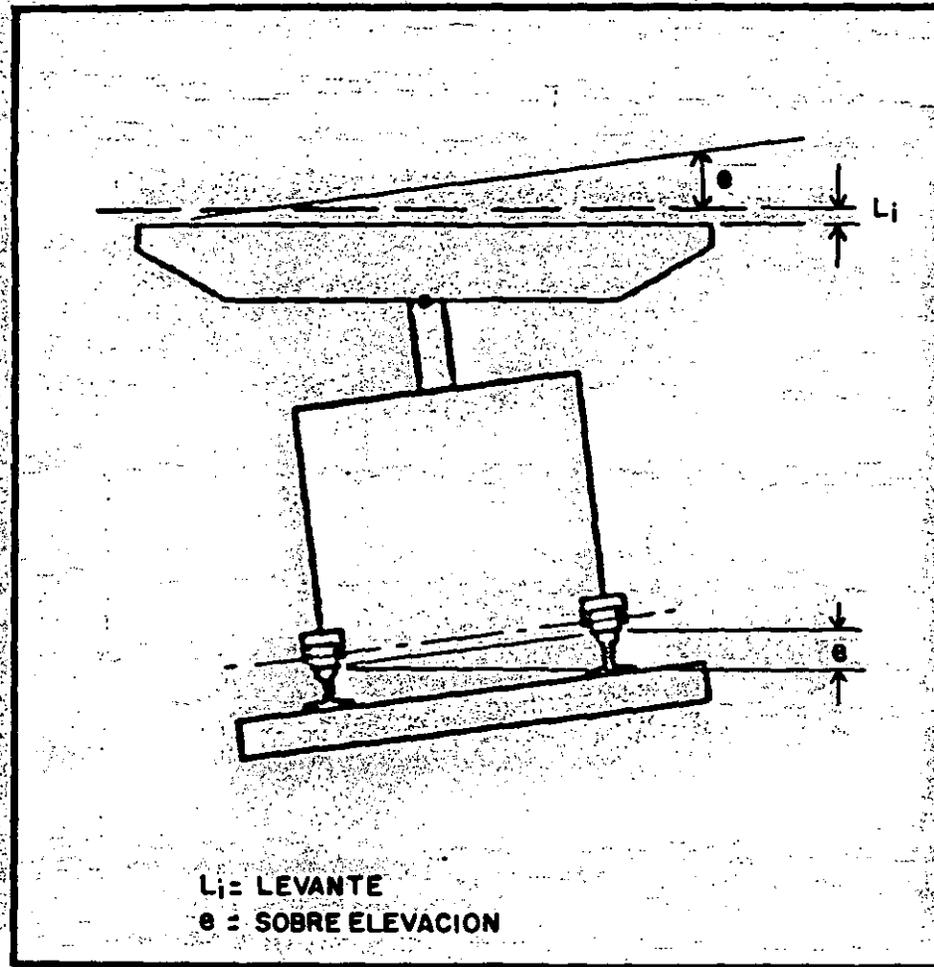
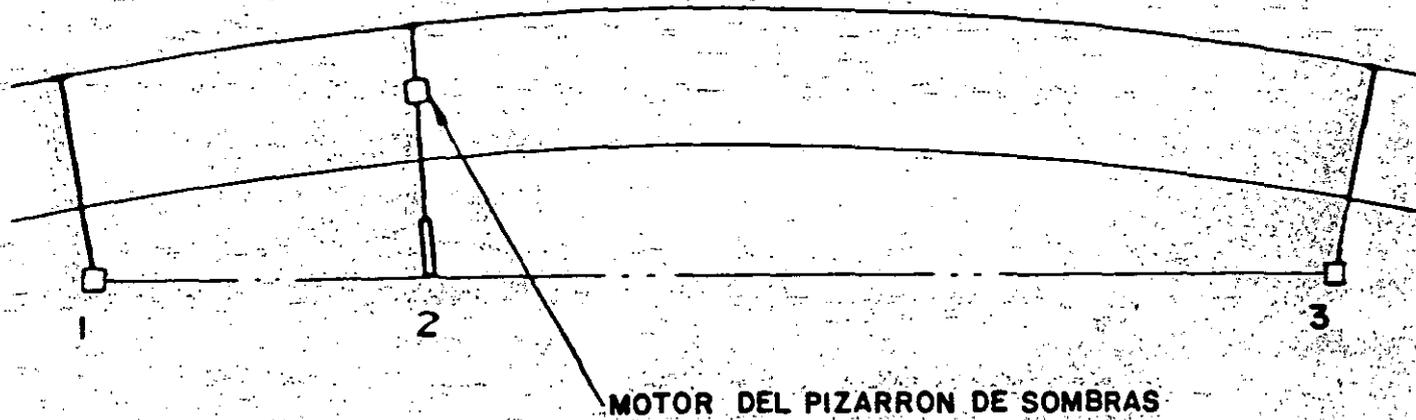


Fig. 10- LEVANTE Y SOBRE ELEVACION COMBINADOS.



- 1- RECIBIDOR
- 2- PIZARRON DE SOMBRAS
- 3- PROYECTOR

Fig.11- SISTEMA DE ALINEACION DE TRES PUNTOS.

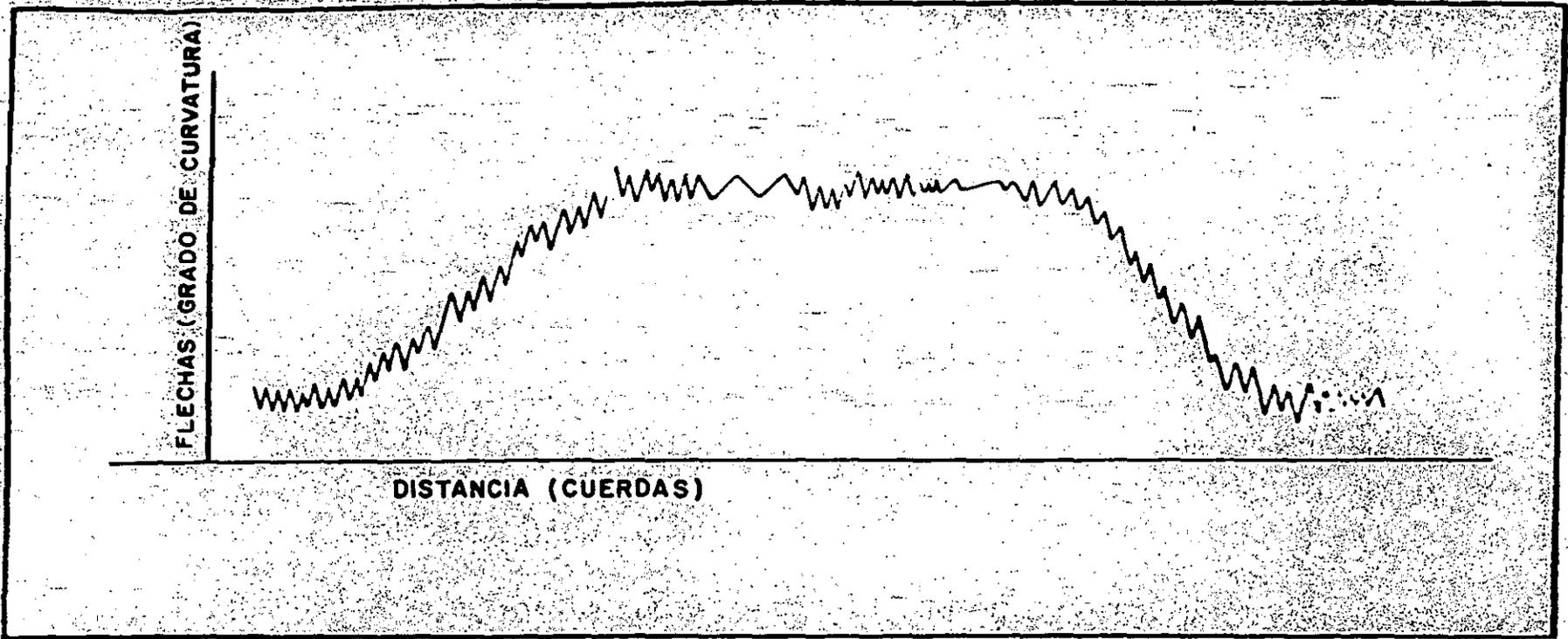


Fig.12.- LEVANTAMIENTO DE CAMPO DE UNA CURVA COMPUESTA.

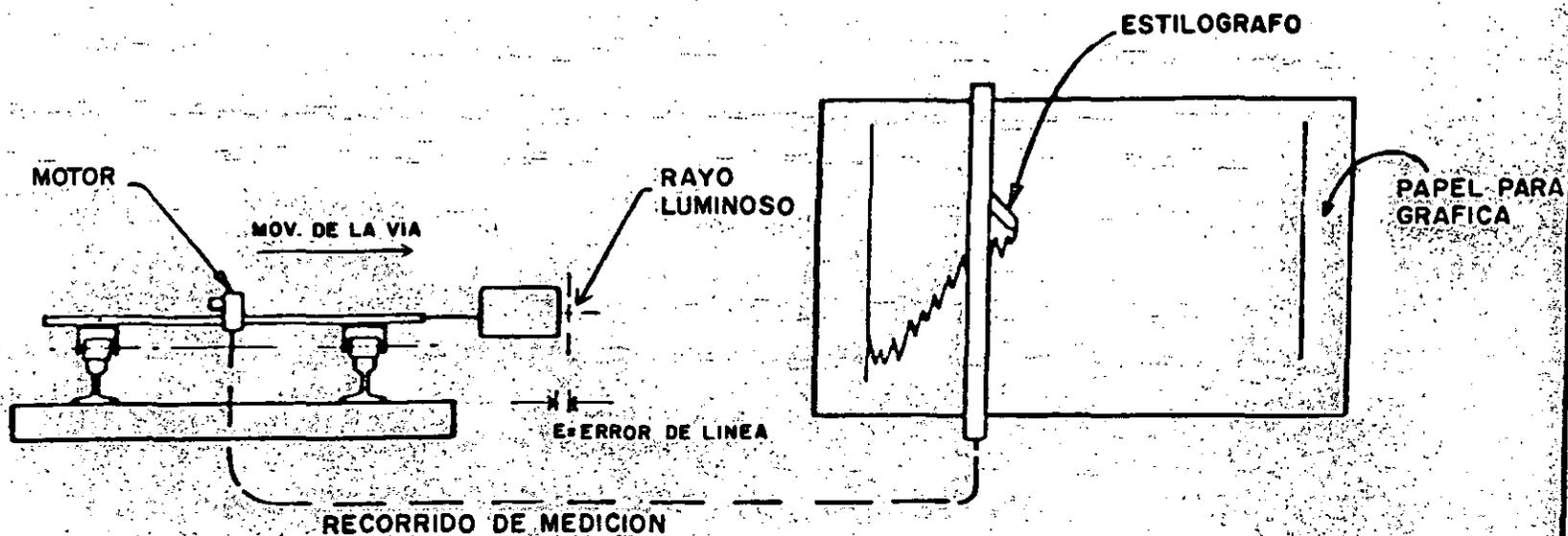


Fig. 13 SISTEMA DE MEDICION Y GRAFICADO. VIA EN CURVA

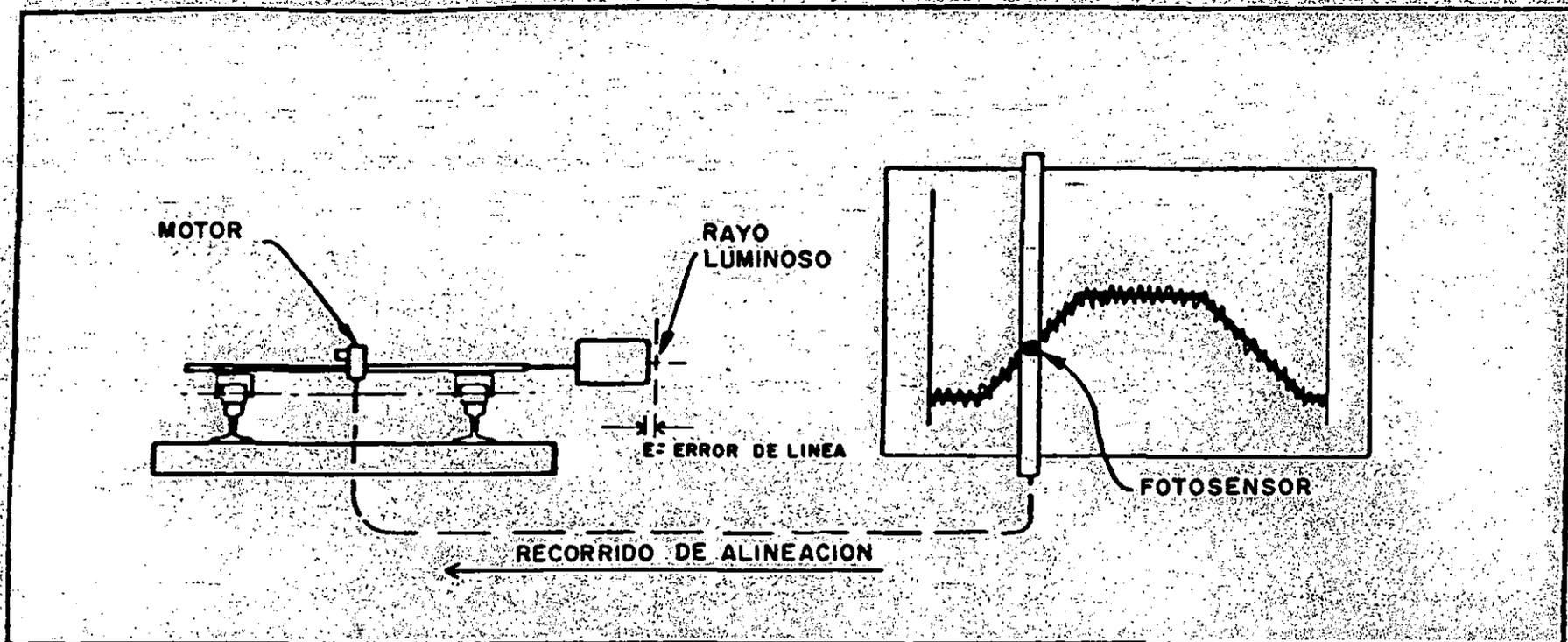


Fig.14.- SISTEMA DE ALINEACION DE VIAS EN CURVA.

**3.4. INYECCION DE PIEDRA (BALASTO) UN METODO
PARA MEJORAR EL MANTENIMIENTO DE LAS VIAS.**

INYECCION DE PIEDRA (BALASTO).-
UN METODO PARA MEJORAR EL MANTENIMIENTO DE LAS VIAS.

Pruebas realizadas por la Asociación Americana de Ferrocarriles (AAR) demostraron que el método de inyección de balasto conserva perfiles de vía apropiados en una relación de 3 a 1, en comparación con la vía calzada.

Haciendo mucho énfasis al concepto **Productividad**, los oficiales del Ferrocarril que tienen a su cargo el mantenimiento de las vías pueden estar olvidando un aspecto importante en el mantenimiento de la vía: Esto es la duración de los trabajos de mantenimiento, para un determinado procedimiento de levante-alineación.

La efectividad del trabajo de mantenimiento debe ser medido no solamente por su calidad, inmediatamente después de haber sido realizado, sino también con el transcurso del tiempo y por supuesto, con el tráfico de trenes. Esto es especialmente importante cuando se consideran operaciones de acabado de la sección de la vía.

A medida que los efectos del calzado lleguen a ser mejor entendidos parecerá claro que otros resultados son también: corta vida del mantenimiento y degradación (destrucción) del balasto.

Un método alternativo: La inyección de balasto ha sido demostrado por los Ferrocarriles Ingleses (British Rail), con duraciones hasta 3 veces superiores a los trabajos realizados con calzadoras.

La Asociación Americana de Ferrocarriles (AAR) realizó pruebas físicas con el método de inyección de balasto; sin embargo los Ferrocarriles Norteamericanos no habían probado este método bajo las pesadas cargas por eje que se observa en la operación

ferroviaria de los Estados Unidos de N.A. Desarrollado por los Ferrocarriles Ingleses, el método de inyección de balasto es un proceso de mantenimiento que consiste en levantar ciertos "Durmientes bajos" y colocar una cantidad reducida de balasto, de tamaño variable entre 1/2" y 3/4", abajo de su lecho, por medio de un proceso de "soplado" a través de un tubo.

Aunque la práctica general de este procedimiento data del año 1930, conocido con el nombre de "pala medidora", las herramientas empleadas a la fecha han tenido un considerable desarrollo. Los Ferrocarriles Ingleses emplean un sistema mecanizado de inyección de balasto. La Asociación Americana de Ferrocarriles (AAR), para la realización de sus pruebas empleó métodos manuales; el principio es el mismo, sin embargo, no debe haber diferencia sustancial en el comportamiento de la vía conservada por cualquier equipo.

En las pruebas realizadas por la Asociación Americana de Ferrocarriles, una pre-inyección fué recomendada para indicar la cantidad de balasto que cada durmiente debía recibir a fin de levantar el riel a su nivel de rasante proyectado.

El perfil actual de la vía (antes del mantenimiento) fué levantado con un aditamento compuesto por un carro de 4 ruedas que lleva adaptado un inclinómetro para medir la pendiente del tramo comprendido entre la rueda trasera y delantera del lado derecho para determinar el perfil longitudinal, así como la pendiente entre las ruedas delanteras, derecha e izquierda, para obtener el perfil transversal de la vía.

Los resultados, cuando se procesan por computadora, son los perfiles de los hongos de ambos rieles. El aparato descrito puede usarse después de los trabajos de mantenimiento para determinar los cambios en el perfil de la vía, a medida que se acumula tonelaje.

La cantidad de balasto suministrada abajo del durmiente dependerá de la altura de levante que se desee dar a la vía. Existe ya una relación de volumen de balasto-altura de levante: una libra ($\frac{1}{2}$ Kg) de peso de balasto servirá para levantar $\frac{1}{32}$ " (0.80 mm) de altura.

Se emplean 2 inyectores en cada asiento del riel, uno en cada lado del riel; cada inyector recibe la mitad de la dotación de balasto pre-determinada.

Debido a que algunos durmientes estan más separados que otros, se dosifica una mayor cantidad de balasto.

Para medir esta abertura se usa un escantillón que se sujeta en la base del riel y en el cajón. A medida que el tráfico circula un embolo que sube y baja al paso de la carga por eje, empujando un espaciador a su máxima profundidad, abajo de la máxima carga por eje; después que el tráfico pasa se inserta un escantillón para medir la profundidad del vacío (abertura). Si el espacio es mayor de $\frac{1}{4}$ " (que se considera una abertura típica), se deberá colocar más balasto; una libra (0.50 Kg) por cada $\frac{1}{32}$ ".

Con esta información preliminar la cuadrilla toma lecturas de la elevación de los extremos del durmiente para determinar cuando la vía se ha levantado lo suficiente para lograr la abertura de 2" abajo del durmiente, para permitir la entrada del balasto.

Es importantes tomar las lecturas de nivel en los extremos del durmiente ya que algunos durmientes (de madera) con clavos flojos, provocan la separación de la placa de asiento con el lecho de durmiente y con el patin del riel, durante el levante de la vía.

~~Con durmientes con fijación a base de tornillo (tirafondo)~~
todos los niveles pueden ser tomados sobre el hongo del riel, no obstante que pudieran no apreciarse el espacio comprendido entre el durmiente y el riel.

Una vez que se conocen los levantes que hay que practicar en todos los durmientes del tramo o tramos bajos, el Ingeniero o mayordomo ordenará agregar 2" de levante a cada lectura. estos niveles corregidos corresponderán a la nueva nivelación (afine) que habrá que dar a la vía, para lograr el mejor perfil longitudinal, logrando espesores de balasto adicional, abajo de los durmientes, de por lo menos 2" (.5 cms.).

Una vez que el durmiente ha sido levantado, a la elevación calculada, un martillo de impacto guía al tubo-inyector dentro de los cajones, lateralmente al durmiente.

El inyector es conducido hasta el nivel de la cama de balasto. La separación del durmiente sobre su cama de balasto, debe ser la necesaria para permitir la entrada del balasto nuevo, pero a la vez impedir la caída o flujo del balasto contenido en los cajones, generalmente un material de granulometría mayor al balasto empleado para la renivelación o afine de la vía.

Se aplica aire comprimido al inyector a través de una abertura de 1/8" (3.17 mm), lográndose una fuerza de empuje que desplaza al balasto, introduciéndolo uniformemente abajo del lecho del durmiente; el balasto es dosificado por gravedad, por medio de una tolva colocada sobre el tubo. Observaciones realizadas después del "soplado" del balasto, han demostrado que cubre un área del orden de 9" x 18" (22.9 x 45.72 cms), aproximadamente la misma área influenciada con el proceso de calzado.

El balasto de 1/2" (grava) no se infiltra en la cama de balasto existente, debido a que ésta se encuentra en su máximo acomodo, con vacíos menores a esta dimensión (1/2"). Esto lo afirman

los Ingenieros de los Ferrocarriles Británicos, quienes han hecho mediciones acuciosas, a lo largo de los trabajos de mantenimiento y en etapas intermedias; tampoco se han detectado fallas (degradación) de este balasto de afine. Por otra parte, el balasto de aportación, de 1/2" de tamaño, no afecta la granulometría del balasto de soporte, debido a sus bajas dosificaciones, más aún, esta capa adicional mejora las condiciones de carga de un balasto de soporte parcialmente fallado o con contenidos de humedad próximos a la saturación.

EFFECTOS EN EL PERFIL DE LA VIA.-

Suponiendo que el perfil de una vía en operación esta formado por una combinación de puntos altos y puntos bajos (depressiones) que deben corregirse con las labores de mantenimiento; el trabajo de las máquinas calzadoras obligará a realizar levantes a todo lo largo de tramo de vía por conservar, mientras que el proceso de nivelación con "balasto inyectado" se aplicará solamente en los segmentos de vía que acusan "puntos bajos", generalmente representando un bajo porcentaje de la totalidad (longitud) de vía por reparar.

En otras palabras: Los puntos bajos en el perfil de una vía obedecen a causas diversas pero reflejan falta de valor de soporte de capa subbalasto, cama de balasto o de ambas, que por otra parte habrá que medir cuantitativa y cualitativamente, en la búsqueda de soluciones de mantenimiento integrales.

Los puntos altos del perfil, por el contrario, denotarán que las capas subyacentes han respondido favorablemente a la acción de las cargas por eje y del tonelaje bruto en general. La acumulación del tráfico (MTB), irá alterando paulativamente el perfil de la vía, tratando de regresarle a su configuración original (antes de las labores de mantenimiento); nuevamente los Ingenieros de los Ferrocarriles Británicos y sus cuerpos de

Investigación y asesoría, reportan que la duración de los trabajos de mantenimiento con balasto "inyectado" son del orden de 2.5 a 3.0 veces los tiempos de duración con balasto calzado (con equipo de multicalzadoras).

La razón principal de esta larga vida del mantenimiento, parece estribar en la naturaleza misma de las 2 técnicas.

Las alturas de levante para el balasto inyectado varían en rangos de 1/2" a 1", contando con algo así de 1" de espesor de balasto, colocada sobre una cama altamente confinada (acomodada) produce una cama mucho más estable y por tanto resistente a lo realizado con los sistemas de calzado que alteran tanto la consolidación como la granulometría del balasto, al trabajar con levantes de por lo menos 3" a 4" (7.5 a 10 cms), típicos en el mantenimiento de las vías Americanas para lo cual los calzadores aflojan espesores del orden de las 6" a 7", además a lo largo de todo el tramo por conservar, esto arroja como resultado, la baja duración de los trabajos de mantenimiento en los procesos con máquinas calzadoras.

El valor y la repetición de las cargas por eje del tráfico ferroviario produce la confinación de la cama del balasto, a más largo tiempo e intensidad, la destrucción o degradación del balasto, por lo tanto podemos concluir que es mejor dejar la cama de balasto inalterada, agregando menores dosis de balasto soplado (balasto de menor granulometría), para ajustar los niveles a un perfil óptimo de operación, levantes que en un mantenimiento racional y oportuno, no deben exceder de 1" a 1 1/2".

EFFECTOS DEL CALZADO.-

La palabra calzado (Tamping en Inglés), es a nuestro juicio, un término mal usado, como lo entendemos los Ingenieros.

Ferrocarrileros, es la acción de compactar o confinar, ya que se trata del manejo de un material grueso, granular; la confinación ocurre bajo ciertas condiciones, pero el calzado, se ha comprobado que nos lleva a una pérdida de confinación cuando no se aplica bajo ciertas condiciones de frecuencia y tiempo. Algunas investigaciones confiables y profesionales nos llevan al hecho de que la densidad del balasto y el valor de soporte (bearing strength), disminuyen significativamente después de labores de calzado (con equipo). Una de esas pruebas a nivel de investigación se realizó en el "Transportation Test Center" de Pueblo, Colorado, USA; buscando determinar los porcentajes de balasto deteriorado por las labores de calzado, empleándose dos tipos de balasto, uno producido con roca granítica y otro obtenido de rocas calizas, graduandolo de tal forma de no permitir ningún porcentaje pasando por la malla de 1/4" y en general con una granulometría bien definida y controlada.

Para confinar el balasto en la vía de prueba, emplearon cajas metálicas de ciertas dimensiones pero sin fondo ni tapa, las que se llenaron con balasto y se colocaron, dentro de la cama de balasto, abajo de los durmientes y en área de apoyo del riel.

Las graduaciones originales del balasto fueron las siguientes:

Balasto granítico - Norma AREA # 4.

Balasto calizo - Norma AREA # 3.

Estos dos tipos de balasto fueron empleados para determinar los efectos destructivos de uno y otro por la acción del calzado mecánico, a la vez que para medir el deterioro del asiento del durmiente de concreto, sobre camas de balasto de dos durezas diferentes.

El balasto granítico, al someterlo a la prueba del desgaste de

Los Angeles tuvo una pérdida de 24% ; mientras que el calizo alcanzó el 38% de pérdida (norma ASTM-C535). El balasto fue calzado 10 veces en un juego de cajas y 20 veces en el otro juego. Los resultados de la prueba se refirieron al porcentaje de tamaños que pasaron la malla de 1/4" (finos).

La degradación de los materiales pareció incrementarse ligeramente, en forma no lineal con el número de pasadas (acciones de calzado), como una regla general, se pudo concluir que el calzado produce la pérdida de una a dos libras (0.5 a 1.0 kg.), de finos por cada acción de calzado (pasada)

Un criterio más práctico, para medir los efectos de la degradación del balasto, es mediante el porcentaje de pérdida en la duración del balasto.

La duración del balasto está íntimamente relacionada con la estabilidad de la cama de balasto (volumen abajo del lecho del durmiente); la graduación del balasto, antes y después de la prueba, se realizó con todo el volumen de balasto, sin embargo fué notorio que el mayor porcentaje de degradación ocurrió en la zona de calzado, a ambos lados del asiento del riel. Para encontrar o calcular la disminución de vida (duración) del balasto abajo del durmiente, el cambio en la graduación del balasto, en este volumen fué de 2.6 pies cúbicos. Suponiendo un balasto compactado, un peso volumétrico de 120 libras por pie cúbico (la densidad atribuida bajo condiciones típicas de calzado), arroja un peso de material, en esta zona de: 2.6 pies cúbicos por 120 libras/pie cúbico=312 libras. Con esta estimación es posible recalcular el porcentaje de material que pasa la malla de 1/4", conociendo el peso del material que pasa por la malla (Fig. # 1).

Las figuras #s 2 y 3 representan la graduación estimada de balasto en la zona de calzado. La cantidad de material que pasa por la malla # 4 se usa con frecuencia para juzgar la

disminución de vida del balasto, con 20% del volumen pasando, considerado como el límite superior.

Esas gráficas indican que en el peor de los casos, por ejemplo el del balasto calizo, calzado 20 veces (veinte pasadas) disminuyó, aproximadamente el 40% de su vida útil.

Anteriormente a la ejecución de las pruebas en las vías específicas, se realizaron pruebas de calzado e inyección de balasto en otras vías de prueba de la AAR (Asociación Americana de Ferrocarriles). Durante el desarrollo de estas pruebas la sección calzada regresó a su estado original (perfil original), con el paso de 50 millones de toneladas brutas, de tráfico (50 MTB), mientras que la sección de vía con balasto inyectado, aún mejoró su perfil, después de ese volumen de tráfico.

PRUEBAS EN EL F.C. NORFOLK - SOUTHERN.-

En las afueras de la población de Petersburg, Virginia, en un sector de vía que soporta 48 Millones de toneladas brutas de tráfico/año, mayoritariamente tráfico de carbón, en la dirección Este.

Se eligieron los extremos de un crucero para probar los 2 sistemas de nivelación: calzado típico y balasto inyectado; el primer método se realizó en el lado oriente del crucero y el segundo en el lado poniente.

La zona de prueba comprendió el levante de 150 durmientes en cada lado del crucero, pero no todos los durmientes del lado de la inyección de balasto requirieron levante y suministro de balasto.

En la sección calzada, la multicalzadora levantó los 150 durmientes, realizando un levante a partir de cero, en el límite del cambio.

Un aditamento sencillo fué usado para levantar el perfil de los tramos de vía a probar, antes y después de realizarse la prueba. Los perfiles originales mostraron distintos valores de depresiones del riel. Ambos métodos de mantenimiento tuvieron éxito en eliminar las depresiones o puntos bajos del riel, en las 2 secciones de prueba.

La efectividad de los 2 métodos se detectó en el comportamiento de la vía, después del paso de ciertos tonelajes.

Dentro de los 10 MTB, la sección de vía calzada perdió los valores de levante y se alteró el perfil; a los 50 MTB, esta sección prácticamente retornó a su perfil de pre-mantenimiento, así que se puede concluir que la duración del mantenimiento con calzado, se redujó durante el tiempo que transcurrió entre 0 y 50 MTB de tráfico.

Por otro lado el tramo o sección nivelado con balasto inyectado, con el registro del mismo tráfico (50 MTB) la superficie del riel se hizo más cómoda y uniforme, concluyendose que la duración del trabajo de mantenimiento pudo equivaler al doble de la anterior.

PRUEBAS EN EL F.C. BURLINGTON-NORTHERN.-

En un tramo de vía sencilla, cerca de la Ciudad de Alliance, Nebraska, el Ferrocarril Burlington-Northern llevó a cabo labores de mantenimiento, a nivel de pruebas, empleando los 2 métodos de levante o nivelación de vía: Balasto inyectado y balasto calzado; el tramo de vía elegido soportaba un tráfico de 120 MTB por año, tráfico carbonero, predominante en el sentido Este.

Las pruebas se realizaron en vía principal sin ningún cruceo u otro sitio de elevación fija, para darle a la vía levantes de mayor valor durante el calzado convencional. Así mismo los

defectos de nivel requirieron que se manejará un mayor número de durmientes: 125 dtes. para el método de balasto inyectado y 250 dtes. para el método de calzado.

Los resultados observados, después del paso de 50 MTB arrojaron casi la misma pérdida de altura (levante), para los 2 tramos elegidos, pero tratándose de configuración de perfil, la sección de balasto inyectado, presentó un perfil más uniforme, mucho mejor que el perfil de la sección con balasto calzado.

Los investigadores de la Asociación Americana de Ferrocarriles (AAR), por un momento se sorprendieron que la vía calzada mantuviera casi intactos sus valores de levante, a lo largo del tráfico registrado.

Los Ingenieros de los Ferrocarriles Ingleses comentaron que ya habían observado que el método de calzado produce este efecto, cuando los levantes practicados son mayores que el 50% de la dimensión máxima del balasto (el así llamado D50 particle size). Levantes menores a este valor pueden rápidamente regresar a su nivel original, invalidando o anulando el trabajo de mantenimiento, mientras que levantes mayores, digamos del orden del tamaño máximo del balasto o aún mayores, permiten una mayor duración del trabajo de mantenimiento. En las pruebas de AAR (Considerando las granulometrias del balasto usadas por los ferrocarriles BN y NS), la dimensión D50, fué del orden de 1" (2.54 mm.).

En aquellos sitios en donde el levante para calzado fué menor de 1" (en el Centro de pruebas y en el F.C.N.S.), la vía regresó casi inmediatamente a su elevación original. Donde el levante fué significativamente mayor, el trabajo de nivelación fué más duradero (caso del F.C. Burlington - Northern).

PRODUCTIVIDAD CONTRA DURABILIDAD.

Para sopesar los aspectos económicos de la elección, entre las 2 versiones mecanizadas de mantenimiento de vías: calzado e inyección, es necesario considerar la alta producción del método de calzado (con máquinas multicalzadoras de amplio rango de producción), en términos de durmientes calzados por hora o por turno, en contra de los resultados más duraderos de la inyección.

La inyección mecanizada todavía no logra ser tan rápida como el calzado convencional, pero un análisis económico, en cada caso, podrá arrojar ahorros con ciclos de mantenimiento más largos, comparativamente con procedimientos de mantenimiento ya clásicos.

Así mismo, debido a que el método de balasto inyectado no se aplica a todos los durmientes del tramo a nivelar, se logra un ahorro importante de horas-brigada y horas-máquina, adicionalmente a los bajos volúmenes de material (balasto) utilizado; actualmente los problemas de adquisición y explotación del material balasto se complican, por lo que habrá que emplearlo y usarlo sabiamente.

Otra ventaja detectada por los Ferrocarriles Británicos es la estabilidad lateral de la vía, que es óptima con el procedimiento de balasto inyectado, obteniéndose como resultado, altamente económico, la eliminación o disminución drástica de las órdenes de precaución (reducción de velocidad de los trenes).

Otro resultado obtenido de las pruebas que los Ferrocarriles Ingleses realizaron con la aplicación de los métodos de calzado y de inyección, fué la relativa a valores de levante de la vía: Para levantes del orden de las 2" (5 cms) o mayores, encontraron que, seguramente debido al mejor acomodo del

balasto bajo el durmiente, los ciclos de mantenimiento prácticamente fuerón iguales.

Es bién sabido que una vía defectuosa, tanto en su perfil, línea o condiciones del riel (patinaduras), produce fuerzas dinámicas al paso de la carga viva, que tienden a reducir, no solamente el ciclo de mantenimiento, sino también contribuyen a reducir la vida útil del balasto y de otros componentes de la superestructura de la vía, por lo tanto la conclusión lógica deberá ser alargar lo más posible la duración de los trabajos de mantenimiento de las vías.

El mantenimiento de la vía, con labores de esmerilado, supresión de patinaduras y aún de cambios de riel oportunos, tenderá a eliminar, en un alto porcentaje, las cargas dinámicas de la vía, otro tanto se puede afirmar con la eliminación de "ruedas planas" del equipo tractivo o de arrastre.

ANEXOS:

ANEXOS:

Fig. # 1 .- Daño causado a 2 tipos de balasto por la acción del trabajo de calzado (embodegado mecánico). En término de porcentaje de finos producidos(+ $\frac{1}{2}$ ")

Figs. 2 y 3. Curva granulométrica del material balasto, antes y después de los trabajos de calzado.

Fig # 4. Defectos del perfil de una vía del F.C. Norfolk Southern , antes y después de su nivelado, empleando el método de inyección de balasto, en función del tráfico de Trenes (MTB = Millones de toneladas brutas).

Fig. # 5. Perfil de una vía del F.C. Burlington-Northern antes y después de trabajos de nivelación, con ambos procedimientos: calzado e inyección de balasto.

Fig # 6. VIAS TÍPICAS DE LOS FERROCARRILES INGLESES. Factores y porcentajes de destrucción del balasto, para los métodos de mantenimiento: calzado e inyección.

Fig # 7. FERROCARRILES INGLESES.- Costos anuales de mantenimiento de vías, empleando los métodos de nivelación: calzado e inyección.

Fig # 8. Prototipo de una máquina de inyección de balasto diseñada por el Centro de Investigación de los Ferrocarriles Británicos (BRR) y desarrollada por la firma Pandrol Jackson de Michigan, USA.

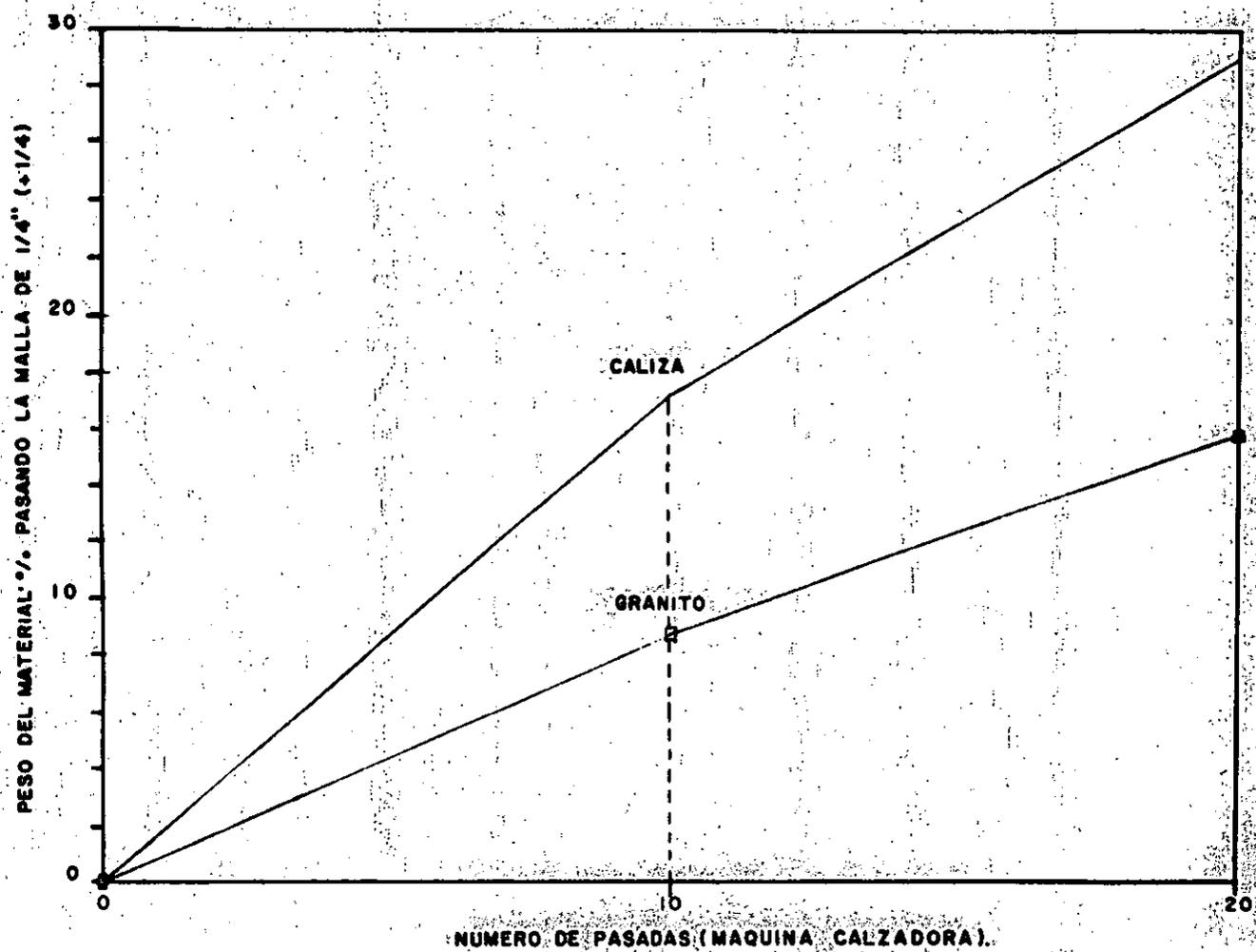
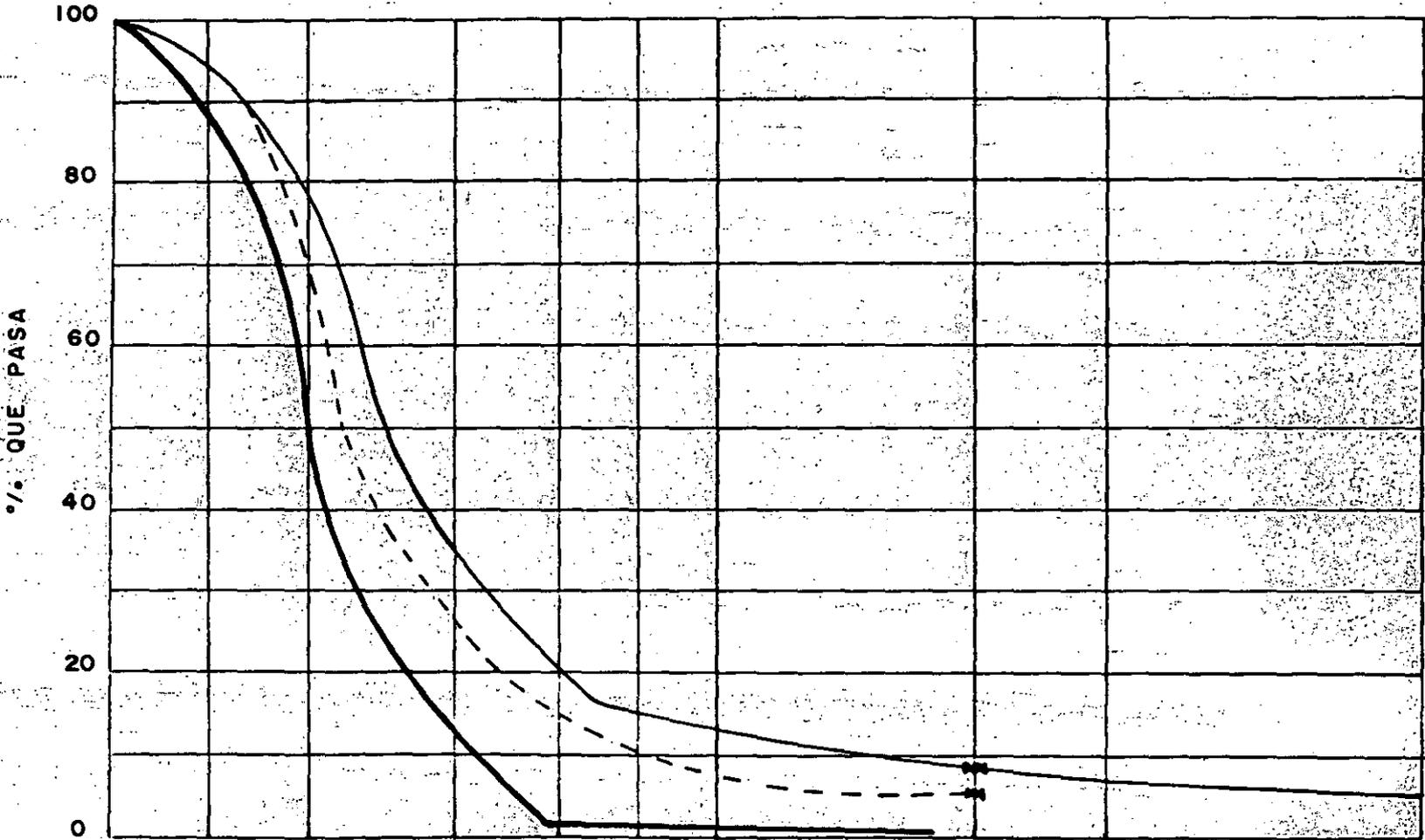


Fig 1. DAÑO PROVOCADO AL BALASTO POR EFECTO DEL CALZADO.

ABERTURA DE LA MALLA

2.5" 20" 1.5" 1.0" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" No. 4 No. 10



DETERIORO POR CALZADO EN BALASTO DE ORIGEN CALIZO.

CURVA GRANULOMETRICA ORIGINAL.
 CURVA GRANULOMETRICA DESPUES DE 10 ACCIONES DE CALZADO.
 CURVA GRANULOMETRICA DESPUES DE 20 ACCIONES DE CALZADO.

Fig. 2. DEGRADACION DEL BALASTO DE ORIGEN CALIZO ANTES Y DESPUES DEL CALZADO.

ABERTURA DE LA MALLA.

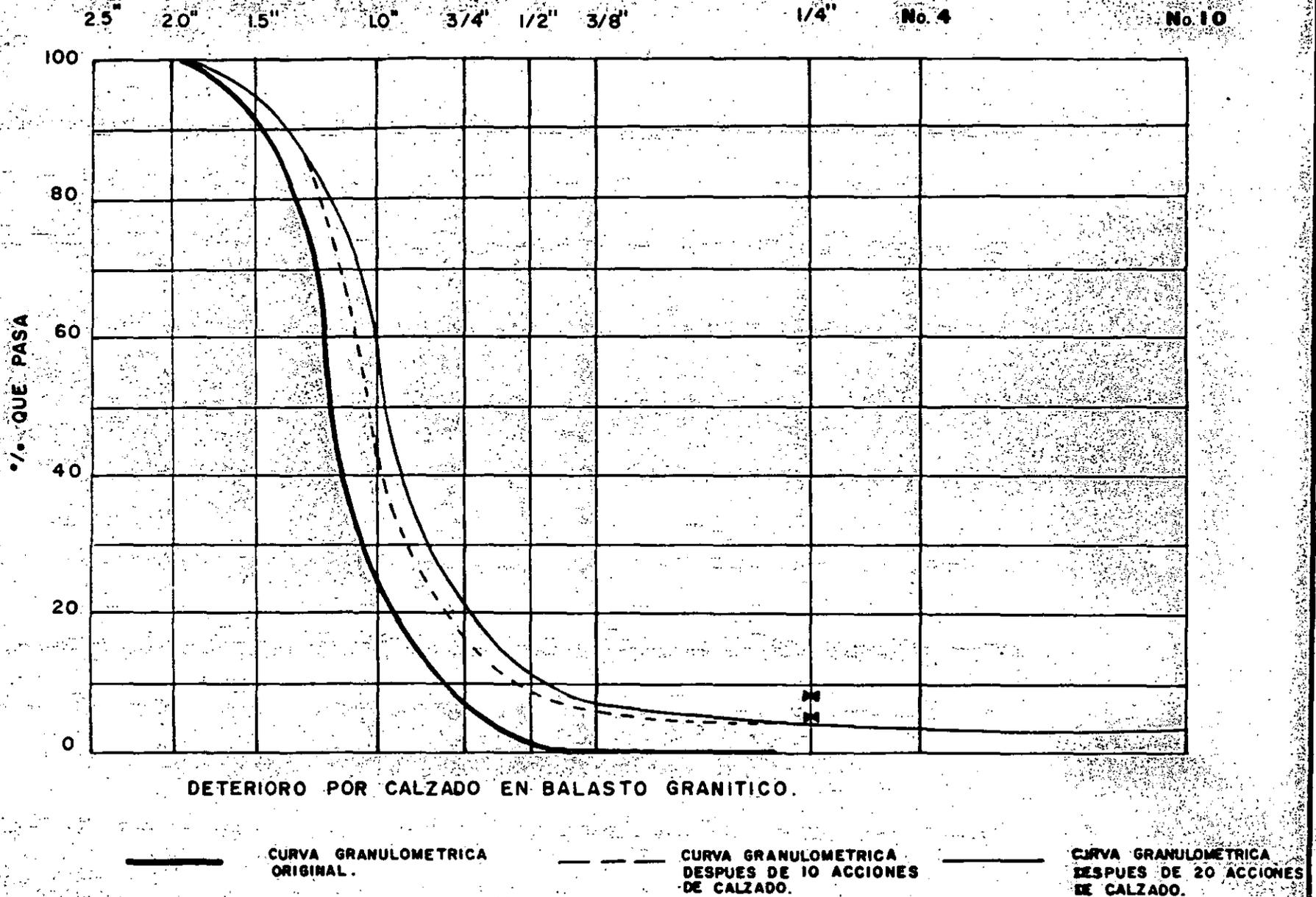


Fig. 3. DEGRADACION DEL BALASTO GRANITICO ANTES Y DESPUES DEL CALZADO.

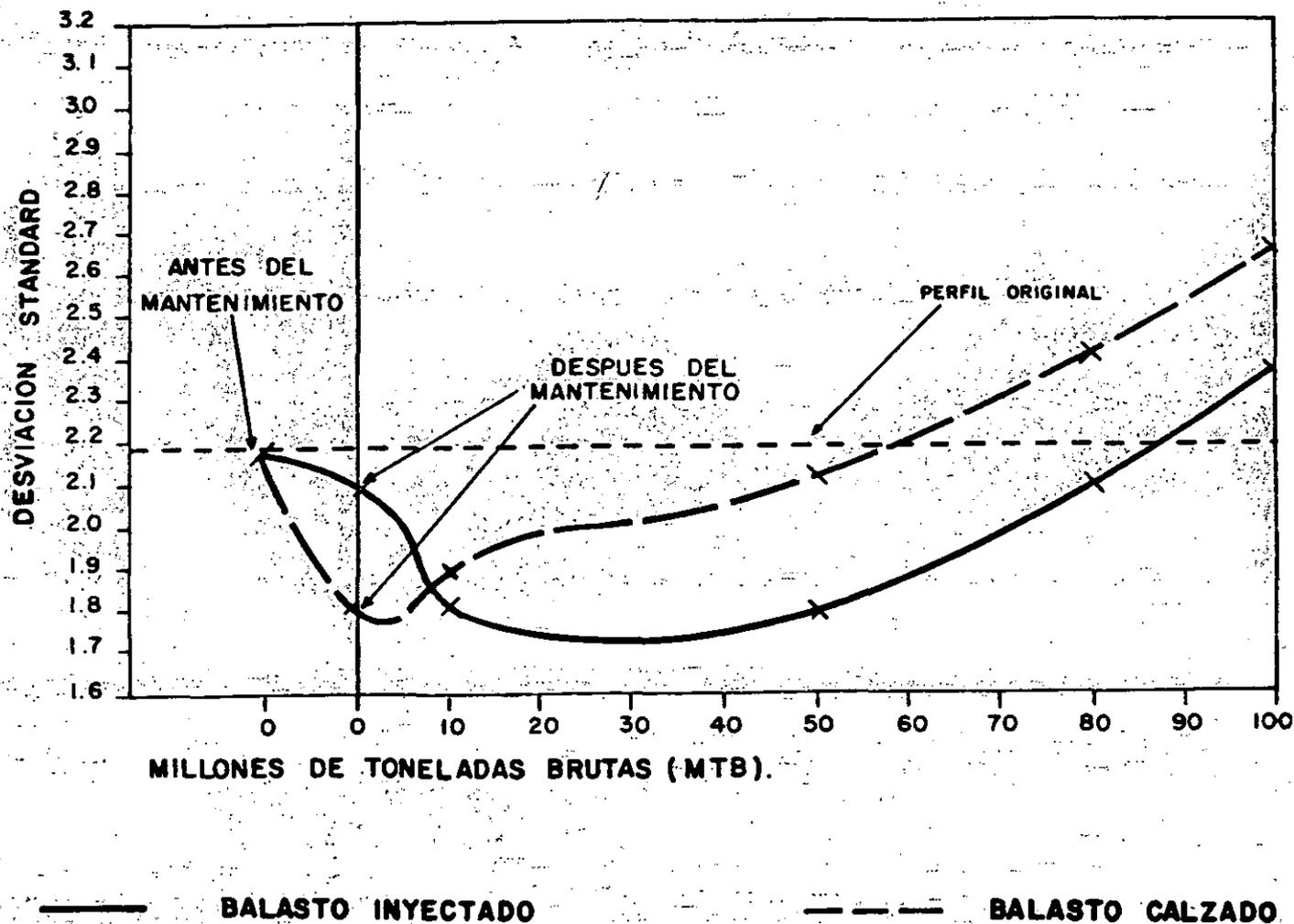


Fig. 4. PERFIL DE VIA (F.C. NORFOLK SOUTHERN) ANTES Y DESPUES DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.

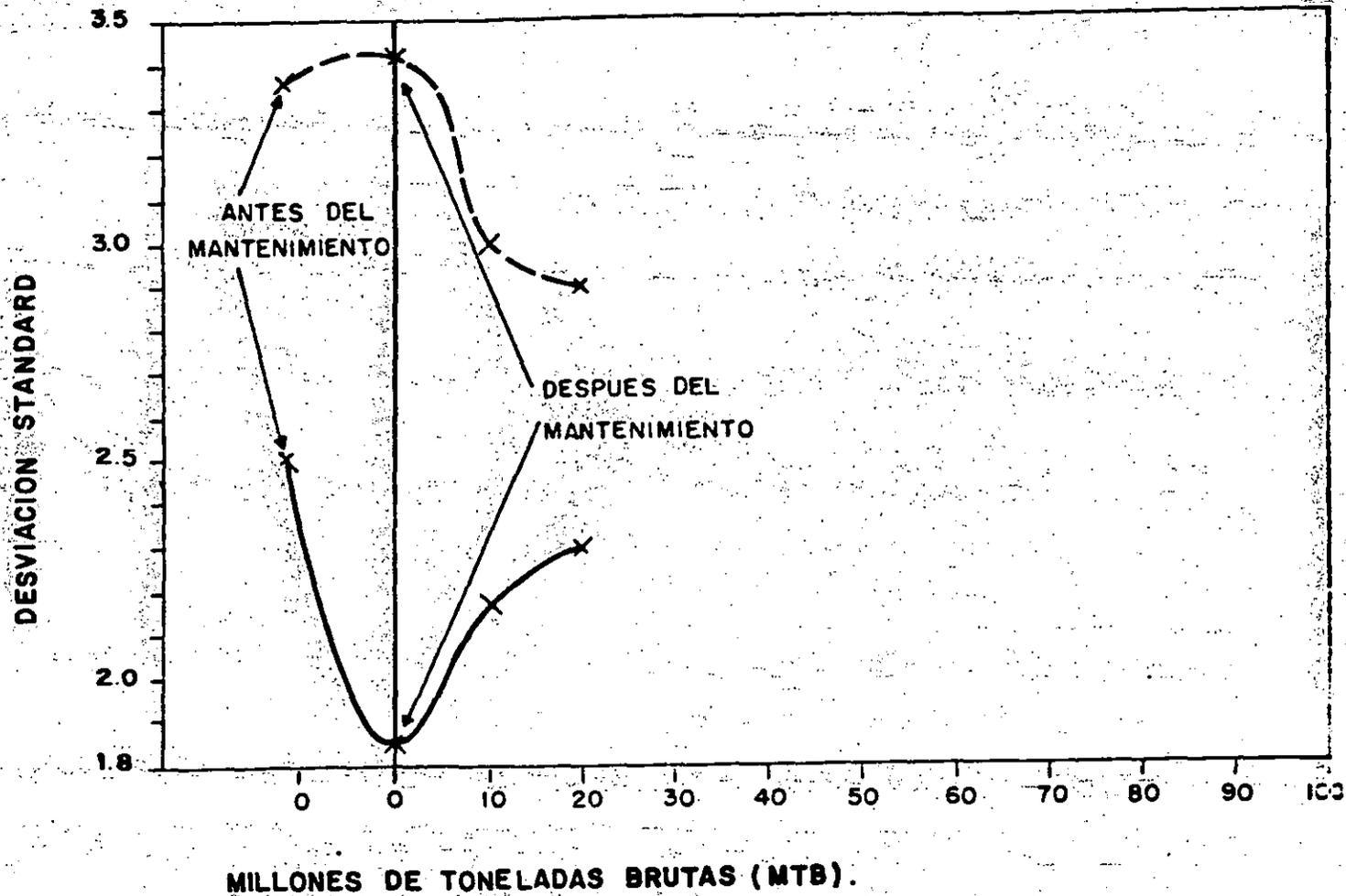
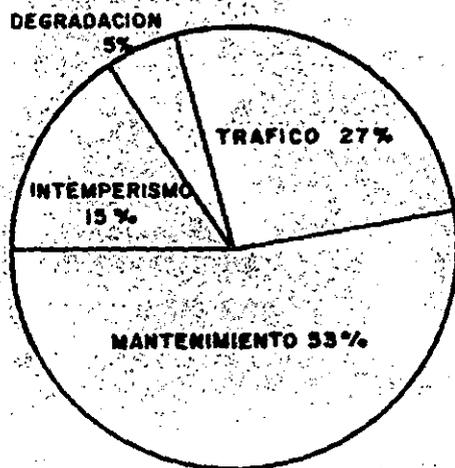


Fig. 5. PERFIL DE VIA (F. C. BN) ANTES Y DESPUES DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.

CALZADO



BALASTO INYECTADO

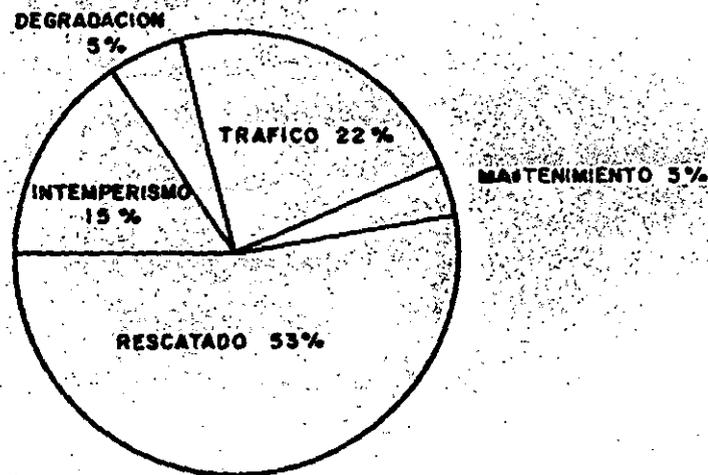


Fig. 6. PORCENTAJE Y CAUSAS DE DAÑOS AL BALASTO.
VIA TIPICA DE LOS F. C. INGLESSES.

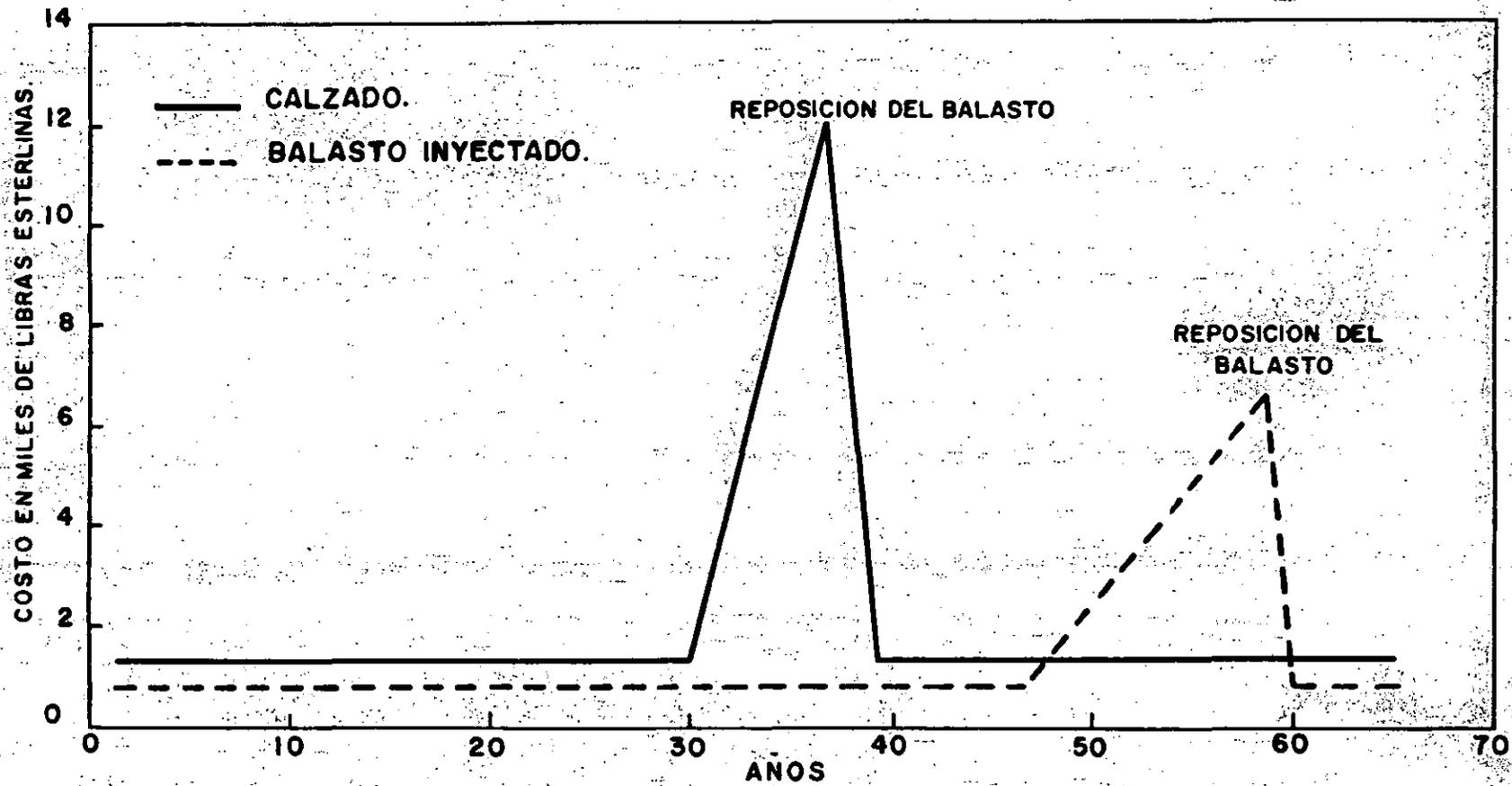


Fig.7. COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO POR MILLA.

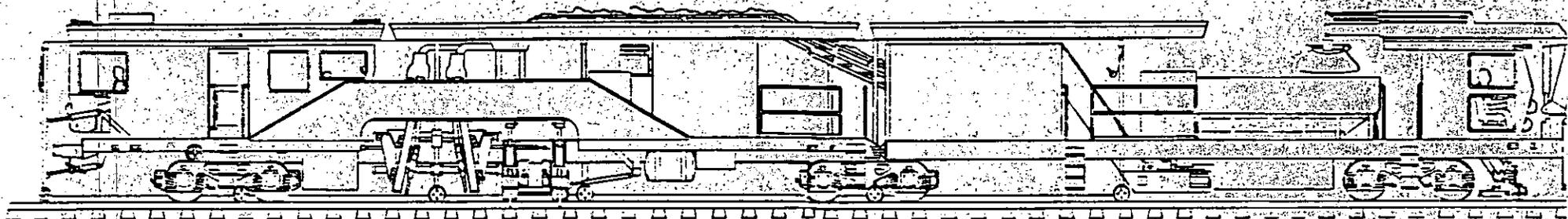


Fig. 8. EQUIPO PARA MANTENIMIENTO DE VIA CON BALASTO INYECTADO. (PROTOTIPO)

INSTRUCTIVO PARA
CONSERVACION
DE RIELES
SOLDADOS LARGOS

CONTENIDO

CAPÍTULO I Generalidades.

CAPÍTULO II Conservación.

INDICE

	Pág.
I. GENERALIDADES	7
Descripción de la vía. Comportamiento de rieles soldados largos. Temperaturas de equilibrio, de colocación y de liberación. Sujeciones. Juntas de dilatación especiales. Liberación de los rieles. Vigilancia: Permanente y especial.	
II. CONSERVACION	25
Visitas de inspección de otoño y de primavera. Sustitución de durmientes y sujeciones. Tramos de apriete continuo. Nivelación vertical y alineamiento horizontal de la vía. Rotura de rieles. Desperfectos de la juntas de dilatación. Rieles largos sobre puentes. Recomendaciones especiales.	

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

La superestructura de una vía de ferrocarril se considera constituida por la cama de balasto, los durmientes, los rieles y las sujeciones entre éstos y los durmientes.

En general, los rieles que se laminan actualmente en sus diferentes calibres son de 12.00 m. de largo, por lo que para dar continuidad a la vía, es necesario unir varios rieles. Las uniones empleadas anteriormente y todavía en uso, son a base de planchuelas atornilladas que dejan un pequeño espacio entre riel y riel para absorber la dilatación o contracción que por cambio de temperatura sufren los rieles.

Con el paso del equipo rodante, estas juntas presentan varios defectos que van en aumento proporcional al número de trenes que transitan, siendo los más importantes: el aplastamiento de los extremos de los rieles; vencimiento de dichos extremos; aflojamiento de los tornillos de la junta y por tanto desalineamiento entre rieles y con cierta frecuencia, rotura de los extremos

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

debilitados por los agujeros necesarios para el paso de los tornillos en la junta; desnivelado de la vía por desalojamiento del balasto bajo la misma; etc.

Los defectos enumerados anteriormente causan daños en el equipo que van en aumento, de acuerdo con el desperfecto de las juntas ya que el golpeteo deteriora las ruedas y suspensiones provocando el aflojamiento de las carrocerías y en su límite, descarrilamiento de los convoyes. Como se ve, tanto la vía como el equipo rodante, sufren daños de consideración que ameritan erogaciones cuantiosas en su conservación.

Para subsanar lo que antecede y lograr una economía posterior, es necesario eliminar las juntas emplanchueladas habiéndose encontrado como solución económica, el soldado de los rieles en sus extremos para obtener rieles de gran longitud.

Los procedimientos de soldado que hasta la fecha han resultado prácticos son: el empleo de corriente eléctrica y presión (soldadura eléctrica), soldado que generalmente se hace en planta, y el aluminotérmico (soldadura por fusión), que normalmente se aplica en el campo.

Se consideran rieles de longitud intermedia los formados soldando 2 o 3 rieles de 12.00 m. de longitud o normales, resultando piezas de 24.00 o 36.00 m., respectivamente. Es frecuente que el soldado de 2 o 3 rieles se haga antes de colocarlos en la vía.

El riel largo se obtiene al soldar entre sí va-

rios rieles normales o intermedios, lo cual comúnmente se hace ya tendidos los rieles de 12, 24 y 36 m. sobre los durmientes y éstos colocados sobre la cama de balasto.

La longitud de los rieles largos puede considerarse teóricamente ilimitada, sin embargo, en la práctica la longitud máxima de éstos depende principalmente de las necesidades de conservación, los grados de curvatura, pendientes, puentes y laderos que contenga la línea férrea; además, existen otras limitaciones provenientes de la operación de trenes, por ejemplo, el señalamiento automático. En los extremos de los rieles largos se instalan juntas especiales de dilatación.

El principio fundamental que rige la estabilidad de los rieles largos para que se conserven alineados es lograr que éstos queden prácticamente inmóviles sobre la terracería, lo que se consigue por medio de elementos (sujeciones a base de tornillos, anclas, etc.) que eviten que los rieles se deslicen sobre los durmientes y asegurando que éstos a su vez, queden colocados dentro de una cama de balasto de la calidad, forma y dimensiones según las especificaciones del caso. Dicho conjunto (balasto, durmientes y sujeciones) toma los esfuerzos de dilatación o contracción de los rieles, logrando absorber todo ese esfuerzo de compresión o tracción en la parte intermedia de los rieles largos, quedando únicamente cierta libertad de movimiento en sus extremos, el que se realiza sobre las juntas de dilatación especiales extremas.

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

En los rieles intermedios de 24.00 y 36.00 m. de longitud, parte del esfuerzo desarrollado por tracción o compresión debidos a los cambios de temperatura, son absorbidos por el balasto y los durmientes a través de las sujeciones o anclas especiales que retienen a los rieles en su lugar y la fuerza que no puedan tomar por ser longitudes relativamente cortas, se disipan al producirse corrimientos en las juntas emplanchueladas que existen entre los rieles.

Para mejor comprensión de los fenómenos que ocurren en las vías con rieles largos al producirse los cambios de temperatura, haremos las siguientes apreciaciones:

Tomemos un riel de 1,000 m. de longitud sujeto en el centro y lo colocamos sobre rodillos con el fin de permitir su libre desplazamiento. Con un termómetro, medimos la temperatura del riel y observaremos que durante el tiempo que ésta no cambia, el riel no sufre ningún alargamiento o acortamiento; si la temperatura sube, el riel empezará a dilatarse aumentando su longitud y si aquélla baja, su longitud disminuye.

Siendo el coeficiente de dilatación de 0.0000105 por cada grado centígrado de variación, si la temperatura subiera 10°C., la longitud del riel sería de: $1,000 \text{ m. } (1 + 10^\circ\text{C.} \times 0.0000105/^\circ\text{C.}) = 1,000.105 \text{ m.}$ o sea que creció en 10.5 cm.

Si la temperatura media fuera de 25°C. y la variación durante el día a partir de ésta acusara 50°C., nuestro riel crecería y disminuiría en lo correspondiente a 25°C. con respecto a la longitud que tuviera a la temperatura media o

sca que la máxima sería de 50°C., y la mínima de 0°C.

La longitud del riel crecería entonces en 26.3 cm. y decrecería en otros 26.3 cm. por lo que el corrimiento total sería de 52.6 cm. que, tomado en los dos extremos, daría corrimientos de ± 26.3 cm.

Si el riel ahora fuera de 10,000 m., los valores anteriores se multiplicarían por 10, presentándose desplazamientos extremos de ± 263 cm.

Lo anterior no ocurre, debido a que el riel se sujeta al durmiente con sujeciones firmes y en ocasiones con anclas especiales y a su vez el durmiente queda anclado dentro del balasto, el cual también trasmite los esfuerzos a las terracerías deteniéndolo en su lugar. Ahora bien, para que lo anterior ocurra, es necesario oponer a la dilatación o contracción del riel fuerzas tales, que la contrarresten. Si hay aumento de temperatura con respecto a la temperatura en que se sujetó el riel, se desarrollará una compresión; si esa disminuye, aparecerá una tensión. La compresión tratará de desalinear y desnivelar la vía, lo cual será contrarrestado por el peso de los durmientes y el anclaje que da a éstos un balastado adecuado. De ahí que los durmientes de concreto, por su mayor peso, den más estabilidad a la vía siempre y cuando estén dentro de la cama de balasto y con la sección recomendada por la experiencia.

Por lo explicado anteriormente, podemos concluir que si se han soldado rieles largos, hacien-

do posible mantener la vía alineada y nivelada, se debe a que efectivamente el anclaje de ésta a la terracería, se ha logrado a través de las sujeciones, los durmientes y el balasto, ya que hay una zona intermedia de la vía que no se mueve, aun al cambiar la temperatura en $\pm 25^{\circ}\text{C}$. ya que únicamente se mueven los extremos con corrimientos de pocos centímetros que toman las juntas especiales extremas. Lo anterior es válido en tangentes y curvas de radio grande, pues en las de radio corto, el esfuerzo provocado por las dilataciones o contracciones, llega a tener un valor tan grande que no puede ser tomado por el anclaje de la vía en la terracería y ésta se desplaza hacia fuera de la curva con la dilatación o hacia dentro con la contracción.

Para ilustrar lo expuesto tomemos nuestro riel de 1,000 m. de longitud, el cual estará bien sujeto al durmiente y se ha balastado perfectamente, teniéndose en estas condiciones una resistencia de la vía al movimiento longitudinal de 1.25 Ton. por metro linal. Se supone que en ese momento y a una temperatura de 15°C ., el riel no trasmite esfuerzo por compresión ni tracción.

La temperatura sube 35°C . o sea que ahora es de 50°C . El calibre del riel es de 44.6 Kg./m. (90 lb./yd.) con una sección de 6,000 mm.² aproximadamente. La compresión que se desarrolla sea cual fuere la longitud es de:

$$\text{Area} \times \text{Mod. Elast.} \times \text{aumento de Temp.} \times \text{Coef. de dilatación: } 6,000 \text{ mm.}^2 \times 2,100,000 \text{ Kg./cm.}^2 \times 0.0000105/^{\circ}\text{C.} \times 35^{\circ}\text{C.} = 46.3 \text{ Ton./riel.}$$

Por lo que los dos rieles darán una compresión de 92.6 Ton.

La distancia del extremo a la que queda contrarrestada esa fuerza por el anclaje de la vía será:

$$\frac{92.6 \text{ Ton.}}{1.25 \text{ Ton./m.}} = 74.08 \text{ m.} \approx 74 \text{ m.}$$

De lo anterior podemos deducir que:

a) Los rieles contienen 3 partes:

La parte central no "respira" o sea que no se mueve.

Los dos extremos tienen una "dilatación parcial contraria" que será absorbida por las juntas especiales. Se le llama dilatación contraria porque debiendo crecer el riel al aumentar la temperatura, éste no se alarga o crece en una longitud menor que la correspondiente a la del riel libre. Lo anterior se debe a la presencia de las fuerzas que se oponen al aumento de su longitud (sujeciones, durmientes y balasto).

b) El riel está sometido a contracciones en donde el valor aumenta a medida que se aleja de las juntas hasta completar una cierta distancia en la cual la dilatación es contrarrestada.

c) En el valor de esta distancia intervienen tres factores esenciales:

1. La resistencia de la vía al deslizamiento longitudinal una vez colocada y balastada correctamente, resistencia que depende del mate-

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

rial, peso y separación de los durmientes; de la clase, dimensión y sección del balasto; del apretado de las sujeciones y anclas que puedan haber y de la resistencia de las juntas al movimiento.

2. El área de la sección transversal del riel.

3. La variación de temperatura afecta a su vez, a la longitud determinada y variación de esta longitud.

d) El "juego permitido" en la junta especial, es independiente de la longitud del riel largo, ya que únicamente los extremos tienen alargamiento parcial de pocos centímetros en "dilatación contraria", sin embargo, el juego que permiten las planchuelas es insuficiente y, por tanto, hay necesidad de emplear las juntas especiales. A fin de reducir los esfuerzos de compresión y tensión por cambios de temperatura, es indispensable ejecutar la colocación de los rieles a una temperatura cercana a la media o sea al promedio de las temperaturas extremas registradas.

Es obligado tomar grandes precauciones durante la ejecución de los trabajos de conservación, pues los rieles largos presentan dos condiciones peligrosas:

A) La de ruptura, de acuerdo con los esfuerzos por temperatura que éstos soportan. Para evitarla, es necesario el empleo de rieles sanos y una vigilancia estrecha para conservar las sujeciones apretadas según recomendaciones.

B) La de flambeo o desalojamiento lateral de

la vía que se presenta cuando la temperatura es superior a la de colocación. Para evitarla deberán tomarse en cuenta:

- a) Uso de sujeciones eficientes.
- b) Eliminación de juntas emplanchucladas.
- c) Proporcionamiento de un balastado de acuerdo con las especificaciones respectivas.
- d) Buena calidad en el alineamiento y nivelación.
- e) No emplear rieles largos en tramos en curvas de radio corto.

Los someros razonamientos que se han hecho en las páginas anteriores, determinan que el empleo de rieles largos en las nuevas vías férreas, plantean problemas técnicos difíciles.

Por lo anterior, es indispensable mantener una conservación adecuada técnicamente vigilada, que sostenga las condiciones de equilibrio que tienden a alterarse por los efectos de la circulación, el envejecimiento y fatiga de los materiales y la intervención de las cuadrillas de conservación.

Para lograr este equilibrio se han establecido reglas prácticas las que a continuación se detallan:

1) *1. Temperatura de equilibrio.* Anteriormente se asentó que la parte intermedia de los rieles largos cuando la vía está debidamente consolidada, no se mueve o sea que conserva la misma longitud por lo que las variaciones de temperatura se traducen en compresiones y tensiones al subir o bajar éstas; por tanto se deduce que

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

hay una "temperatura de equilibrio" al pasar de compresión a tensión en que no se presenta ningún esfuerzo.

Todas las temperaturas a que se hace referencia en adelante, son las que tienen los rieles y se toman en los propios rieles con termómetros apropiados.

Se han considerado esfuerzos aceptables los que aparecen dentro de una variación de 46°C . En nuestro territorio se tienen temperaturas mínimas cercanas a -10°C . y máximas de $+60^{\circ}\text{C}$. aproximadamente, por lo que la temperatura media resulta próxima a los $+25^{\circ}\text{C}$.

2. *Temperatura de colocación.* Esta temperatura corresponde en principio a la de equilibrio y es la que debe prevalecer cuando se fija el riel por medio de las sujeciones. (Se considera que el riel está fijo o sea que no puede tener movimientos longitudinales, cuando la grapa elástica es apretada hasta dejar un espacio vertical de 0.5 a 1 mm. entre el borde superior del patín del riel y el ala superior de la grapa, y a condición de que la vía esté alineada y apoyada sobre un asiento nivelado, debiéndose por tanto ejecutar lo más pronto posible la descarga de balasto y su calzado a la cota definitiva.) Es indispensable y obligado anotar en un informe que se archivará para su consulta, las temperaturas a las que se tendieron los rieles originalmente y las correspondientes a la conservación de la vía, referidas a los diferentes tramos identificados por su cadenamamiento.

Cuando se va a integrar un riel largo, se deberá tomar como temperatura de colocación, la media de las temperaturas de colocación de cada tramo con rieles intermedios.

Por ser imposible en la práctica lograr la colocación de los rieles a la temperatura media ideal de 25°C ., por experiencia se ha fijado una tolerancia de $\pm 11^{\circ}\text{C}$., ampliando en 22°C ., el rango de temperaturas de colocación. Por consiguiente se podrá ejecutar esa operación entre $+14^{\circ}\text{C}$., y $+36^{\circ}\text{C}$., o sea que se admiten como tolerables los esfuerzos que se presentan dentro de las temperaturas asentadas.

3. *Temperatura de liberación.* Cuando por razones de organización de los trabajos es obligado colocar los rieles fuera del rango de temperaturas antes definido, es necesario liberar el riel a una temperatura conveniente; a la cual se llama de liberación. En este caso también sería ideal trabajar a una temperatura de 25°C .. Sin embargo, como esto no es posible, se admite una tolerancia la que, por motivos de ejecución, es de $\pm 7^{\circ}\text{C}$., quedando el rango de temperaturas de liberación comprendido entre los $+18$ y $+32^{\circ}\text{C}$..

Lo anterior rige aun en el caso de que un solo pedazo de riel sea colocado fuera de los límites establecidos de temperatura de colocación, siendo necesario, igualmente, liberar la totalidad de riel.

4. *Sujeciones.* Las más comúnmente empleadas son las sujeciones elásticas y, en ciertas oca-

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

siones, las anclas especiales. Las primeras se afianzan al durmiente por medio de tirafondos de acero en los de madera y con pernos y tuercas también de acero, en los de concreto. Este dispositivo proporciona la presión necesaria a las sujeciones, para lograr un anclaje efectivo del riel (sin corrimiento longitudinal), cuando se le da un apriete adecuado.

Para lograr la inmovilidad del riel, es necesario que quede sujeto en toda su longitud. Tan efectiva resulta la sujeción descrita, que cuando en invierno llega a romperse un riel debido a la gran tensión que está soportando, además de algún defecto existente en el lugar de la fractura, la abertura que se presenta es mínima, debiendo haber sido ésta de consideración, al contraerse el riel si hubiera estado libre (sin sujeción).

5. *Juntas de dilatación especiales.* De acuerdo con las reglas establecidas para el tendido de rieles largos, donde previamente se determine, se colocan juntas de dilatación especiales las que, aparte de absorber los movimientos longitudinales que presentan los extremos de los rieles largos, por los cambios de temperatura, sirven para absorber corrimientos que por otras causas llegan a presentarse, los cuales deben corregirse para evitar que los esfuerzos por temperatura, sean mayores que los previstos.

Si la junta de dilatación acusa los corrimientos de sus agujas calculados de antemano, podemos inferir que el riel se está comportando

bien con respecto a las contracciones y expansiones debidas a los cambios de temperatura, pero si a las diferentes temperaturas no se presentan los desalojamientos calculados, se está acusando un corrimiento del riel, mismo que deberá corregirse para evitar los esfuerzos adicionales antes mencionados.

De lo anterior se desprende que las juntas de dilatación especiales tienen como función principal, el permitir desplazamientos en los extremos de los rieles a través de corrimientos de sus agujas, acusando a la vez, el estado de los rieles largos en cuanto a corrimientos de su parte intermedia, por lo que deberá observarse constantemente la posición que guardan dichas agujas.

Además, deberá comprobarse que las juntas especiales estén en buen estado, sus sujeciones tengan el apretado o anclaje correctos, el escantillón permanezca dentro del valor establecido, las rebabas así como marcas dejadas por desgaste al rodamiento sean eliminadas, que estén niveladas, estables, limpias y engrasadas.

Los trabajos de conservación necesarios de acuerdo con las recomendaciones particulares del caso, deberán ejecutarse rigurosamente.

Los movimientos longitudinales que deben tener las agujas, se calculan a las temperaturas extremas. Se medirá entre agujas y contra-agujas el desplazamiento de un riel con respecto al otro y las distancias "a" y "b" (véase dibujo relativo) darán la posición de la junta con respecto al claro total.

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

6. *Liberación de los rieles.* El objeto principal de la liberación de los rieles, es llevarlos lo más pronto posible a su temperatura de equilibrio, la que está comprendida entre los $+18$ y $+32^{\circ}\text{C.}$, para que las contracciones y dilataciones posteriores queden dentro de lo establecido.

La operación se debe llevar a cabo, dentro de los períodos de la jornada de trabajo en que la temperatura permanezca sensiblemente constante, debiéndose proceder en la forma siguiente:

a) Con los termómetros especiales colocados sobre el riel en cuestión, se deberá medir y anotar periódicamente su temperatura, hasta que se presente la temperatura adecuada para ejecutar la liberación.

b) Antes de proceder a liberar los rieles, medir y anotar las aberturas de las agujas en las juntas de dilatación y asegurar, calculando, que el nuevo corrimiento de las agujas al variar el riel de longitud por su liberación, puede ser absorbido por la junta, corrimiento que es igual a la longitud del riel multiplicado por el coeficiente de dilatación, 0.0000105 y por la diferencia en grados centígrados, entre las temperaturas de liberación y de colocación, esta última, anotada en el registro respectivo.

c) Desapretar todas las sujeciones empezando por las de los extremos del mismo riel, continuando hacia el centro simultáneamente.

d) Conforme se va ejecutando la operación anterior, medir la variación de la abertura de las agujas de la junta.

DE RIELES SOLDADOS LARGOS

e) Facilitar los movimientos longitudinales del riel, ya sea levantándolo ligeramente con gatos o colocando rodillos bajo el mismo, aproximadamente uno por cada 10 durmientes, golpeando al mismo tiempo, con un mazo de cobre.

f) A continuación, colocar con todo cuidado en su lugar las suelas de hule.

g) A la temperatura media de liberación: (+18 a +32°C.), llevar a cabo el primer reapretado de las sujeciones, empezando del centro del riel progresiva y simétricamente hacia los extremos. Se recomienda que el segundo reapretado se haga primeramente cada 10 durmientes, siempre en el sentido anotado anteriormente, reapretando a continuación las demás sujeciones en el mismo sentido.

h) Al terminar esta operación, medir y anotar en el registro la abertura de las agujas en las juntas de dilatación especiales.

Cuando dos rieles largos consecutivos han sido liberados o cuando un riel es liberado y el siguiente ha sido colocado a la temperatura media, la abertura de las agujas de la junta entre esos rieles, debe tener una carrera de:

100 mm. si la temperatura es de 18°C.

96 mm. si la temperatura es de 21°C.

90 mm. si la temperatura es de 25°C.

84 mm. si la temperatura es de 29°C.

80 mm. si la temperatura es de 32°C.

o sea aproximadamente una variación de 1.5 mm. por grado.

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

Cuando sea necesario modificar en más o en menos la longitud del riel para ajustarlo a la que debe tener, se cortará, insertando un pedazo de riel de 1.80 m. como mínimo, soldándolo en sus extremos y quedando localizado a 6.00 m. de la junta de dilatación. Las nuevas soldaduras deberán quedar cuando menos a 1.80 m. de otras soldaduras.

Si es necesario desplazar longitudinalmente la junta de dilatación, se procederá a regularizar el espaciamento de los durmientes en los extremos del riel largo.

7. *Balastado.* Se vuelve a insistir, como renglón muy importante e indispensable, en que la cama de balasto sea precisamente de la sección recomendada, integrada con la clase de balasto especificada al efecto, ya que de no cumplirse con este requisito, no habrá la suficiente resistencia contra el desplazamiento de los rieles al presentarse los cambios máximos de temperatura.

8. *Vigilancia.*

A. *Vigilancia permanente.* Esta debe asegurar que las condiciones necesarias para tener en orden la vía se cumplan, para lo cual, constantemente se harán inspecciones a fin de localizar defectos en la nivelación, asegurar que su estabilidad y alineamiento sean correctos, que el estado de las soldaduras sea bueno, que el balastado sea el adecuado, que las sujeciones permanezcan apretadas y que el comportamiento de las juntas de dilatación especial sea normal; esto último se logrará si las juntas permanecen en:

buen estado y si sus desplazamientos longitudinales se realizan sin tropiezo.

B. *Vigilancia especial.* Deberá ejercerse por el Jefe de Cuadrillas cuando se presenten temperaturas bajas o elevadas o haya, durante el día, variaciones bruscas de temperatura en los rieles, cuando se estén ejecutando trabajos de conservación con la vía desconsolidada; también se inspeccionarán los rieles largos para cerciorarse que no haya roturas o averías en cualquiera de las partes que integran la vía.

Si el Jefe de Vía tiene duda sobre la seguridad en la circulación de los trenes por las causas antes anotadas, deberá imponer restricciones en las velocidades de los convoyes y de ser necesario, llegar a detenerlos antes de permitir un tránsito peligroso cuando la vía se encuentre en malas condiciones.

Si a pesar de las precauciones dictadas, se presentan deformaciones en la vía, se recabarán los informes sobre:

- a) Dimensiones de la deformación.
- b) Estado de los durmientes.
- c) Nivelación y alineamiento de la vía.
- d) Aberturas de las juntas de dilatación.
- e) Temperatura del riel.
- f) Escantillón.
- g) Sección del balasto, y
- h) Apriete de las sujeciones.

Con base en éstos informes y en los registros correspondientes archivados, se planeará la for-

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

ma de reducir o anular la deformación ocurrida para que la vía quede en condiciones de circulación y proporcione a los trenes seguridad. Si la temperatura es adecuada y si la deformación lo permite, se colocará la vía en su lugar; si esto no es posible, se cortarán los rieles quitando el excedente previamente determinado, uniéndolos con una junta emplanchuelada provisional. Posteriormente, y en cuanto sea posible, se liberarán los rieles para su ajuste a temperatura media, corrigiendo, al mismo tiempo, los corrimientos de las agujas de las juntas de dilatación.

CAPÍTULO II

CONSERVACION

Gran parte de las operaciones de conservación requiere que se permita el desplazamiento longitudinal de los rieles largos, aflojando para ello las sujeciones. Para que estos movimientos no sean excesivos, es necesario que los rieles estén sometidos a esfuerzos bajos por temperatura, por lo que el aflojado debe hacerse dentro del rango de temperatura media y en las estaciones del año en que las variaciones de temperatura sean moderadas. Esto ocurre al iniciarse el otoño y la primavera, cuando empieza a bajar o subir la temperatura.

1. *Visita de inspección de otoño.* Inmediatamente después que se observe una baja en la temperatura de unos 5°C., será necesario iniciar la visita de inspección, empezando por las juntas de dilatación, comprobando si la abertura de sus agujas está cercana al máximo permitido. En caso de que esa abertura alcanzara prematuramente un valor de 180 mm., se deberá aumentar la longitud del riel largo antes de que se

presenten los fríos intensos. Para lograr lo anterior, se cortarán 1.80 m. de los rieles, a una distancia de 1.80 o más metros de la junta de dilatación y se insertarán los tramos correspondientes, con longitud aumentada en lo que se va a corregir, como cierre de las agujas de la junta y de acuerdo con la temperatura que se registre en ese momento. Se aflojarán únicamente las sujeciones en la longitud del injerto y se ajustará la junta en la forma establecida. Es posible que únicamente sea necesario injertar en un riel o que los injertos a colocar en ambos rieles sean diferentes; esto dependerá de las posiciones que guarden las agujas al practicar su ajuste.

Además, deberá inspeccionarse la totalidad de la vía que contenga los rieles largos. Cualquier desperfecto o anomalía observada, se reparará de inmediato, incluyendo fracturas de rieles que eventualmente llegaren a aparecer. Como las fracturas tienden a presentarse cuando la temperatura desciende considerablemente, la observación, en este caso, se extenderá hasta la época en que lo anterior ocurra y la reparación de tal avería se llevará a cabo de acuerdo con lo indicado en el párrafo correspondiente.

2. *Visita de inspección de primavera.* Esta inspección deberá llevarse a cabo sobre las mismas bases ya establecidas para la inspección de otoño y en este caso al iniciarse el tiempo caluroso. Inmediatamente que la temperatura en el riel sea cercana a los 46°C., se deberá proceder a realizar la visita, inspeccionando principalmente la abertura de las juntas de dilatación, la

que no deberá ser menor a 35 mm. Si la abertura fuera menor, será necesario reducir la longitud del riel o los rieles largos en la extensión sobrante, haciendo los cortes e injertos en la forma asentada anteriormente. Las rebabas que por tránsito pudieran aparecer en las agujas, deberán removerse con esmeril o cincel cuando la abertura sea máxima; lo anterior tiene por objeto que aquéllas puedan deslizarse libremente.

En ambas visitas, se revisará el apretado de las sujeciones en toda la longitud de los rieles largos. Es común observar que cuando se colocan rieles y durmientes nuevos, los pernos y tirafondos se aflojan, por lo que se tendrá especial cuidado al respecto.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la vía con rieles largos soldados, instalada siguiendo los lincamientos antes establecidos, es duradera y su estabilidad se conservará mejor, mientras menos intervenciones se tengan.

No deberá olvidarse, que el levantamiento de los rieles con gatos en una proporción mayor que la recomendada, provocará deformaciones permanentes en éstos, sobre todo si la temperatura difiere de la de colocación. Por tanto, queda rigurosamente prohibido llevar a cabo alineamientos, nivelaciones, calzados mecánicos sin rebalastar y reemplazar durmientes durante los calores o frios intensos.

En todas las operaciones de conservación que se juzguen indispensables, el levante de los rieles deberá ser mínimo y nunca se cambiarán más de

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

dos durmientes consecutivos, no olvidando que las temperaturas límites de ejecución se fijarán a partir de las temperaturas de colocación o de liberación. Cuando los dos rieles que constituyen un tramo de vía, sean colocados o liberados a temperaturas diferentes, los límites se acortarán, siendo obligado que sea el ingeniero o el Jefe de Vía quien las establezca, debiendo asentar en la orden relativa, la cual será extendida por escrito y firmada, las temperaturas de referencia.

3. Sustitución de materiales.

A) Durmientes.

Esta operación deberá realizarse dentro de las temperaturas comprendidas entre 0 y 36°C. Se prohíbe cambiar más de dos durmientes consecutivos y más de un tercio de los durmientes existentes en una misma longitud elemental, la que se considera de 20.00 m. Si el número de durmientes que es necesario cambiar sobrepasa a dicha cantidad, deberá procederse en varias etapas, que se llevarán a cabo con intervalos mínimos de 30 días. Para desconsolidar la vía, se respetarán las instrucciones a continuación:

No se permitirá, en general, la circulación de trenes cuando falte un durmiente o cuando algunos no constituyan un apoyo efectivo.

No se aflojarán las sujeciones de varios durmientes consecutivos.

No se levantarán los rieles más de 2 cm. cuando se saque un durmiente viejo o cuando se introduzca uno nuevo.

No se removerá el balasto entre durmientes sino durante el cambio de éstos, volviendo a rellenar inmediatamente después de terminada esta operación.

B) *Sujeciones.* Muelles, grapas, pernos, tirafondos, suelas y cojinetes amortiguadores.

En los dos rieles y a una distancia por lo menos 50 m. a cada lado de la junta de dilatación, deberán revisarse de inmediato las sujeciones que estén rotas o averiadas. Si en una visita de inspección normal, se encontrara que el número de las sujeciones defectuosas está en un porcentaje bajo con respecto al número total de las colocadas en un riel largo, su cambio podrá esperar hasta que se lleve a cabo la conservación total de ese tramo.

Para comprobar el buen estado de las sujeciones, deberá llevarse un registro en que se establezca claramente, en qué fecha fueron colocadas y el lote a que corresponde. La fecha de fabricación viene marcada en bajo relieve en las propias sujeciones y es común que la garantía que da la casa fabricante, sea por lo menos de 5 años contados a partir de su colocación.

Si en la inspección se encuentra que han fallado varias sujeciones del mismo lote antes de la fecha de garantía, puede suponerse que dicho lote ha resultado de mala calidad y que si del mismo se han colocado fijaciones en diferentes tramos, es casi seguro que también éstas hayan fallado por lo que, deberán ser inspeccionados de inmediato los tramos en cuestión.

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

Como antes se asentó, las sujeciones elásticas deben proporcionar un anclaje efectivo y permanente a los rieles en toda su longitud, para que los esfuerzos por temperatura o mecánicos debidos a la tracción o al frenaje del equipo rodante, sean tomados y repartidos convenientemente según se explicó, por tanto, es indispensable que las sujeciones queden con un apriete correcto.

Independientemente de la conservación anteriormente especificada, es necesario verificar durante las supervisiones ordinarias, el apriete de las sujeciones. En vías nuevas la verificación de las constituidas con durmientes de madera, se debe hacer cuando menos al cabo de un año y para las vías con durmientes de concreto, a los cuatro meses de su colocación o, a más tardar, inmediatamente después de haber pasado los calores intensos.

El apriete de referencia será correcto cuando las sujeciones conserven su elasticidad, lo cual debe verificarse en la siguiente forma:

a) *Para muelles.* Se considera que en vías cuya colocación tenga hasta cuatro años en operación, las sujeciones conservarán su elasticidad, por lo que, para vías que hayan cumplido esa edad y durante el año siguiente, se hará un muestreo en la proporción de 25 durmientes por Km. de riel largo, tomando 6 durmientes en las proximidades de cada junta de dilatación y el resto en la longitud intermedia, midiendo con todo cuidado el juego elástico de las muelles en cada durmiente muestreado y poder obtener así

su promedio. Para medir ese juego vertical, entre muelle y riel en el borde del patin, se aflojarán totalmente los tirafondos de los durmientes pertenecientes a la muestra; se colocará la muelle en posición correcta o sea que su talón descansará completamente sobre su apoyo. Asegurando en dicha posición el primer contacto, se mide ese juego. Si el promedio "J" de dichos juegos es igual o superior a 1.6 mm., se considera que la elasticidad es satisfactoria, pero si éste es menor, la zona muestreada queda como dudosa, siendo necesario ejecutar un segundo muestreo más estricto, para lo cual, ahora se medirá el juego elástico en un número cuatro veces mayor de sujeciones que el anteriormente considerado o sea, que en la parte intermedia del riel largo se obtiene el promedio de los juegos elásticos en las sujeciones de 50 durmientes por Km. y en las proximidades de las juntas de dilatación, en 24 durmientes por extremo. Se ha encontrado satisfactorio proceder en la siguiente forma al cambiar por nuevas, las muelles que han perdido parte de su elasticidad, de acuerdo con el criterio antes expuesto.

Primer caso, cuando "J" es igual o mayor de 1.6 mm., no es necesario el cambio de las muelles y simplemente se apretarán nuevamente las sujeciones muestreadas.

Segundo caso, cuando "J" quede comprendida entre 1.6 y 1.2 mm., deberá revisarse la tercera parte de las muelles o sea, las de uno por cada 3 durmientes y reemplazar las que tengan un juego menor de 1.6 mm.

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

Tercer caso, cuando "J" quede comprendida entre 1.2 y 0.8 mm. deberá revisarse la mitad de las muelles o sea, las de un durmiente por cada dos y reemplazar las que tengan un juego menor de 1.6 mm.

Cuarto caso, cuando "J" es menor de 0.8 mm. deberán cambiarse por nuevas la totalidad de las muelles.

b) *Para grapas.* En este caso, también se revisará la elasticidad de las grapas durante el año siguiente a aquel en que la vía haya cumplido 4 años.

Se muestrearán las sujeciones a razón de 12 durmientes por Km. de riel largo, tomando 3 durmientes en la proximidad de cada junta de dilatación y los restantes en la longitud intermedia. Se mide el juego elástico de cada una de las grapas como se indicó para el caso de las muelles; si el 25% de éstas tienen un juego de 1.4 mm. se presume que, aproximadamente en la misma proporción, habrá en esa longitud, grapas que tengan ese juego o uno menor, por lo cual será necesario revisar todas las sujeciones y reemplazarlas por grapas nuevas, todas las que tengan 1.4 mm. o menos de juego. Para que el riel quede convenientemente sujeto, es obligado llevar a cabo el apretado inmediato.

c) *Para pernos y tirafondos.* Su deterioro es muy remoto por lo que el reemplazo de los mismos únicamente se llevará a cabo cuando al inspeccionar la sujeción o que se haga el cambio de la muelle o grapa, se compruebe que aquellos

están dañados. Lo que es muy común en el apriete de los tirafondos, dependiendo de la clase de madera del durmiente, es que lleguen a aflojarse por deterioro de la madera. Para proporcionar un apriete adecuado, se sacarán los tirafondos, colocando en el agujero un taquete de madera nueva ajustado, aplicándole pegamento especial para que, una vez que éste se haya secado, se haga nuevamente el taladro guía y se atornille dentro el tirafondo dándole el apriete correcto. Cuando la madera se ha abierto en las inmediaciones de los tirafondos, es conveniente flejarla o proveer otro elemento de agarre transversal a las fibras de la madera, evitando así, que ésta continúe abriéndose y que la rajadura inicial, aumente al introducir el taquete.

Cuando en los pernos, con el transcurso del tiempo, se llegara a pegar la tuerca, deberá aflojarse ésta con cuidado evitando que el perno gire y se dañe la cabeza o se deteriore su anclaje en la barra. Se sacará la tuerca totalmente y se limpiarán perfectamente cuerda y rosca, poniéndoles grasa grafitada para evitar la oxidación. Se atornillará la tuerca a continuación, hasta lograr el apriete prefijado.

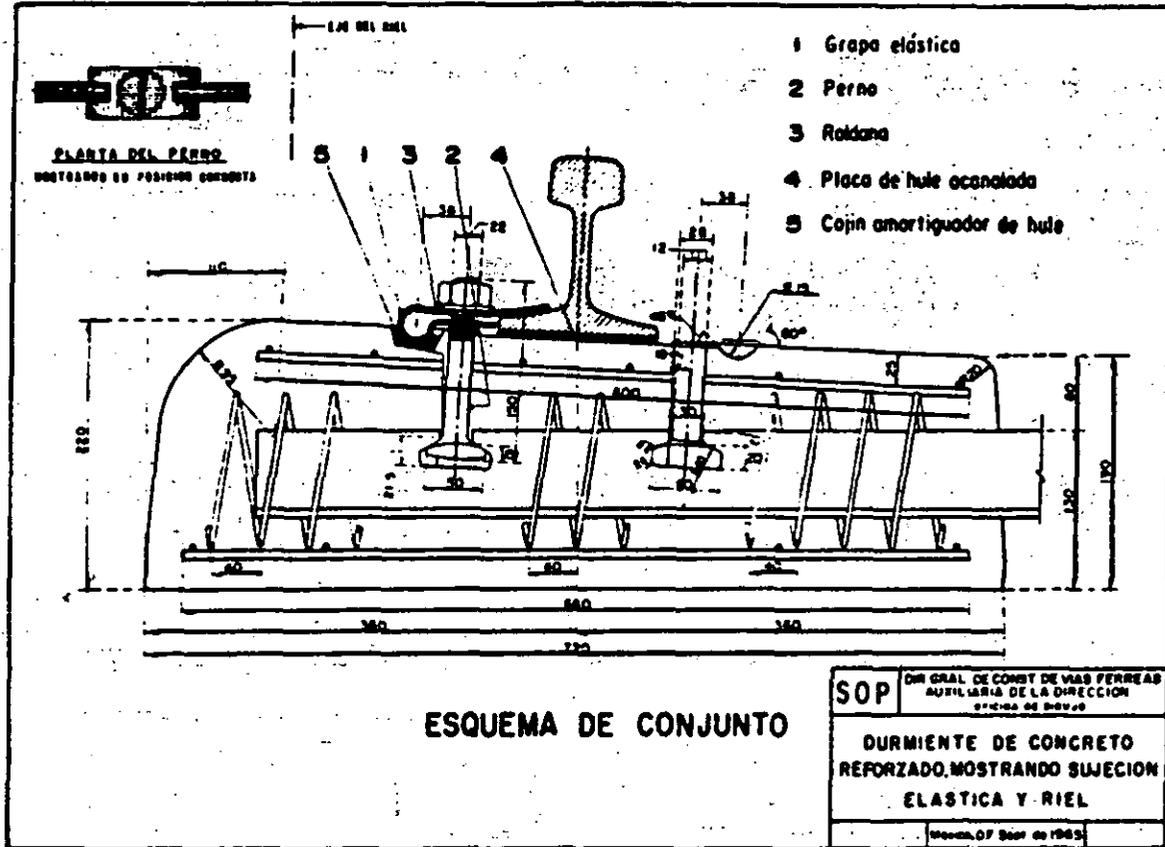
Debe recordarse que la orientación del perno es de suma importancia y que la ranura superior deberá quedar paralela al riel, lo que indica que la cabeza del perno está en la posición adecuada, cerciorándose además de que ha quedado perfectamente anclado a la barra metálica del durmiente.

d) *Para las suelas acanaladas y los cojinetes amortiguadores.* Para que la elasticidad de la vía no se afecte por causa de la pérdida de muelle de las suelas, con perjuicio de los durmientes, del alineamiento y del nivelado de la vía, es necesario que las suelas de hule conserven su recuperación, después de deformarse momentáneamente por aplastamiento al paso de los trenes. Se ha comprobado que si las suelas cumplieron estrictamente con las normas de fabricación, éstas permanecen en buen estado por grandes periodos. Lo mismo acontece con los cojinetes amortiguadores. Sin embargo, deberá revisarse que la colocación de las suelas y cojinetes sea la correcta, pues cuando se aflojen las sujeciones debido a los esfuerzos provocados por el tránsito, aquellos elementos pueden correrse y salirse de su posición.

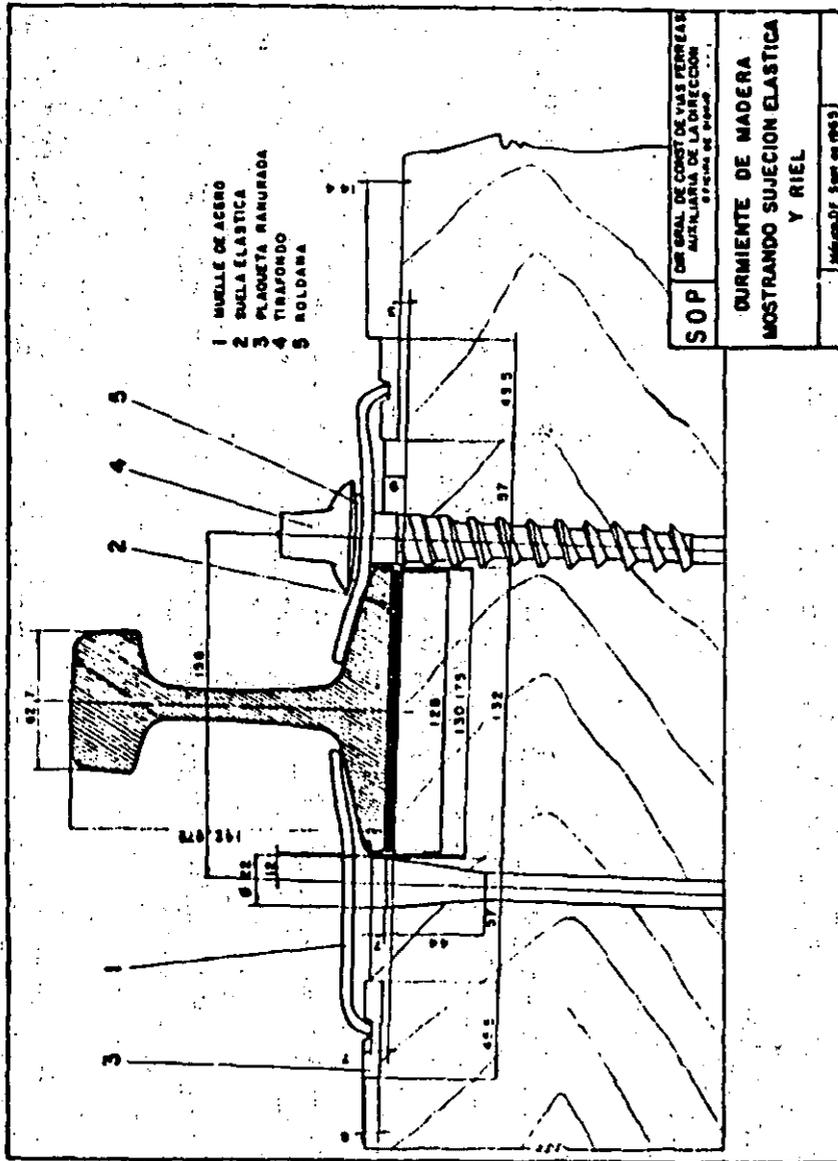
Quando por necesidades de cambio de durmientes, medición de juego elástico, compensación térmica, etc., sea necesario aflojar las sujeciones, deberán revisarse y cambiarse las suelas y cojinetes que estén rotos.

4. *Tramos de apriete continuo.* Una vez que se verifique la elasticidad de las muelles o grapas en la forma antes expuesta, cambiando las que sea necesario, se determinan los tramos de apriete continuo como sigue:

Por cada Km. de vía de riel largo soldado, se mide el juego de la sujeción en su segundo contacto, eligiendo 10 durmientes dentro de la zona central y otros 10 en las proximidades de la



INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

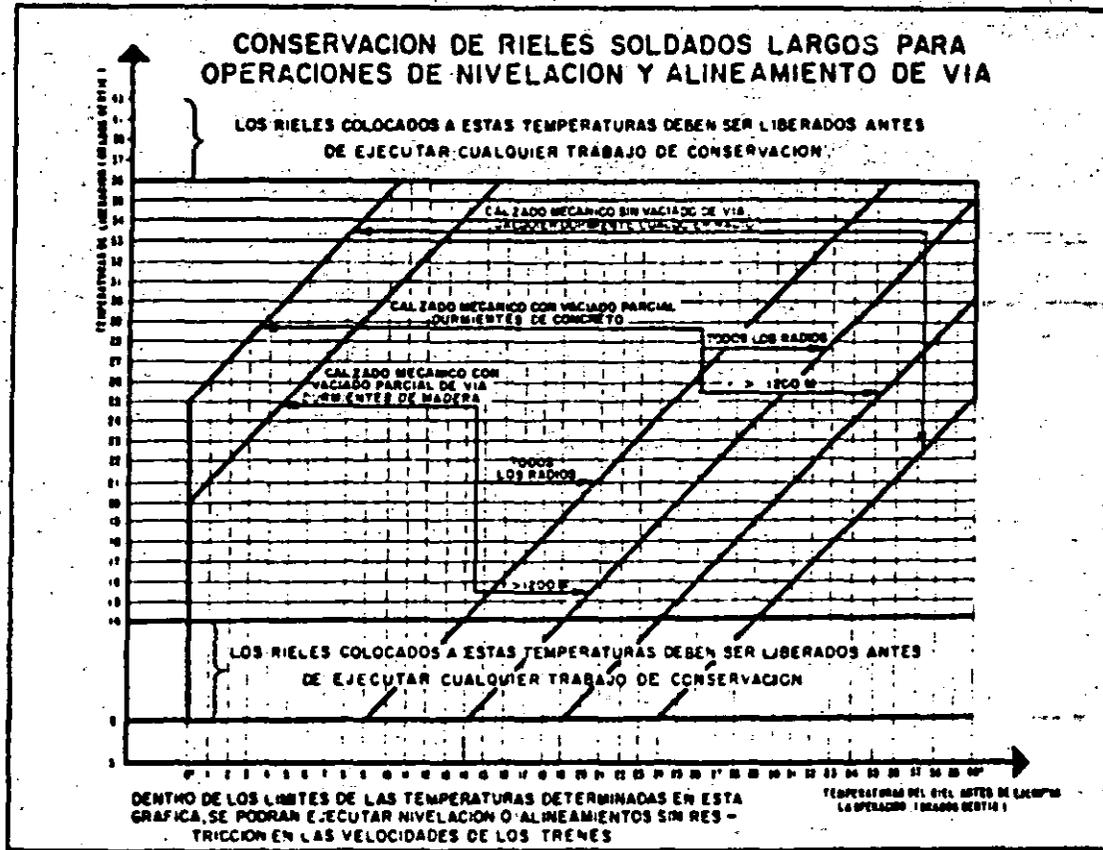


junta de dilatación especial. Se anotan los resultados obtenidos en esos durmientes, encontrándose a continuación, el porcentaje de fijaciones cuyo juego mínimo sea 1.0 mm. y si éste es superior a 25%, se hará dentro de ese tramo de vía un apriete continuo.

Para llevar a cabo el apretado, es necesario asegurar que las sujeciones estén en buen estado en todas sus partes y colocadas correctamente, por lo que en durmientes de madera deberá verificarse que los talones de las muelles estén bien asentados en las ranuras y en las placas de asiento. En el durmiente de concreto, deberá verificarse que las ranuras superiores de los pernos sean paralelas al riel y que el talón de la grapa esté bien asentado. La rama inferior de la grapa nunca debe quedar sobre el patin del riel. A continuación se procede al apretado controlado con la atornilladora mecánica provista de carátula graduada o con atornilladora de par de torsión regulable. El apriete se empezará por las grapas elásticas exteriores en vías con durmientes de concreto.

5. *Nivelación.* Aunque hay varios métodos de nivelación, este instructivo sólo establece las normas para el método por calzado mecánico que es comúnmente empleado.

Está terminantemente prohibido llevar a cabo el vaciado y/o calzado de la vía durante los calores o fríos intensos; estos trabajos deben realizarse en temporadas en que las variaciones de temperatura en un mismo día sean moderadas.



INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

A 50 m. hacia uno y otro lado de las juntas de dilatación, el calzado se hace en la misma forma que la empleada para vías comunes. Al llevar a cabo la nivelación en el resto del riel largo, las operaciones relativas reducen la estabilidad de la vía mientras éstas se realizan por lo que, si la temperatura de ejecución se aleja mucho de la temperatura de equilibrio, la vía puede desplazarse, modificándose la repartición de las compresiones o tensiones y la abertura de las juntas de dilatación. En la gráfica relativa, se fijan las temperaturas límites de ejecución en relación con las temperaturas de colocación o liberación.

Si excepcionalmente es necesario realizar trabajos de nivelación a menos de 0°C. o más de 40°C., la velocidad de los trenes deberá reducirse a 60 KPH.

Si se presentan cambios bruscos de temperatura en los días siguientes a los de la nivelación, deberán observarse cuidadosamente los rieles largos especialmente en las curvas, pues tenderán a desalinearse, siendo necesario implantar una nueva reducción de velocidad al paso de los convoyes.

En caso de que en algunos tramos la vía se encuentre desconsolidada por tener durmientes mal calzados o descuadrados, principalmente en las curvas, también se impone de inmediato la reducción de la velocidad.

a) *Calzado mecánico sin vaciar la vía.* Se eje-

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

cuta con calzadoras mecánicas múltiples montadas en armón o unitarias.

Como antes se dijo, hasta 50 m. a partir de las dos juntas de dilatación y medidos hacia el centro, se procede en la misma forma que la empleada en las vías comunes. En la parte intermedia de los rieles largos, los levantes medios por calzado no deben ser superiores a 20 mm. Si fuera necesario hacer levantes mayores, aunque no excesivos, la velocidad de los trenes se mantendrá a menos de 80 KPH.

b) *Calzado mecánico con vaciado de vía parcial.* Se ejecutará con calzadoras mecánicas múltiples y esporádicamente en forma manual.

Si los rieles largos se colocaron fuera del rango de temperaturas de liberación, previamente se liberarán.

Los levantes de la vía estarán limitados a 20 mm. Si fueran necesarios levantes mayores, deberá reducirse la velocidad a 60 KPH.

6. *Alineamiento horizontal de la vía.* Si los rieles largos se colocaron fuera de la temperatura de liberación, será necesario liberarlos antes de ejecutar el alineamiento.

Los límites de temperatura para llevar a cabo este trabajo, con respecto a las de liberación, son:

<i>Curva de:</i>	<i>Temperatura de ejecución</i>
$R \geq 1200$ m.	Entre: -20 a $+5^{\circ}$ C.
$R < 1200$ m.	Entre: -20 a 0° C.

En este caso también se presenta el riesgo de deslizamiento longitudinal del riel, por lo que, cuando sea necesario vaciar la vía para mover los durmientes, se removerá el balasto indispensable del lado contrario a la circulación de trenes.

Cuando la temperatura del riel sea superior a la de colocación, el vaciado debe hacerse quitando el balasto que esté en contacto con la cara del durmiente y que da hacia el centro de la longitud del riel largo.

Al proceder en esta forma, se evitará el corrimiento longitudinal de la vía al quedar apoyados los durmientes en la cara contraria. Cuando la temperatura del riel sea inferior a la de colocación, el vaciado se hará descubriendo la cara del durmiente que queda opuesta al centro de la longitud del riel largo.

En todos los casos deben respetarse las longitudes máximas establecidas para vaciado de vía y deberá quedar completamente rellena al término de la jornada de trabajo.

7. *Roturas de rieles largos.* Esporádicamente se presentan roturas en los rieles cuando estén sujetos a tensión por baja temperatura. Se procederá a su reparación definitiva tan pronto como sea posible. Como reparación provisional, se unirán las dos puntas del riel fracturado por medio de dos planchuelas comunes, las que se mantendrán sujetas por medio de mordazas adecuadas. Si la rotura tuvo lugar en las proximidades de una soldadura, se emplearán planchue-

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

las especiales. En caso de que se vaya a proceder a la reparación definitiva o se deje pasar algún tiempo antes de ejecutarla, se sujetarán los extremos con planchuelas que se atornillarán empleando dos tornillos colocados en los agujeros extremos de la planchuela, para lo cual se harán los taladros correspondientes en los extremos a unir. Es necesario verificar el apretado de las sujeciones en 50 m. a uno y otro lado de la rotura. Si la separación entre los extremos de la fractura, se aproxima a 30 mm., deberá restringirse la velocidad de los trenes a 30 KPH. mientras se lleva a cabo la reparación definitiva.

Si la fractura proviene de mala calidad del acero, fisuración longitudinal del patín u horizontal del hongo, se procederá en la forma siguiente: Deberá verificarse el apretado de las sujeciones en 50 m. a uno y otro lado de la rotura; se cortará el tramo de riel que contiene esos defectos por lo menos en 0.90 m. a uno y otro lado de la fractura y a 1.80 m. de cualquier soldadura; se injertará un nuevo tramo de riel del mismo calibre, taladrando en los respectivos extremos para emplanchuelar y colocando por cada junta dos tornillos en los agujeros extremos de la planchuela.

Si la rotura no presenta separación, es probable que el riel esté a compresión y en ese caso será obligatorio hacer los cortes con soplete.

Si la temperatura cambia bruscamente una vez realizado el injerto, se impondrá a los convoyes una velocidad de 30 KPH. hasta que aquélla se haya normalizado.

Si hay duda o se comprueba que las condiciones de un riel de 12 m. son malas, se reemplazará con uno de 13 m. integrado por dos tramos soldados, siendo el menor 1.80 m. como mínimo.

Con objeto de que la vía esté en condiciones de soportar el tránsito con seguridad a velocidades normales, se procederá lo más pronto posible a efectuar la reparación definitiva, al llevar a cabo ésta se pueden presentar dos casos:

a) *Cuando la temperatura del riel está comprendida entre 14 y 36°C.* Si hay un injerto emplanchuelado, se retira éste y se eliminan los agujeros taladrados que sirvieron originalmente para colocar las planchuelas de la junta provisional, cortando los extremos de los rieles. Se aflojan las sujeciones en 50 m. a uno y otro lado de la fractura para liberar los esfuerzos y se vuelven a apretar. Se intercala otro tramo de riel del mismo calibre con 3 cm. menos de longitud que la que hay entre extremos de rieles y a continuación se hacen las dos soldaduras.

b) *Cuando la temperatura es inferior a 14°C.* La reparación se hará durante el lapso de mayor temperatura que se presente en el día. Este trabajo nunca se llevará a cabo a temperaturas menores de 5°C. Se revisarán las sujeciones en 50 m. a uno y otro lado de la fractura, apretando las que estén flojas. A continuación se hará el injerto en la forma establecida para el caso a).

Cuando la temperatura vuelva a estar comprendida entre 18 y 36°C., se aflojarán las sujeciones desde la junta de dilatación más próxima

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

hasta 50 m. más allá de la fractura, apretando nuevamente una vez que haya quedado liberado el riel. Si la fractura se produce en una soldadura eléctrica, con trayectoria cercana a la vertical, el riel podrá unirse nuevamente con una soldadura aluminotérmica, cortándolo en los extremos de la rotura con soplete y plantilla de corte. Si la fractura se presenta en una soldadura aluminotérmica, se hará un injerto de 1.80 m. de longitud mínima, como se explicó anteriormente.

Para obtener una información más segura y completa sobre las causas de la falla de los rieles, en todos los casos, los pedazos de rieles largos cortados para colocar los injertos, se mandarán al laboratorio para su análisis.

Cuando se presenten averías en el riel largo, diferente a la rotura pero que ameriten reparación, ésta deberá realizarse en la forma anteriormente establecida para el caso de las fracturas.

8. Desperfectos en las juntas de dilatación. Cualquiera de estos desperfectos deberá reportarse al Jefe de Vía, quien decidirá lo conducente. Deberán señalarse con pintura blanca para hacerlos notorios. En caso necesario se restringirán las velocidades de circulación de trenes.

Si al estudiar este desperfecto se decide la sustitución de la parte averiada, será necesario cambiar media junta completa por otra del mismo tipo en buenas condiciones. El cambio se realizará aflojando las sujeciones del riel en 50 m.

a partir de la junta. Las soldaduras necesarias se ejecutarán después de haber regulado la junta y se localizarán fuera de otras soldaduras. Una vez terminado el trabajo, se apretarán las sujeciones.

9. *Registro para el control de rieles largos.* Debido a que todas las operaciones de conservación y reparación de los rieles están condicionadas a las temperaturas de colocación o liberación, es indispensable llevar un registro minucioso de las mismas. También deberán registrarse todas las temperaturas de operación subsecuentes que modifiquen las contracciones o expansiones de los rieles largos.

El registro se establecerá para cada uno de los rieles largos tendidos entre dos juntas de dilatación y contendrán todos los datos e informaciones relativas a la integración de los mismos a partir de su colocación.

10. *Conservación de rieles de 24 o 36 m.* La conservación de vías con rieles de 24 o 36 m., se lleva a cabo en la forma y con las reglas de conservación de vías constituidas con rieles de 12 m. En este caso se establecerá y vigilará la abertura de las juntas emplanchueladas.

11. *Rieles largos sobre puentes.* En general deberán instalarse juntas de dilatación a 30 m. a la entrada y a la salida de los puentes, tendiendo entre las juntas (sobre el puente), vía emplanchuelada con rieles de 36 m. Sin embargo, en puentes de uno o varios claros cortos (10 m. aproximadamente), con cubeta para ba-

INSTRUCTIVO PARA CONSERVACION

lasto, teniendo un apoyo fijo y otro móvil en cada claro; se ha observado que los esfuerzos provocados por la continuidad de los rieles largos tendidos sobre esos puentes, no influyen mayormente en su estabilidad por lo que, normalmente, podrán correrse los rieles largos sobre dichos puentes; no obstante, si la localización o el tipo de apoyos o la longitud de los claros difiere de lo antes asentado o se presentara alguna duda al respecto, deberá consultarse con el Jefe de Via, quien determinará si es necesario hacer el estudio relativo.

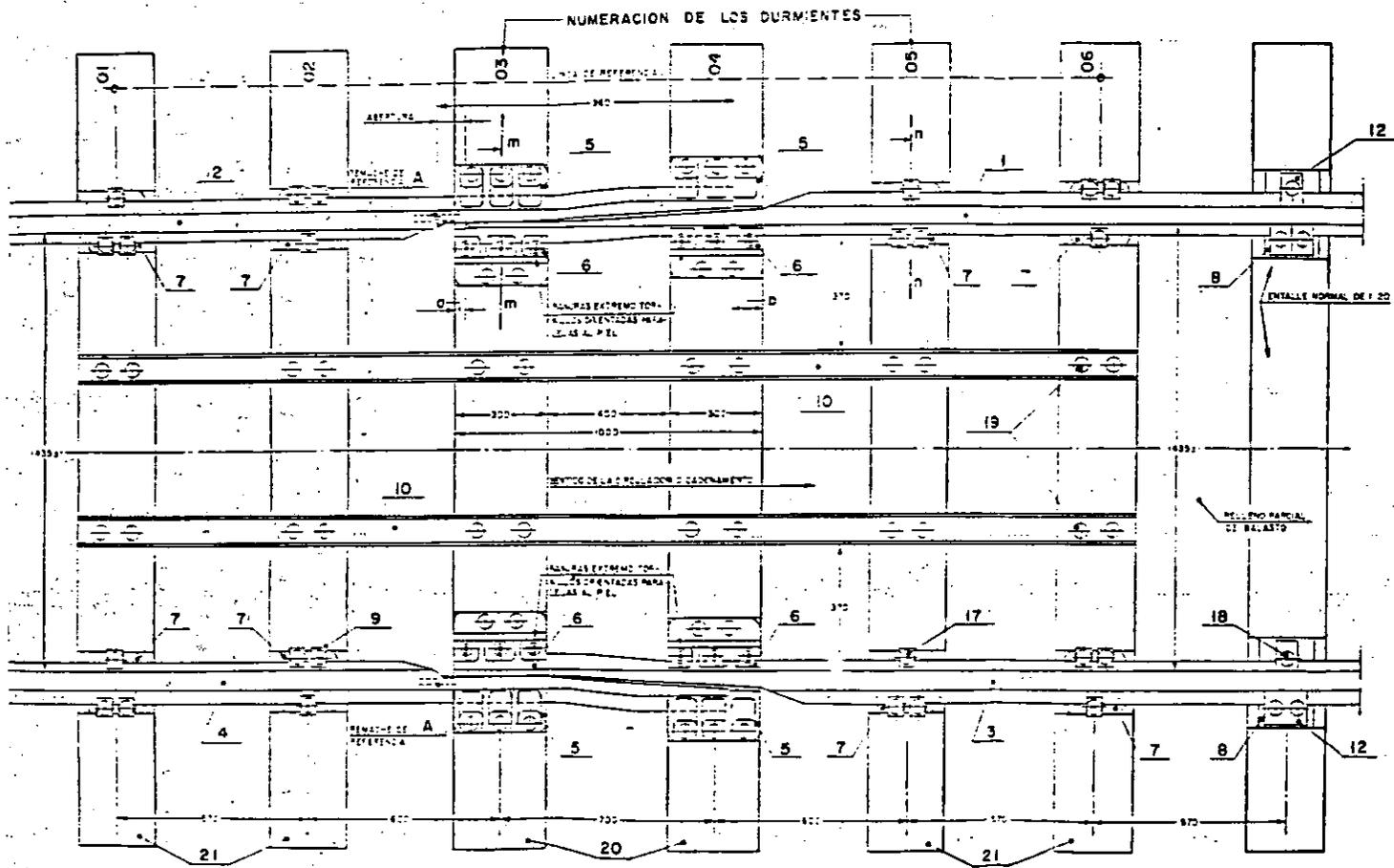
En puentes largos, de uno o varios claros con superestructura de acero o de concreto, siempre deberán instalarse juntas de dilatación a la entrada y salida del puente, como se indicó antes.

Para puentes de longitudes intermedias, deberá hacerse el estudio correspondiente entre el largo de los claros y su número, los apoyos fijos y móviles y la continuidad de frenaje; lo anterior tiene por objeto determinar si deberán correrse los rieles largos sobre el puente, sin emplear juntas de dilatación en los accesos o si es conveniente instalar una sola junta en un acceso o al centro del puente; por otra parte, al proyectar los puentes localizados en tramos de vía con rieles largos, deberá tenerse en cuenta lo anterior para evitar, hasta donde sea posible, el empleo de juntas de dilatación.

Recomendación especial. Para lograr que una vía con rieles largos soldados permanezca en condiciones de tránsito seguro, es necesario conser-

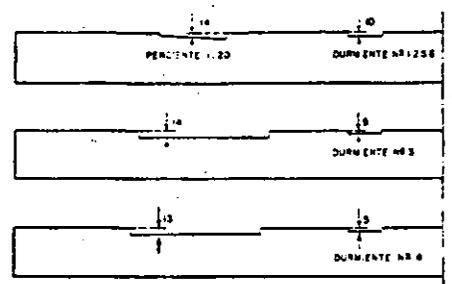
DE RIELES SOLDADOS LARGOS

varla constantemente con objeto de obtener una perfecta sujeción entre riel y durmiente, asi como lograr un anclaje efectivo entre durmiente y terraceria a través del balasto. Lo anterior será posible si ineludiblemente se siguen todas y cada una de las normas antes establecidas.



ESCALA 1:10

ENTALLADO DE LOS DURMIENTES



ABERTURA DE	DIST. a	DIST. b
0	10	30
10	15	55
20	0	60
30	5	65
40	10	70
50	15	75
60	20	80
70	25	85
80	30	90
90	35	95
100	40	100
110	45	105
120	50	110
130	55	115
140	60	120
150	65	125
160	70	130
170	75	135
180	80	140

NOTA: PARA AJUSTAR LAS AUNAS CON RESPECTO A LOS POSICIONES EXTERIORES DE LOS CARRILES EN EL MOMENTO DE COLOCAR EL APARATO "JUNTA DE DILATACION ESPECIAL" DEBERAN RESPECTARSE LAS DISTANCIAS "a" Y "b" INDICADAS EN LA TABLA.

LA ABERTURA SERA MEDIDA ENTRE EL REMACHE DE REFERENCIA Y EL EXTREMO DE LA ARMA INTERIOR DEL RIEL.

PARA OBTENER UN MONTAJE CORRECTO DEL APARATO "JUNTA DE DILATACION ESPECIAL" ES NECESARIO RESPECTAR Y REFERIRSE A LAS RAYAS MARCADAS PREVIAMENTE CON SEGURETA SOBRE LOS DURMIENTES. AL MOMENTO DEL MONTAJE ES NECESARIO CENJONARSE UTILIZANDO UN PUNTO, DE QUE LAS RAYAS DE SEGURETA ESTAN EN EL NEGAS.

LOS DURMIENTES ESPECIALES QUE SE USAN PARA EL MONTAJE ESTAN NUMERADOS DE 1 A 8 EN LOS EXTREMOS.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE VIAS FERREAS POR METODOS MECANIZADOS

TOLERANCIAS PARA RECEPCION DE SAPOS Y CRUCEROS

ING. ISAAC MOSCOSO LEGORRETA

TOLERANCIAS PARA RECEPCION DE SAPOS Y CRUCEROS

D I M E N S I O N E S

ESCANTILLON	REGLAMENTARIAS		MAXIMAS		MINIMAS	
	CMS.	PIES Y PULG.	CMS.	PIES Y PULG.	CMS.	PIES Y PULG.
VIA ANCHA						
EN TANGENTE	143.5	4' 8 1/2"	143.5	4' 8 1/2"	142.9	4' 8 1/4"
EN CRUCEROS DE MANGANESO	143.5	4' 8 1/2"	143.8	4' 8 5/8"	143.3	4' 8 7/16"
EN CRUCES DE RIELES ATORNILLADOS	143.5	4' 8 1/2"	143.7	4' 8 9/16"	143.3	4' 8 7/16"
VIA ANGOSTA						
EN TANGENTE	91.4	3'	91.4	3'	90.8	2' 11 3/4"
EN CRUCEROS DE MANGANESO	91.4	3'	91.8	3' 0 1/8"	91.3	2' 11 15/16"
EN CRUCES DE RIELES ATORNILLADOS	91.4	3'	91.6	3' 0 1/16"	91.3	2' 11 15/16"

TOLERANCIAS PARA RECEPCION DE SAPOS

D I M E N S I O N E S

CANAL CEJAS	REGLAMENTARIAS		MAXIMAS		MINIMAS	
	CMS.	PULG.	CMS.	PULG.	CMS.	PULG.
RIGIDOS O DE MANGANESO	4.8	1 7/8"	4.9	1 15/16"	4.1	1 5/8"
DE RESORTE	5.1	2	5.2	2 1/16"	5.1	2"

DESGASTE EN RIELES

Cuando el desgaste del hongo del riel, origine que las cejas de las ruedas amenacen rozar las planchuelas o las tuercas de los tornillos, el riel deberá desecharse. Se dotará a todo el personal de vía que lo requiera de plantillas donde aparezca el perfil de la rodada y cejas de las ruedas, para que al hacer la inspección periódica de rieles, según lo indica el reglamento, sepan objetivamente cuando deba desecharse el riel. Cuando el desgaste alcance el 25% de la superficie de la sección transversal del hongo del riel, el riel deberá desecharse.

DESGASTE DEL DIAMANTE DEL SAPO O DE LA PUNTA DE AGUJAS

Cuando el desgaste (tomado con respecto a la línea vertical) llegue hasta 6.4 mm. (1/4") puede permitirse se revista con soldadura. Cuando el desgaste llegue a 9.5 mm. (3/8") el sapo o la aguja deben desecharse.

TOLERANCIAS EN AGUJAS COLOCADAS EN UN CAMBIO

D I M E N S I O N E S

ABERTURAS	REGLAMENTARIAS		MAXIMAS		MINIMAS	
	CMS.	PULG.	CMS.	PULG.	CMS.	PULG.
VIA ANCHA						
PUNTA DE AGUJAS	12.1	4 3/4"	-	-	-	-
TALON DE AGUJAS	14.6	5 3/4"	14.8	5 13/16"	14.4	5 11/16"
	15.9	6 1/4	16.0	6 5/16"	15.7	6 3/16"
VIA ANGOSTA						
PUNTA AGUJAS	10.2	4"	-	-	-	-
TALON AGUJAS	12.1	4 3/4"	12.2	4 13/16"	11.9	4 11/16"

TOLERANCIA EN ABERTURAS Y PROFUNDIDADES DE CANALES PARA CEJAS

	D I M E N S I O N E S					
	REGLAMENTARIAS		MAXIMAS		MINIMAS	
	CMS.	PULG.	CMS.	PULG.	CMS.	PULG.
ABERTURAS CONTRA-RIE- LES DE SA- POS	4.8	1 7/8"	5.1	2"	4.1	1 5/8"
PROFUNDI-- DAD DE CA- NALES TO-- DAS	4.8	1 7/8"	NO HAY LIMITE		3.8	1 1/2"

TOLERANCIA EN LONGITUDES Y ABERTURAS DE SAPOS

En el largo de las alas y de las patas, medidas desde la punta práctica del sapo $\pm 3\text{mm}$. (1/8") de su medida reglamentaria.

En las aberturas de la boca y de la cola $\pm 1.6\text{ mm}$. (1/16") de las aberturas reglamentarias.

En la longitud total $\pm 1/4"$ (6.35 mm).

Se aceptará una flecha hasta de 3.18 mm (1/8") sea en depresión o elevación en sapos de 4.572 m. (15') de largo.

TODAS LAS AGUJAS DE LOS CAMBIOS CONECTADOS A LA VIA PRINCIPAL DEBERAN TENER PROTECTOR DE AGUJAS.

La posición normal reglamentaria de la punta de agujas es de 15.9 mm. (5/8") abajo del hongo del riel en que se apoya. La tolerancia permisible en altura es de ± 1.6 mm. (1/16").

TOLERANCIAS EN LONGITUD.

Las tolerancias en la longitud reglamentaria de una aguja son; 6.35 mm. (1/4") mayor y 12.7 mm. (1/2") menor.

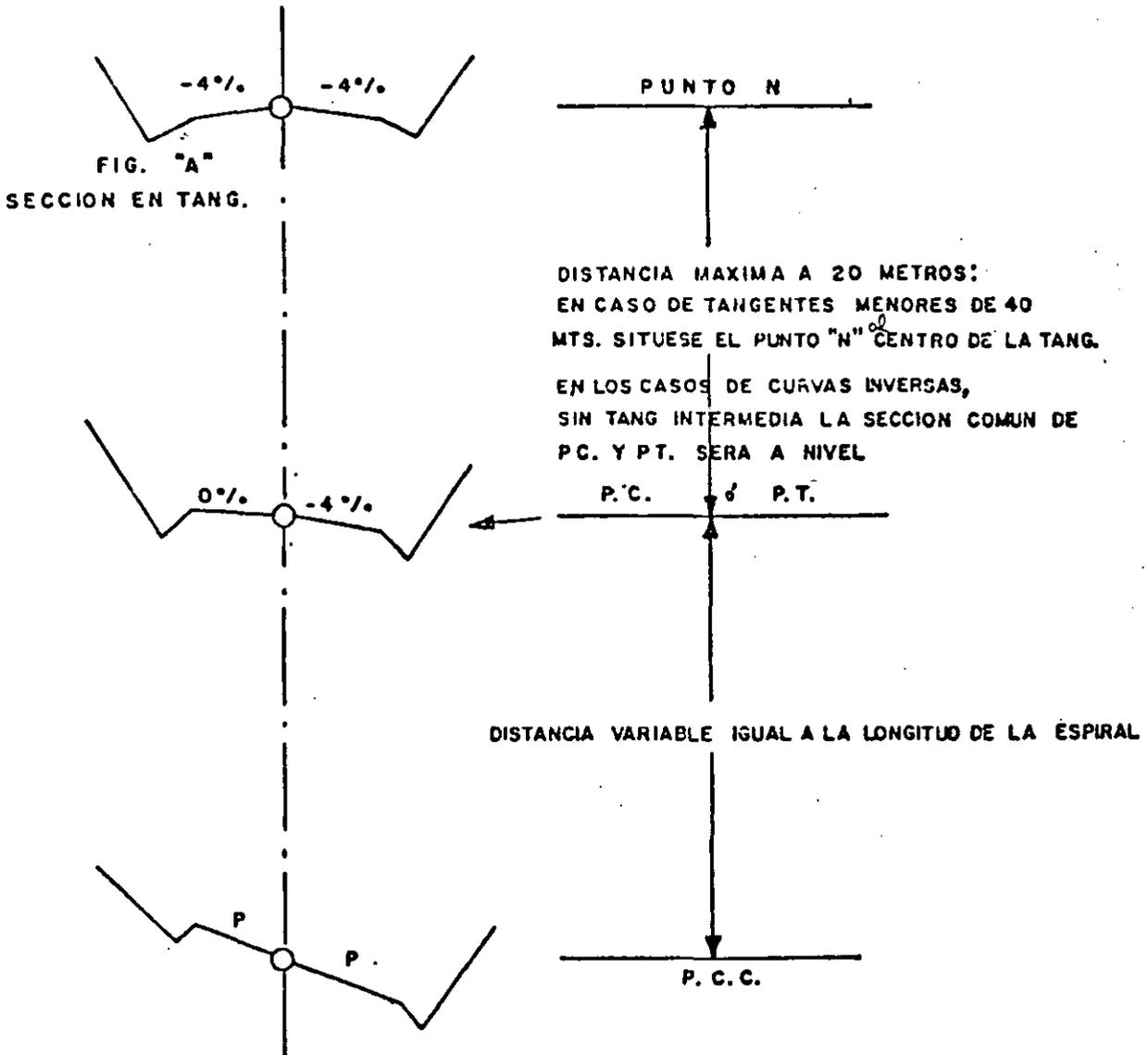
BOMBEO EN LA TERRACERIA

El bombeo de la terracería en tangente será de -4.0% a cada lado del eje de la vía (en subrosante figura "A") hasta el punto "N" que es en donde empieza la transición

Entre el punto "N" y el principio de la espiral (P.C. ó P.T.) el lado exterior de la curva variará de -4.0% hasta 0.0% y el lado interior de la curva se conservará con el -4.0%

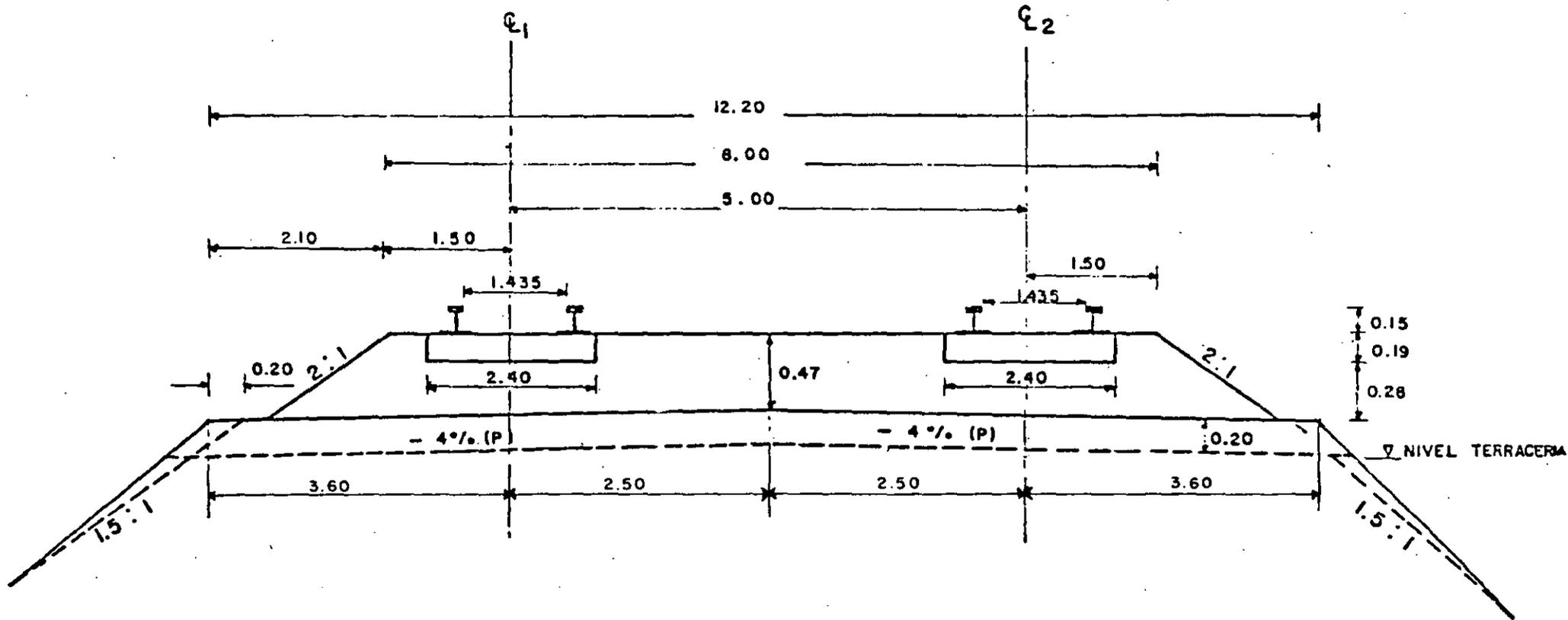
Entre el principio de la espiral (P.C. ó P.T.) y el principio de la curva circular P.C.C. el lado exterior de la curva variará de 0.0% hasta la sobre elevación máxima y el lado interior de la curva variará de -4.0% hasta la sobre elevación máxima

La curva circular conservará, la sobre-elevación máxima de acuerdo con la velocidad del tramo y el grado de la curva.



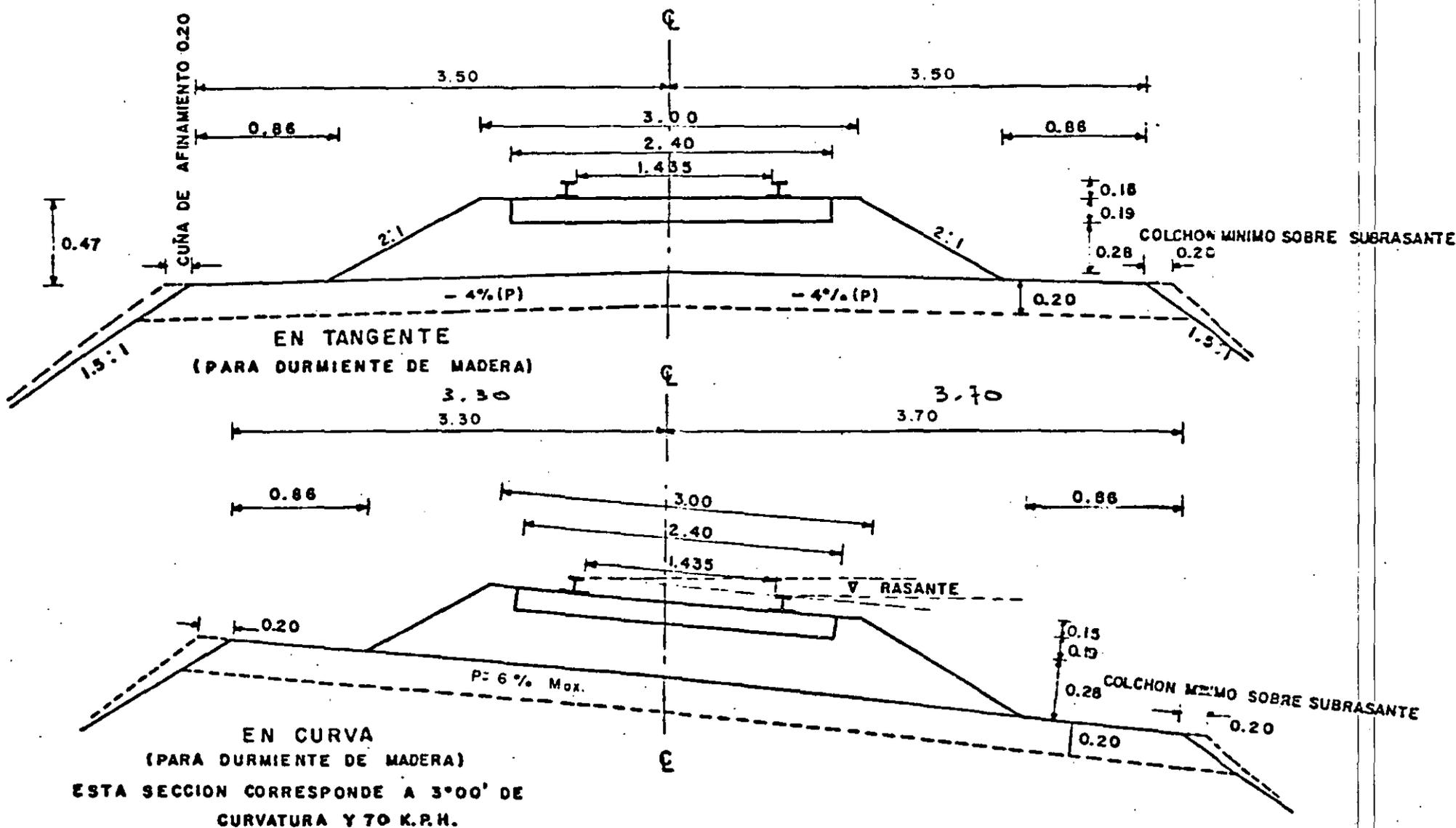
ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS.

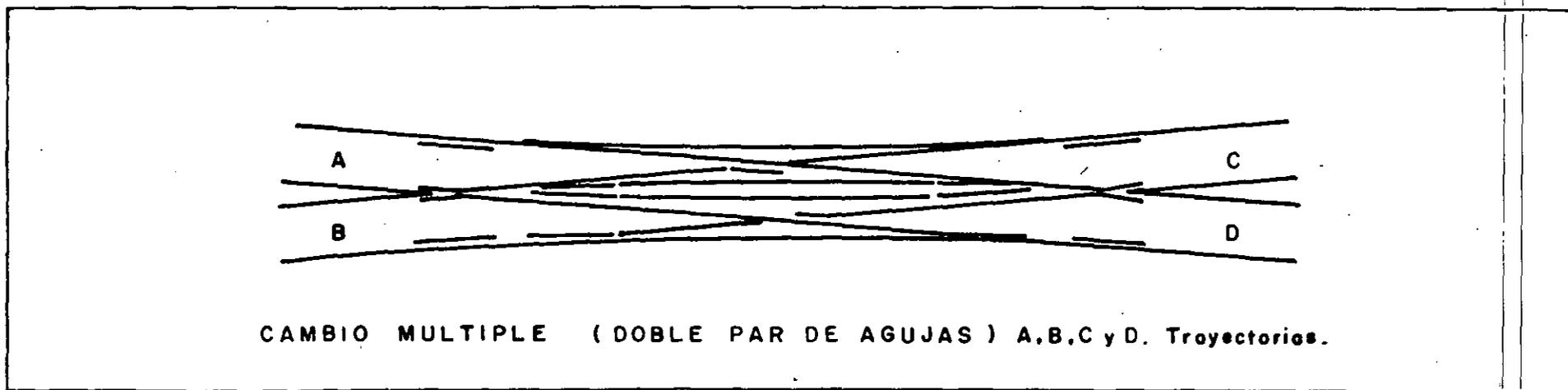
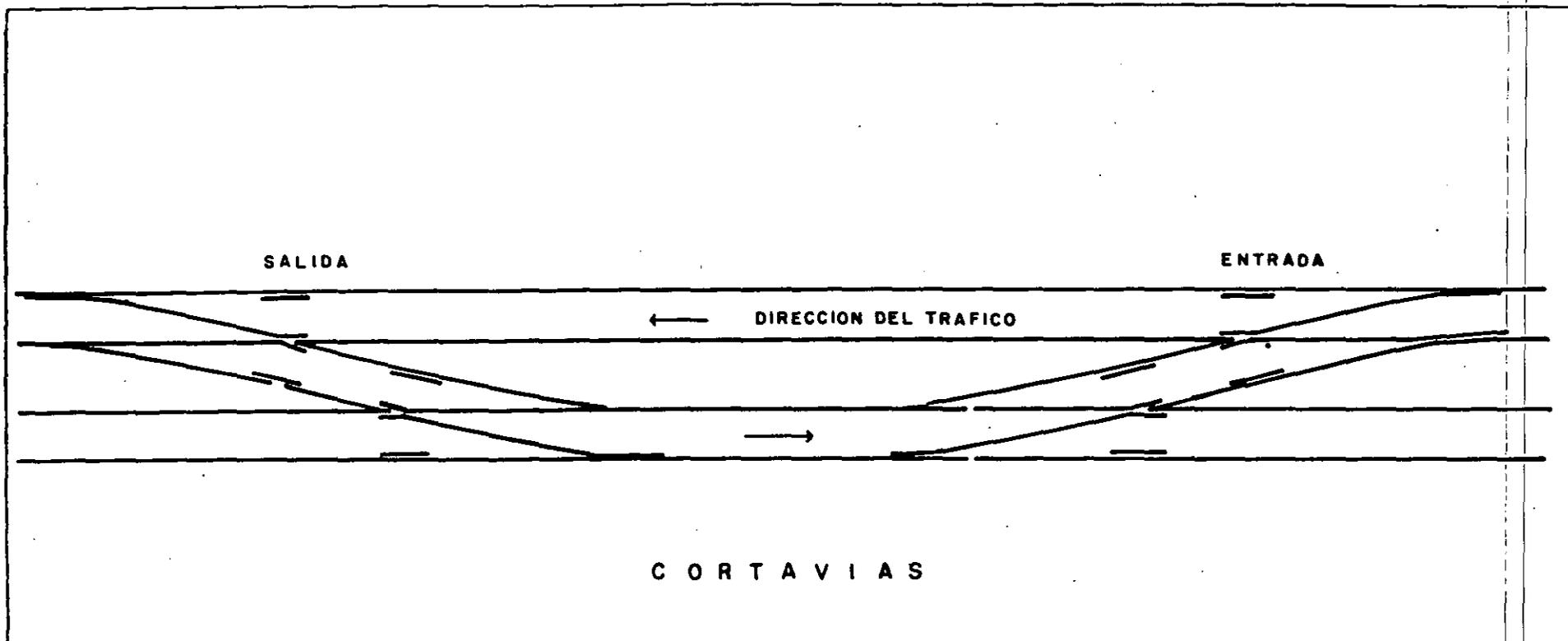
SECCION DE VIA (ZONA LADERO) EN TERRAPLEN.

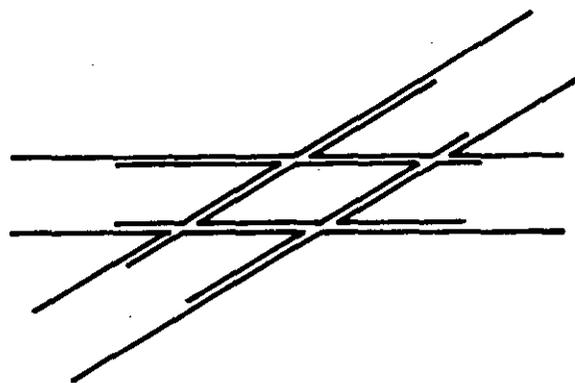


ESPECIFICACIONES GEOMETRICAS

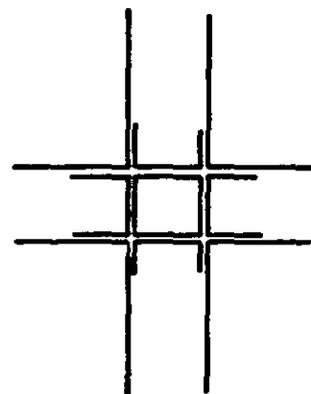
SECCION DE VIA TIPO EN TERRAPLEN



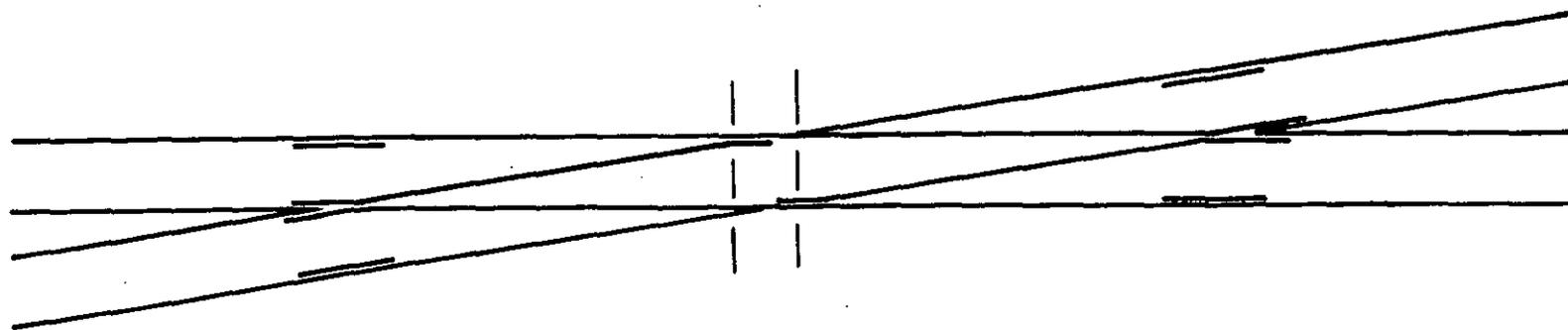




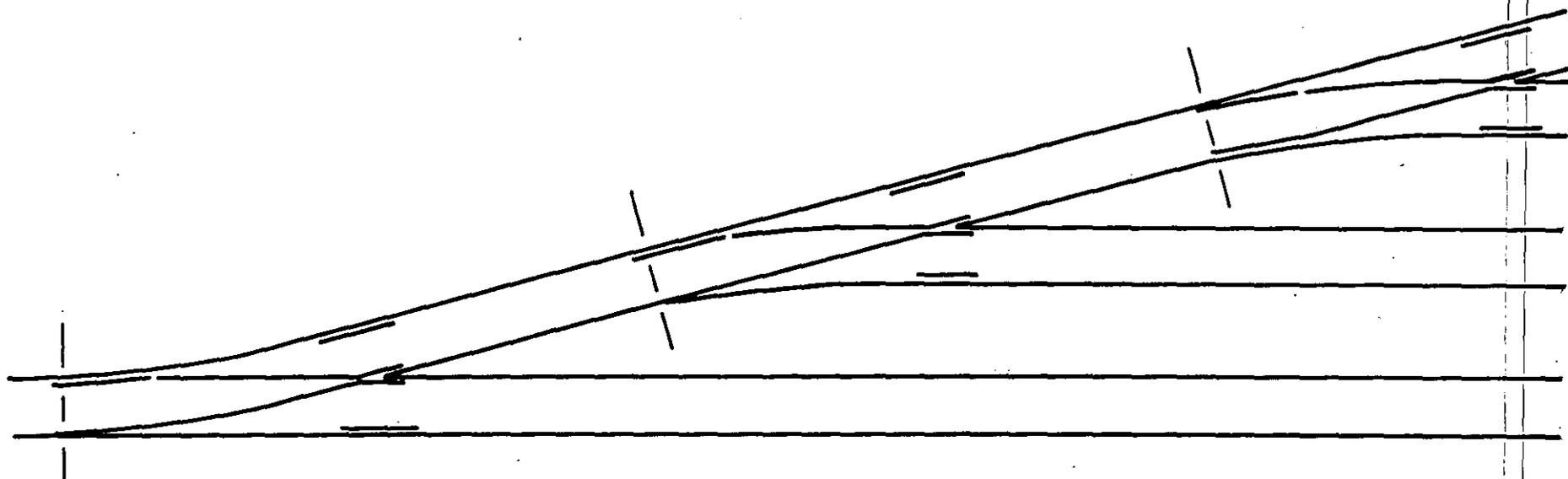
CRUCERO ESVAJADO



CRUCERO NORMAL

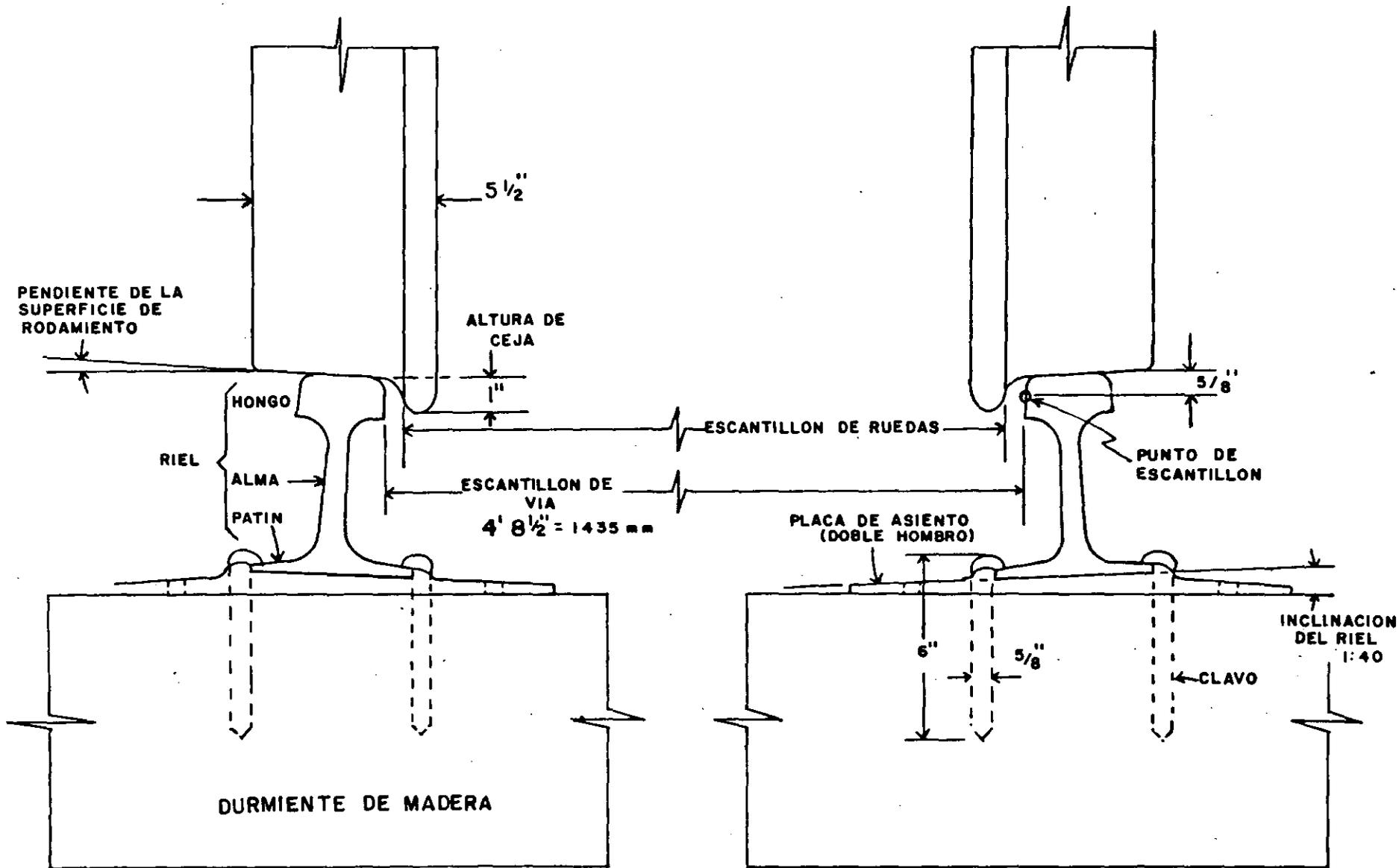


CRUCERO CON PUNTA DE AGUJAS MOVILES. ANGULO DE CRUCE $< 8^\circ$.



VIA DE CONEXION MULTIPLE .

(P A T I O S)



RELACION ENTRE ESCANTILLON DE RUEDAS Y ESCANTILLON DE VIA-DIMENSIONAMIENTO.

ANTECEDENTES

Por el año 1900 el Dr. Hans Goldsmith, desarrolló la ALUMINOTERMIA, procedimiento basado en el hecho de que metales pesados se reducen a partir de sus óxidos correspondientes, por la intervención del aluminio. En el caso de la obtención aluminotérmica del hierro queda libre una cantidad de calor en pocos segundos y por esta característica el Inventor decidió su aplicación en la técnica de soldadura de rieles.

Hans Goldsmith designó sus muestras aluminotérmicas con el nombre de THERMITH.

Los Ferrocarriles Estatales Húngaros soldaron por primera vez en 1904, rieles de grandes longitudes por el procedimiento THERMITH.

Entre 1910 y 1924 algunos Ferrocarriles Estatales y Federales en Alemania, soldaron rieles en vía dentro de túneles y sobre puentes, en longitudes que fluctuaron entre 30 y 120 mts.

A comienzos de 1930 ya se habían soldado tramos de vía de un kilómetro de longitud.

En los Estados Unidos y en el año 1957 se soldó vía hasta alcanzar una longitud de 1,600 mts., los rieles de 39 pies de largo se soldaron parcialmente por el procedimiento de soldadura autógena por presión (oxweld), mientras que la soldadura de tramos largos se realizó con el sistema THERMITH. Para contrarrestar los esfuerzos por temperatura se disminuyó la separación de los durmientes a la vez que se emplearon anclas en forma profusa: 4 piezas por durmiente.

En Alemania, desde 1958, se han realizado unas 400,000 soldaduras anuales.

La vía soldada más larga, en Alemania, tiene una longitud del orden de los 22 kms.; también se han soldado agujas de cambios en forma muy intensa.

Después de la II Guerra Mundial, los Ferrocarriles Franceses han adoptado también este sistema de soldadura, soldando rieles del orden de 800 mts. de longitud, en donde instalaron JUNTAS ESPECIALES DE DILATACION.

METALURGIA DEL PROCESO THERMIT.

El fundamento de la soldadura THERMIT es la reducción aluminotérmica del hierro a partir de su óxido más importante en este aspecto: Fe_2O_3 .

La reacción $Fe_2O_3 + 2 Al$, tiene lugar con desprendimiento de 848 kilocalorías por kilogramo de porción THERMIT.

La mezcla de THERMIT que se suministra, se hace reaccionar en el crisol de magnesita por medio de un cerillo especial; en un tiempo de 15 a 25 segundos se logra la ebullición en forma continua y sin desprendimiento de gases, de todo el volumen de mezcla (porción).

Al finalizar la reacción se ha acumulado el hierro THERMIT, en forma líquida, en el fondo del crisol, mientras que la escoria ligera (Al_2O_3), también llamada corindón, se acumula en la parte superior del mismo.

La temperatura de la reacción THERMIT alcanza los $2,450^{\circ} C$.

Debido a estas propiedades, el Químico Ostwald denominó al procedimiento THERMITH "un alto horno y una fragua de forja de bolsillo" .

Para su aplicación, como material de soldadura, el hierro THERMITH se aleaciona con Carbono (C), Magnesio (Mn) y Silicio (Si), los cuales realizan al mismo tiempo, la desoxidación y limpieza del acero THERMITH.

El aluminio desempeña en esta reacción un papel muy importante: Pequeños contenidos de aluminio son convenientes para la pureza de acero THERMITH y aumentan las propiedades en lo que se refiere a resistencia y coeficiente de dilatación; si se sobrepasa una proporción analizada, se produce una estructura porosa, resultando un material frágil y quebradizo, anulando el trabajo de soldadura; la sangría del crisol demasiado rápida, también puede provocar este defecto.

La composición mineralógica del acero THERMITH, es aproximadamente la siguiente:

C = 0.60
Mn = 1.40
Si = 0.13
Al = 0.40
Ti = 0.07
P = 0.04
S = 0.01

SOLDADURA de arco para reparación de rieles,

Generalidades,

Hace mucho tiempo que se usa el arco eléctrico para trabajos de vía. Al principio, la soldadura se empleó sólo en aceros de bajo carbón, pero después se amplió la aplicación de este procedimiento a los rieles a los que se imponen esfuerzos tan rudos que se consideraba difícil obtener buenos resultados.

Para ello se desarrollaron tipos especiales de electrodos que resultaron adecuados para cumplir con las exigencias impuestas.

Los grandes esfuerzos que tienen lugar en el riel sólo pueden ser soportados por soldaduras libres de fisuras y con resistencia a la tensión y al desgaste, parecidos a los del acero del riel que se repara.

Como la superficie de rodamiento es desgastada por la carga rodante, por los deslizamientos y por la corrosión en pequeñas áreas, el material aportado en la soldadura debe estar en lo posible, libre de poros y de impurezas.

Ya un contenido de 0.30% de carbón hace los aceros susceptibles al enfriamiento rápido. Como el acero de riel es considerablemente más rico en carbón, es indispensable sujetarlo a un tratamiento térmico si se le va a aplicar la soldadura de arco.

El grado de calentamiento puede ser vigilado colocando en la superficie tratada papel ordinario de periódico. Si al colocar el papel en la superficie precalentada, adquiere un color café característico, el grado de calentamiento es correcto. Si se quema, la temperatura es excesiva. Es más preciso el control de calor por medio de lápices "termocromo" o con termómetros de adherencia.

Electrodos.

La elección correcta del electrodo es una condición indispensable para obtener una buena soldadura.

Para la aportación de metal en la reparación de rieles se usan electrodos especiales, que se fabrican para diferentes grados de dureza. En el siguiente cuadro se enumeran estos grados.

Ea 250	De 225 a 275	(dureza Brinell)
Ea 300	De 275 a 325	
Ea 350	De 325 a 375	

El metal aportado debe igualar hasta donde sea posible, en sus cualidades mecánicas, al metal del riel.

Su dureza y resistencia al desgaste deben ser ligeramente superiores a las del riel. La ductilidad debe ser lo más alta que pueda obtenerse. En general, son adecuados los electrodos que dan una dureza Brinell de 250 a 300, con recubrimiento básico-cálcico.

Donde hay partes sujetas a fuertes sollicitaciones, como en las puntas de sapo se usan a menudo electrodos especiales, pues se requiere un metal aportado, de gran tenacidad, ya que con la deformación en frío alcanza una gran dureza. La soldadura con electrodos austeníticos cumple con estas condiciones, cuando en el proceso no se produce gran cantidad de escoria. Por esto, no todos los electrodos austeníticos son apropiados. También es necesario que el recubrimiento contenga los agentes que aseguren que la austenita no se transforme en martensita, cuya estructura es quebradiza y provoca fisuras y quebraduras.

El tipo de electrodo con recubrimiento básicocalcico contiene calcio, materiales alcalino terrosos, y fluoruro de calcio.

En el proceso de soldadura con electrodo de revestimiento grueso, se producen gotas de mediano tamaño. Los cordones pueden abombarse con facilidad (para alejar la escoria). El electrodo es apropiado para usarse en aceros con alto contenido de carbón y en aceros con considerable proporción de impurezas como pueden provenir del convertidor Thomas. Sin embargo, estos electrodos son muy sensibles a la humedad. Cuando se han humedecido tienen que mantenerse cuando menos media hora a una temperatura de 250°C.

Manejo de los electrodos.

Para el manejo de los electrodos se han ideado diferentes esquemas de movimiento utilizables según forma y lugar en que se apliquen, esquemas que el soldador según su destreza y experiencia, puede modificar para adaptarse al caso concreto. Los electrodos sin recubrimiento, rara vez usados, se pegan fácilmente y deben ser manejados con seguridad y rapidez.

Los electrodos recubiertos son más fáciles de manejar en cuanto a que no se pegan fácilmente, pero requieren mucho cuidado en cuanto al flujo de la escoria producida, la que se distingue del baño de metal por su color.

El baño de metal se mantiene limpio de escoria mediante un manejo correcto del electrodo, ya que el arco eléctrico la aparta de su extremo. La longitud más conveniente del arco es variable según el electrodo. Hay que determinarlo experimentalmente. A menudo los fabricantes proporcionan información sobre este asunto. Los electrodos adecuados para soldar riel son de contacto,

es decir, el alambre debe tocar al riel. (Fig. 1).

En la figura 2 se representan movimientos pendulares transversales, que se asocian al uso de electrodos recubiertos. Cuando la soldadura es angosta no se necesitan estos movimientos pendulares. Al principio y al fin de un cordón de soldadura se forman cráteres más o menos grandes según el tipo de recubrimiento del electrodo.

Estos producen pequeñas fisuras y reclaman mucha atención, sobre todo cuando se aplica la soldadura en el patín de los rieles. El peligro puede evitarse si se aplican ciertas reglas.

La soldadura debe empezarse de tal modo que el cráter inicial pueda ser "repasado" en el curso de la operación. El cráter final puede ser reducido en tamaño si el electrodo, poco antes de romper el arco, se hace retroceder un poco. Este pequeño cráter debe de eliminarse cuando el trabajo es proseguido. (Fig. 3).

Corrección de defectos.

El relleno con soldadura de superficies gastadas se ha venido usando cada vez más, tanto en los talleres como en el lugar de instalación. Con este procedimiento se pueden reparar un piezas sujetas a tan rudos esfuerzos como las agujas de los juegos de cambio, con lo que se logra aumentar sus años de vida útil hasta que llega el momento de la reposición total.

Preparación del trabajo.

Las fallas localizadas en pequeñas extenstiones, cuya reparación es al ob-

je to de este instructivo, deben ser preparadas de tal manera que quede eliminada toda la zona en que haya fisuras capilares o restos de material defectuoso.

Esto se hace por medio de esmeriles, sierras, cortadores de gas o cualquier otro procedimiento. El cortador es muy eficaz en pequeñas fallas, pues el calentamiento desigual (los bordes de fisuras se calientan más rápidamente) denuncia las grietas, exfoliaciones y demás defectos locales, que deben eliminarse hasta la profundidad en que el metal sea sano y homogéneo.

Las superficies de los lugares así trabajados deben ser, en lo posible, planas, pues las desigualdades muy marcadas no pueden ser allanadas por la soldadura de arco y habrá puntos donde no se ligue el material aportado dando lugar a fallas que crecen con el uso. La escoria que se haya formado con el cortador y los restos del material fundido, se deben quitar por medio de cincel capillo, esmeril, etc. Las áreas así preparadas deben tener formas más o menos regulares tendiendo a lo circular, elíptico, rectangular, etc., para planear a primera vista el desarrollo y distribución de los cordones de soldadura. (Fig. 4)

Pre calentamiento.

Para ejecutar el trabajo hay necesidad de calentar la zona afectada y la zona opuesta (por razones de simetría), hasta una temperatura de 400°C. con una penetración de 10 mm. Este precalentamiento debe extenderse no menos de 80 mm. fuera de la zona de trabajo. Cuando ésta es muy pequeña el calentamiento debe llegar a 500°C. abarcando la extensión, algo más de 80 mm.

Ejecución de la soldadura.

Los daños producidos por patinaje, desgaste, fisuras y quebraduras se

corrigen con mucho éxito por medio de la soldadura de arco. El precalentamiento es indispensable. Los cráteres en las costuras no deben quedar en la misma sección transversal ni en el lado de rodamiento. El cordón, en las zonas redondas o elípticas es iniciado en la parte central y extendido en forma espiral Fig. (4), con lo que pueden situarse los cráteres en la forma más conveniente y con lo que se propaga poco el calor.

En zonas alargadas, los filetes de soldadura se extienden del centro a la periferia en líneas paralelas entre sí (Fig. 4-a). Cuando la zona es muy alargada se divide en sectores según la temperatura exterior y el tiempo disponible, abarcando de 100 a 200 mm. Las soldaduras deben quedar perfectamente ligadas. (Fig. 4-c).

Cuando la forma de la superficie por rellenar obliga a correr cordones paralelos entre sí y de igual longitud, debe tenerse cuidado de recargar los cráteres iniciales y finales. Se vigilará que estos cordones estén libres de fisuras, poros, quemaduras y despegues. El electrodo, justamente antes de cortar el arco, debe moverse lateralmente contra el cordón para que sólo se produzca un pequeño cráter. Al continuar la soldadura debe empezarse el nuevo cordón antes del cráter final a fin de sobrecargarlo lo más uniformemente posible. (Fig. 4-d)

No deben realizarse estos trabajos cuando la temperatura natural del riel en servicio sea superior a 35° C.

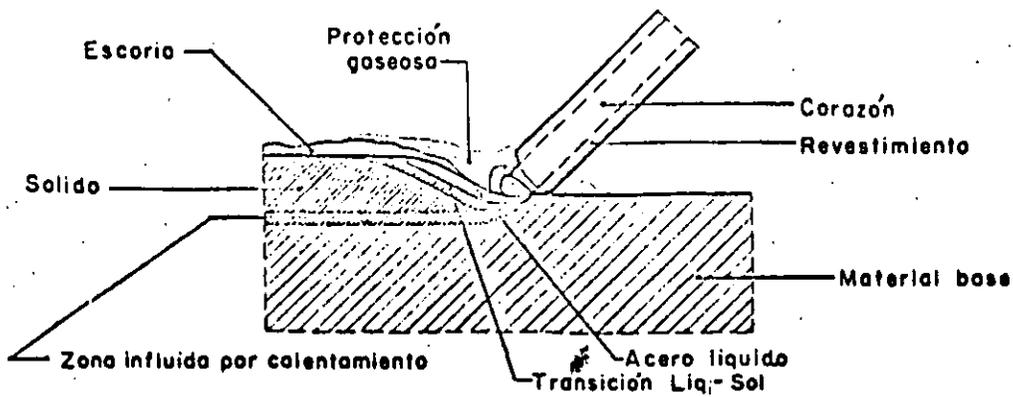


FIG. 1



MOVIMIENTOS PENDULARES TRANSVERSALES
CON ELECTRODOS RECUBIERTOS

FIG. 2

- 1.- Cordon de A a B
- 2.- Cordon de B a C cubriendo el cordon 1
- 3.- Cordones de Ca D etc.
- 4.- Crater inicial cubierto por cordon 2
- 5.- Crater final disminuido

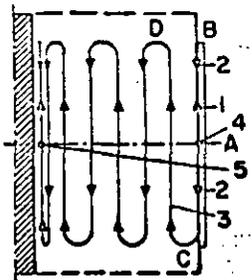


FIG. 3

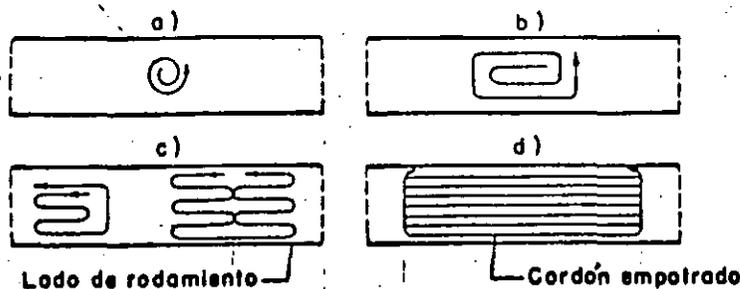


FIG. 4



Indicaciones para la Aplicación de Soldadura
CP Con Pre calentamiento.

- I N D I C E -

- 1.- Principio
- 2.- Características.
- 3.- Instrucciones de Aplicación.
- 4.- Equipo de Aplicación.

Not to be copied or duplicated, nor shown to or placed at the disposal of third persons without our written consent.

Este documento no debe ser copiado, duplicado, ni mostrado a terceros ni puesto a su disposición sin el consentimiento escrito de la empresa que lo elabora.

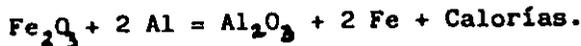
Ille ne daretur per, sine nostra autorisation écrite, être copié, reproduit, communiqué à des tiers ou mis à leur disposition.



Me deben ser, sin nuestra autorización escrita, espaldas, rígrafos, comunicados a terceros por correo o por otros medios.
It is no consent pass, sans notre autorisation écrite, être copiés, reproduits, communiqués à des tiers ou mis à leur disposition.
at the disposal of third persons without our written consent.

1. PRINCIPIO:

La soldadura de rieles, por Aluminotermia, utiliza el fenómeno, fuertemente exotérmico, de la reducción del Oxido de Hierro, por el Aluminio, según la siguiente fórmula:



La mezcla de Polvos de Aluminio y Oxido de Hierro, a la cual son añadidos unos productos de adición, y que permiten obtener, un acero, de unas características deseadas, se llama: Carga o Porción.

El acero y el Oxido de Aluminio que resultan de la reacción, iniciada con el encendido de la Porción, son llevados a su estado líquido, por el fuerte calor desprendido, durante dicha reacción, separandose por decantación, dentro del Crisol en que se efectúa.

El contenido líquido del Crisol, es colado en el interior de un Molde que envuelve los extremos de los rieles a soldar.

El interior de este molde ha sido previamente precalentado, hasta una temperatura de 850 a 900°C. Temperatura que se aprecia por el color Rojo Cereza de los extremos de los rieles a soldar, contenidos dentro de El.

El calor aportado por el acero líquido a alta temperatura, provoca la fusión de los extremos de los rieles formando una masa homogénea (metal de aportación y metal de base) que por solidificación, asegura, después del enfriamiento completo, la unión de los rieles.

2. CARACTERISTICAS.

2.1. Tipos de Soldadura en función de la aleacion de los rieles a soldar.

En función de las distintas composiciones de los rieles a soldar, la soldadura acabada, tendrá una dureza igual o ligeramente superior a la del riel.



SOLDADURA ALUMINOTERMICA.

0586 A

Indicaciones para la Aplicación de Soldadura
CP Con Pre calentamiento.

De forma general, los rieles se pueden clasificar por su aleación:

Riel de bajo contenido en carbono (riel normal)

Dureza \sim 223 Brinell , equivalente a 76 kg / mm²
Calidad 80

Riel alto contenido en carbono (riel naturalmente duro)

Dureza \sim 285 Brinell, equivalente a 97 kg / mm²
Calidad 100

Riel aleado (cromo - vanadio, cromo - molibdeno)

Dureza \sim 321 Brinell, equivalente a 109 kg/mm²
Calidad 120

Existen perfiles de otras durezas inferiores, para los cuales también se fabrica soldadura adecuada.

2.2. Tipo de Pre calentamiento:

Pre calentamiento: Aire Pulsado- gasolina

Pre calentamiento: Aire Pulsado - Propano.

Pre calentamiento: Oxi - Propano

2.3. Tipo de Destape:

Manual

2.4. Espacio entre rieles a soldar o "Cala":

25 milímetros.

2.5. Composición y Presentación de un KIT de soldadura.

1 Carga ó Porción de soldadura (que incluye 1 Paquete de Obturación)

1 Fósforo de Encendido (siempre en empaque aparte)

Modif.A:Fig. No. 5 y p
tos 3.11.2.1. y 3.11.2.2.

Fecha.
23 05 86

Firma
V. C. G. O.

Hoja No. 3
22

No deben ser, sin muestra autorizada, copiados, comunicados a terceros ni reproducidos, etc. No se permite su reproducción sin el consentimiento escrito de la IMNC. No se permite su reproducción sin el consentimiento escrito de la IMNC.



1 Juego de Moldes Refractarios

1 Pan de Pasta Refractaria FUSAL para el sellado de los Moldes..

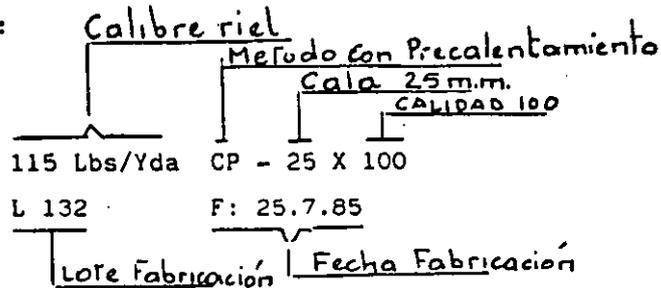
A excepción del Fósforo de Encendido estos materiales se presentan en forma de conjunto, dentro de una caja de cartón, debidamente protegidos uno del otro.

2.6. Nominado de la Soldadura.

el KIT de soldadura aluminotérmica y la bolsa de polietileno que contiene la Porción llevan las siguientes referencias.

- Calibre del riel
- Método de soldadura (CP ó LP)
- Cala ó espacio entre rieles a soldar.
- Tipo de aleación (calidad)
- Número de lote de fabricación.
- Fecha de fabricación.

Ejemplo:



2.7. Otros Materiales Consumibles:

2.7.1. Crisol Refractario.

Crisol de forma tronco cónica en el que se produce la reacción aluminotérmica.



2.7.2. Boquilla de Magnesita:

Boquilla que se inserta en el fondo del Crisol Refractario y a través de la cual se efectúa el colado.

2.8. Almacenaje:

Los materiales descritos anteriormente así como otros productos y utillajes empleados para la ejecución de la Soldadura Aluminotérmica deben ser almacenados al abrigo de la humedad.

3. INSTRUCCIONES PARA LA APLICACION:

3.1. Preparación de la Junta a soldar:

3.1.1 Inspeccion de los extremos de los rieles a soldar:

Toda fisura (ó inicio de fisura) que se detecte, (fisuras partiendo del agujero para las Planchuelas, en el Alma, etc.) así como deformaciones (puntas vencidas, etc.) deben ser eliminadas por corte.

Debe tenerse en cuenta, que el agujero más cercano al extremo a soldar, debe quedar fuera del Molde.

Todo resalto del perfil (rebabas procedentes del corte, etc.) que puedan entorpecer el acoplamiento del Molde, deben ser eliminados, por esmerilado.

3.1.2. Cala ó Espacio entre rieles a soldar:

La cala ó espacio entre los rieles es indicada por el fabricante y viene referenciada en la nominación impresa en la bolsa de la Porción (Ver punto 2.6)

... must not be copied or duplicated, nor shown to or placed
... the disposal of third persons without our written consent.
... No deben ser, sin nuestra autorización escrita, sin copias,
... cidos, comunicados a terceros personas o puestos a su dispo-



SOLDADURA ALUMINOTERMICA.

Indicaciones para la Aplicación de Soldadura
CP Con Pre calentamiento.

NT
0586

En el caso que nos ocupa, la Cala es de 25 mm con una tolerancia de ± 2 mm (Fig. No. 1)

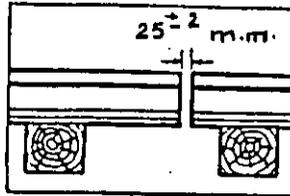


Fig 1

Esta cala se medirá, preferentemente, con una Galga Triangular graduada, tanto de una parte como la otra de la Cabeza y el Patín. Las cuatro medidas deben estar dentro de las tolerancias antes indicadas.

La Cala se obtiene por alejamiento o aproximación de los perfiles ó por corte.

3.1.3. Corte de los Rieles - Limpieza de los extremos a soldar.

Si para obtener la Cala es necesario cortar los rieles, debe hacerse Preferentemente con una sierra de disco abrasivo ó alternativa (fig. No. 2)

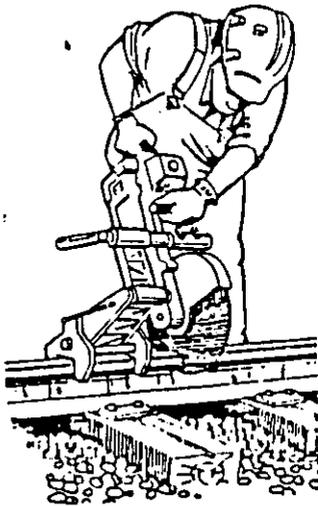


Fig 2

El corte con soplete debería usarse, solo en caso de emergencias y utilizando una guía de corte, - soldándose inmediatamente después de efectuado el corte.

Una vez efectuado el corte, los extremos de los rieles, deben ser cuidadosamente limpiados con la ayuda de un cepillo metálico, de una piqueta, lima ó buril, etc. a fin de eliminar todas las rebabas y trazas de óxido, suciedad ó grasa, que pudieran perjudicar la calidad de la soldadura.

3.1.4. Movimiento del balasto y elementos de fijacion.

En principio no deben removerse más balasto que el necesario, para permitir

Modif. a Fig. No. 5 y puntos 3.11.2.1. y 3.11.2.2.

Fecha.
23-05-86

Firma
Valco

Hoja No. 6
22



tar cuatro ó cinco fijaciones de cada lado de la soldadura a realizar y efectuar un alineamiento "grueso" al ojo, colocándose a unos 3 metros a cada lado de la soldadura. Hecha esta operación previa los extremos de los rieles a soldar deben quedar "vencidos" es decir ligeramente hacia abajo.

3.2.1. Alineamiento en Planta.

Sea cual sea el trazado de la vía, las caras internas del Hongo, deben alinearse perfectamente sobre una longitud mínima de 1 metro.

La posición de la parte baja de los rieles, debe ser igualmente alineada, a nivel de la unión del Alma con el Patín, a fin de que los extremos de los rieles a soldar queden con la misma inclinación. (Fig. No. 4)

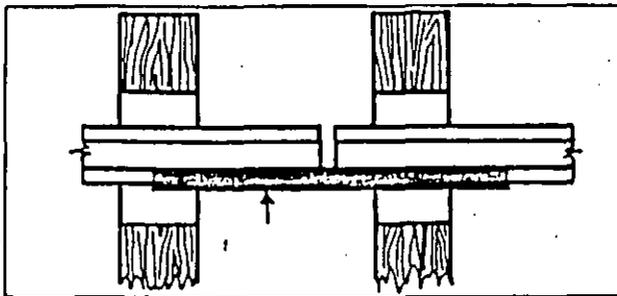


Fig 4

En curva este alineamiento se consigue mediante la utilización de tirantes.

3.2.2. Alineamiento en perfil.

La superficies de rodamiento de los dos rieles a soldar, deben alinearse con una pendiente hacia arriba en el punto de la soldadura.

El valor de esta pendiente se mide colocando la Regla de Alinear, de 1 Metro centrada con la Junta y debe tener en cada extremo, una luz entre regla y riel de 0.5 a 1.2 mm (Fig. No. 5)

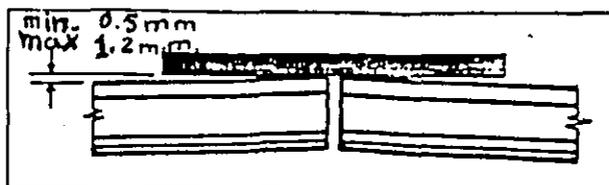


Fig 5

Modif. A1 Fig. No. 5 y par-
tes 3.11.2.1. y 3.11.2.2.

Fecha.
23-05-86

Firma.
García

Hoja No. 8

No se debe permitir que se reproduzca o se divulgue esta información sin el consentimiento escrito de la IMNC. No deben ser, sin nuestra autorización escrita, copias, re-
siduos, comunicados o transferencias a terceros o a otros.
No se doivent pas, sans notre autorisation écrite, être copiés, reproduits, communiqués à des tiers ou mis à leur disposition.
No se debe permitir que se divulgue esta información sin el consentimiento escrito de la IMNC. No deben ser, sin nuestra autorización escrita, copias, re-
siduos, comunicados o transferencias a terceros o a otros.
No se doivent pas, sans notre autorisation écrite, être copiés, reproduits, communiqués à des tiers ou mis à leur disposition.



SOLDADURA ALUMINOTERMICA.

NT- 0586

Indicaciones para la Aplicación de Soldadura

CP Con Precalentamiento.

Esta pendiente es necesaria para que una vez efectuado el esmerilado de terminación, la Junta quede alineada con la Regla (Ver tolerancias en puntos 3.11.2.1 y 3.11.2.2.)

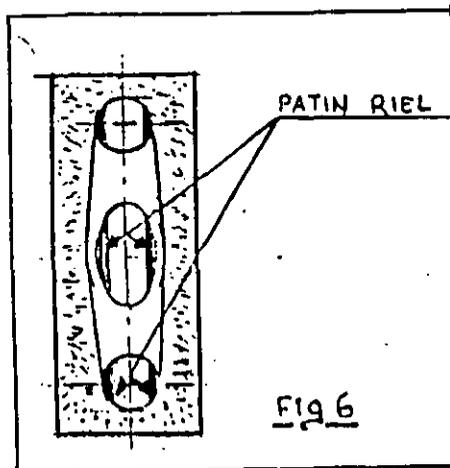
IMPORTANTE: Al empezar un frente de trabajo el soldador debe examinar las primera soldaduras, que le darán, un función de la longitud del esmerilado necesario, para dejar a regla la junta, la exactitud de su alineamiento y la necesidad de aportar correcciones pertinentes.

Tanto el alineamiento en planta como en perfil se efectúa colocando cuñas de madera, entre la cabeza del durmiente y el patín del riel. Debe prohibirse el alineamiento, mediante el calzado del durmiente con el balasto.

Existen unos dispositivos mecánicos, para facilitar el alineamiento, llamados Reglas de Alineamiento (Fig. 3)

3.3. Colocación de los Moldes.

El molde debe posicionarse de manera que el eje de la cámara de soldadura, corresponda con el de la Cala a soldar. Debe también ser perpendicular al eje longitudinal del riel.



Por la abertura superior del molde, se puede verificar el centrado de éste, respecto a la cabeza del riel y por los agujeros de las coladas, el centraje respecto a los patines. (Fig. No. 6)

Los moldes se sujetan sobre el riel mediante una pieza llamada Prensa Portamoldes.

La presión ejercida por la Prensa Portamoldes sobre los moldes debe ser ligera. Una presión excesiva puede deteriorar el molde.

Modif. A: Fig. No. 5 y partes 3.11.2.1. y 3.11.2.2.

Fecha.

Firma.

Hoja No. 9

ne esen ser, sin nuestra autorización escrita, copias, reproducir, comunicadas a terceros por escrito o por otros medios.



SOLDADURA ALUMINOTERMICA.

NT- 0586

Indicaciones para la Aplicación de Soldadura
CP Con Pre calentamiento.

Una vez colocados los dos medios moldes, se presenta la pieza inferior sobre la Placa de Fondo y se procede a un presellado, colocando un ^{CORDON} bordón de Pasta Refractaria a todo su alrededor, al mismo nivel que la pieza refractaria (Fig. No. 7). Después se suspende de las anillas inferiores de la Placa Portamoldes y mediante un giro de las manivelas de éstas, quedará presionada contra el fondo del molde.

La estanqueidad[?] entre molde y riel se consigue mediante la aplicación de la Pasta Refractaria FUSAL. (Fig. No. 8)

Antes de colocar los moldes se efectúa una escotadura en ambas mitades, en la parte superior del lado opuesto, al que se le colocará la Prensa Portamoldes, con objeto de crear un rebosadero, por donde pasará la escoria al recipiente llamado Cubeta para el Corindón. El ancho y profundidad de esta escotadura, está indicado con unos trazos en el molde (Fig. No. 9).

Finalmente se coloca sobre el riel y arrimada al molde la Cubeta para el Corindón, sellando el contacto entre ambos con Pasta Refractaria FUSAL (Fig. No. 10)

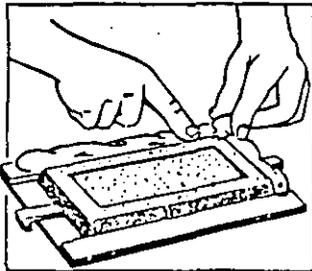


Fig 7

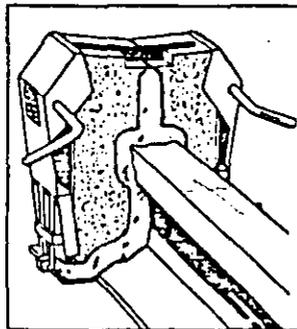


Fig 8

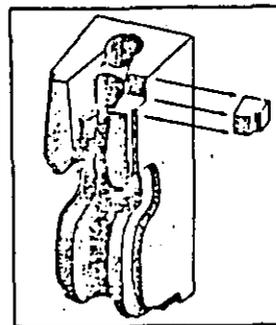


Fig 9

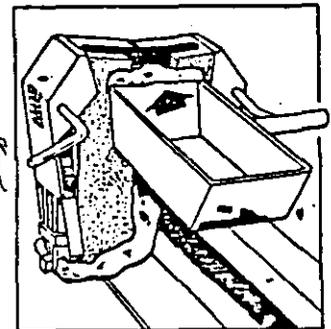


Fig 10

IMPORTANTE: El soldador, antes de colocar los moldes debe verificar que los dos los orificios y conductos están perfectamente libres, sino deberá proceder a su limpieza.

3.4. Preparación del Crisol.

En el caso de un Crisol nuevo:



SOLDADURA ALUMINOTERMICA.

Indicaciones para la Aplicación de Soldadura.

CP-Con-Precalemento.

NT-

0586

- El crisol refractario, debe acomodarse dentro de la Funda metálica para crisol.

Entre esta funda y crisol se coloca una capa de Pasta Refractaria FUSAL.

Una vez montado el Suplemento para el Crisol, éste debe ser SECADO concienzudamente, ya sea con el Calentador o bien efectuando una "colada falsa" con una porción que se haya desechado (al romperse una bolsa o perderse parte de su contenido (Fig. NO. 11)

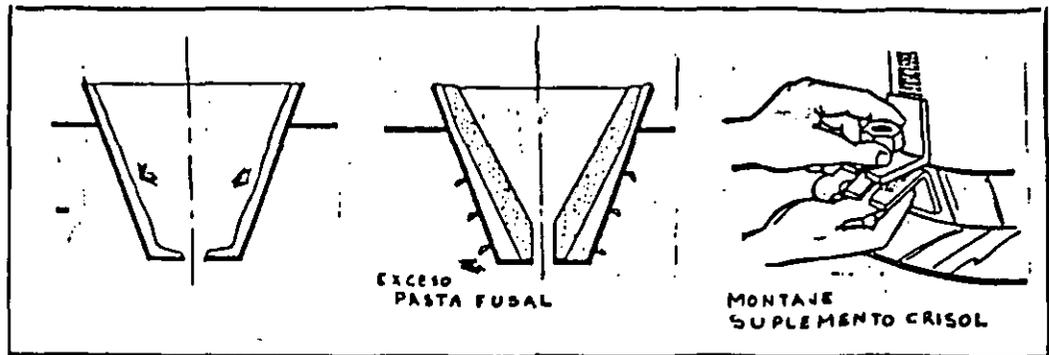


Fig 11

En el caso de un Crisol usado:

Antes de empezar cada jornada de trabajo, debe también calentarse para hacer desaparecer toda posible humedad.

Después de verificar el buen estado del orificio inferior, se coloca la Boquilla de Magnesita. Esta debe durar, según buen uso, unas 5 reacciones.

Cada vez que se termina una reacción, debe destaparse el orificio de la boquilla con la Varilla para destapar el crisol.

La capa de escoria que se va formando en cada reacción, debe romperse antes de que alcance un espesor considerable, que haga disminuir la capacidad del Crisol. Esta operación se efectúa con la Varilla para destapar el crisol y debe ejecutarse cada 8 ó 10 soldaduras.

Cada 5 reacciones, ó antes si el deterioro de la boquilla es importante, se

Modif.A: Fig. No. 5 y par-
tes 3.11.2.1. y 3.11.2.2.

Fecha.

23-05-86

Firma.

[Signature]

Hoja No. 11

No. Hoja 22

They must not be copied or duplicated, nor shown to or placed at the disposal of third persons without our written consent.



cambiará ésta.

Para extraer los residuos producidos por las operaciones mencionadas anteriormente, se volteará el Crisol. NO DEBE INTENTARSE HACER PASAR TODOS LOS RESIDUOS POR EL ALOJAMIENTO DE LA BOQUILLA, ya que esto lo deteriorará innecesariamente.

Una vez observado lo anterior, el soldador tomará la porción y se asegurará, por su nominación que corresponde al riel que vá a soldar y al tipo de procedimiento que está usando, así como que la bolsa se encuentre en buen estado, sin roturas que hayan producido la pérdida de parte de su contenido. Extraerá de su interior el Paquete de Obturación y procederá a colocar, en primer lugar el Clavo en el fondo del Crisol, después se coloca el Asbesto, protegiendo la cabeza del clavo (previamente se desfibrará) y se retacará contra ella, con la Varilla de acomodar el material de obturación y a continuación se vierte la Arena Refractaria contenida en la bolsita. /

Una vez obturado el Crisol se vierte dentro de él, la porción, no sin antes efectuar una homogenización de su contenido, agitándola dentro de la bolsa. (Fig. 12)

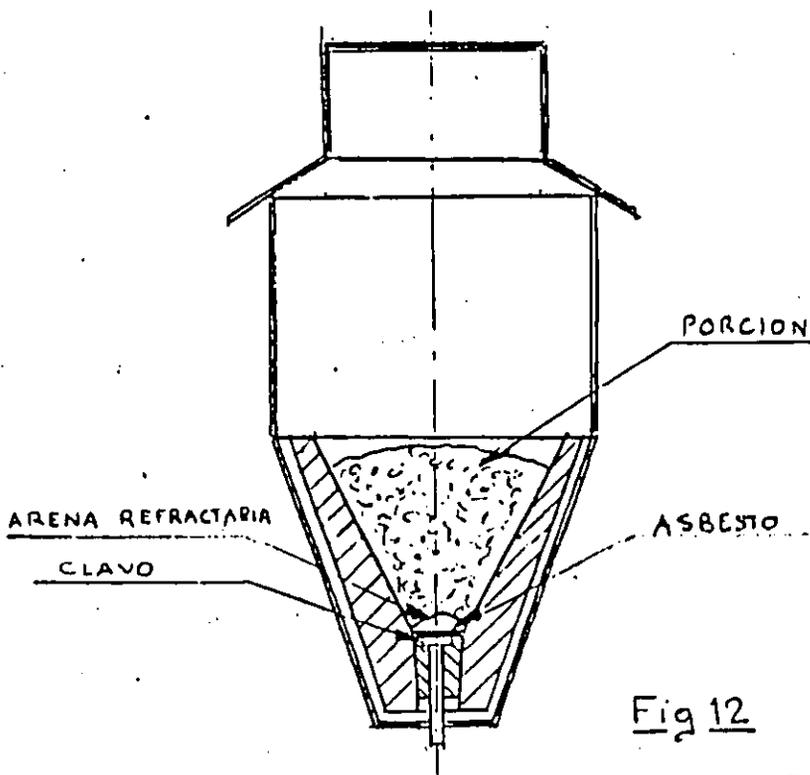


Fig 12

El Crisol así preparado junto con su Soporte Basculante se coloca sobre Prensa Portamoldes, en el tubo existente para tal efecto.

Con anterioridad ya se habrá verificado que el Crisol quedará centrado con el molde en el momento de la colada.

Modif. A: Fig. No. 5 y partes 3.11.2.1. y 3.11.2.2. Fecha. 23-05-86

Firma. *[Signature]*

Hoja No. 12
No. hojas. 22

at the disposal of third persons without our written consent. rapraduite. communiqué à des tiers ou mis à leur disposition. sidos, comunicados a terceros personas o puestos a su disposición.



3.5. Precaentamiento.

El precaentamiento tiene por objeto elevar la temperatura de los extremos de los rieles a soldar de 850° a 900°C.

Para este efecto se pueden utilizar los siguientes procedimientos:

3.5.1 Precaentamiento Aire Pulsado - Gasolina

Este precaentamiento se efectua con la ayuda de un Grupo motor-soplador que suministra un caudal de aire a baja presión. Tiene incorporado un depósito suplementario de gasolina, del que el aire del soplador aspirará el combustible.

Para precaentar la soldadura se procederá como sigue:

- Colocar el ~~Calentador~~ sobre el Soporte para el calentador, que estará colocado sobre la Prensa Portamoldes y sujetarlo de manera que la boquilla quede centrada con el agujero central del molde. La altura de la parte inferior de la boquilla, sobre la superficie del riel, debe ser de aproximadamente 5 cm.
- Asegurarse que una de las válvulas de aire esté abierta y poner en marcha el motor del grupo.
- Ajustar la presión del aire a 0.25 var.(3.5 Psi)
- Abrir ligeramente la válvula de entrada de combustible y esperar que éste salga por los orificios del calentador. Puede ser necesario levantarlo del molde, para comprobar que la gasolina fluye.
- Prender el calentador, arrimando una antorcha a la boquilla y regular la válvula de entrada de combustible, hasta que la llama tenga un color rojo y sobresalga unos 15 cm. por las toberas del molde (Fig. No. 13)

El tiempo de precaentamiento, será según el perfil del riel, ya que el soldador retirara el calentador del molde, cuando el riel, haya alcanzado de forma uniforme, un color rojo cereza claro, lo cual se aprecia a través de las gafas de soldar.

Modif. A: Fig. No. 5 y par- Fecha.

Firma.

Hoja No. 13

las 3.11.21. y 3.11.22/ 23-06-86

They must not be copied or duplicated, nor shown to or placed at the disposal of third persons without our written consent.

 Ils ne doivent pas, sans notre autorisation écrite, être copiés, reproduits, communiqués à des tiers ou mis à leur disposition.

 No deben ser, sin nuestra autorización escrita, copiados, comunicados a terceros personas o puestos a su disposición.



SOLDADURA ALUMINOTERMICA.

Indicaciones para la Aplicación de Soldadura

CP Con Pre calentamiento.

NT
0586A

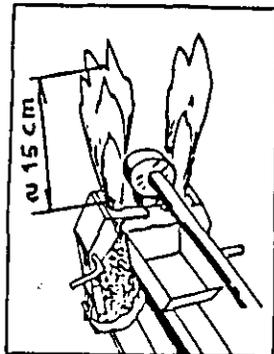


Fig 13

A título orientativo, para un riel de 90/100 Lbs/Yda, el tiempo de calentamiento será de 10 a 12 minutos y para un riel de - 115 Lbs/Yda, de 15 a 18 minutos.

Una vez terminado el pre calentamiento se levantará el calentador y se colocará el tapón en su alojamiento del molde y se procederá a la reacción y colada. (Fig. No. 14)

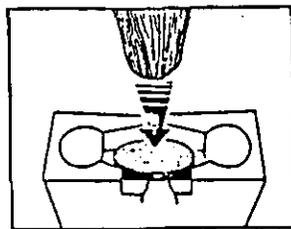


Fig 14

3.5.2. Pre calentamiento Aire Pulsado - Propano.

Este procedimiento se efectúa con un grupo igual al de aire pulsado - gasoli en que el depósito suplementario de gasolina, es sustituido por un tanque de propano, que se utilizará como combustible.

El resto del procedimiento es igual al descrito en el punto anterior.

3.5.3. Pre calentamiento Oxi-Propano.

Este sistema utiliza como calentador un soplete oxi-propano, con una Boquilla Multiflama especial.

Utiliza como combustible el propano y como comburente el oxigeno.

Para pre calentamiento la soldadura se procede de la siguiente forma:

- Colocar el calentador sobre el Soporte para el calentador que está dispuesto sobre la Prensa Portamoldes, de manera que la boquilla quede centrada con el agujero central del molde, la altura de la parte inferior de la boquilla sobre la superficie del riel, debe ser de, aproximadamente, 45 mm.



- Regular la presión del propano a 0.5 kg/cm², en el manoreductor de salida del tanque de gas. La llave de paso en el soplete calentador debe estar completamente abierta.
- Prender el calentador con un mechero de Chispa y regular la presión de oxígeno por el manoreductor del tanque de oxígeno, de manera que la llama sobresalga unos 15 cm. sobre las toberas del molde. (Fig. no. 15). La llave de paso en el

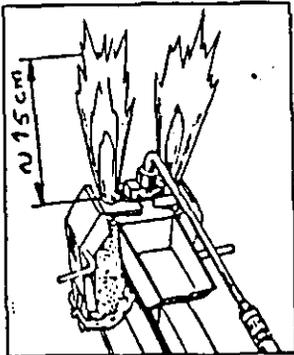


Fig 15

soplete calentador, debe estar completamente abierta aún cuando el soldador puede permitirse ligeros ajustes a través de ella.

A título orientativo podemos decir que operando de la manera descrita, el manómetro de oxígeno marcará de 1.8 a 2.0 kg/cm² aproximadamente.

El tiempo de pre calentamiento estará de acuerdo con la sección del riel, ya que el soldador, retirará el soplete calentador en el momento en que el riel haya alcanzado, de forma uniforme un color rojo cereza claro lo cual se aprecia a través de las gafas de soldar.

A título orientativo el tiempo de pre calentamiento para un riel de 90-100 Lbs/Yda será de 5 a 6 minutos y para un riel de 115 Lbs/Yda de 6 a 7 minutos.

- Una vez terminado el pre calentamiento se levanta el calentador se coloca el tapón en su alojamiento del molde y se procede a la reacción y colada.
- En condiciones atmosféricas adversas (mucho viento, etc.) puede ser necesario aumentar la presión de los gases. En tal caso aumentar la presión de propano de 100 en 100 gr. y la de oxígeno, la que sea necesaria para conservar la altura de llama, hasta que el soldador aprecie que el pre calentamiento se desarrolla con normalidad.

3.6. Reacción y Colada.

Terminado el pre calentamiento y colocado el tapón, se dá un giro al crisol, hasta que quede centrado con el molde.

Se prende el Fósforo de Encendido, acercandolo al interior del molde que está incandescente al calentador.

Modif. A: Fig. No. 5 y puntos 3.11.2.1. y 3.11.2.2.

Fecha. 23-05-86

Firma. *Jalisco*

Hoja No. 15
No. hojas...

...reproduit. communiqué à des tiers ou mis à leur disposition. ...the disposal of this person without our written consent.



estos dibujos y anexos, conchados personalmente al sistema. No debe ser, sin nuestra autorización escrita, copiado, reproducido, comunicado a terceros o ser usado para fines distintos a los que se indican.

ces dessins et annexes, conchados personnellement au système. Ils ne doivent pas, sans notre autorisation écrite, être copiés, reproduits, communiqués à des tiers ou mis à leur disposition.

These drawings and annexes remain the property of our firm. They must not be copied or expacted, nor shown to, or placed at the disposal of third persons without our written consent.

Se introduce el Fósforo en la porción contenida en el crisol y se coloca la tapa .

Se inicia la reacción.

La duración de la reacción viene indicada por la "actividad" dentro del crisol. En el momento en que deja de percibirse el "borboteo" dentro del crisol, se considera que la reacción ha terminado.

Se dejan transcurrir 10 segundos , en los cuales por densidad, se decantará el acero del oxido de aluminio y se procederá a levantar el clavo de obturación con la Varilla para destapar el crisol lo que producirá el sangrado del crisol dentro del molde.

El exceso de oxido de aluminio ó corindón, rebotará por la escotadura efectuada previamente en el molde, a la cubeta para corindon.

3.7.

Desmoldeo.

Una vez terminada la colada se procederá a retirar los herrajes, efectuando esta operación "sin prisas pero sin pausas, por el siguiente orden:

- Cubeta para corindón (esperar la solidificación)
- Crisol con su soporte (una vez retirado, se limpiará el agujero de la boquilla con la Varilla para limpiar boquilla)
- Placas Portamolde y Placa Inferior

En estas operaciones habrán transcurrido de 2 a 3 minutos.

Después de comprobar que el metal colado se ha consolidado suficientemente, el soldador procede a romper el molde por su parte superior, a unos 5 cm. aproximadamente sobre la superficie del riel, con la ayuda de Cortador de Excesos (Tajadera), recogiendo este sobrante en una pala. (Fig. No. 16).

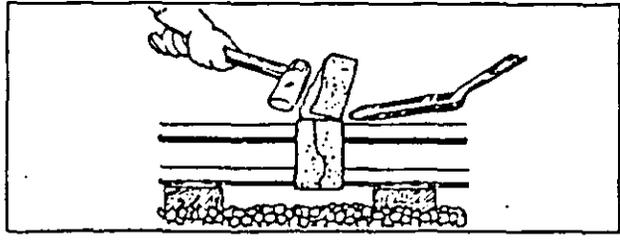


Fig 16

Modif.A: Fig. No. 5 y par-	Fecha.	Firma.	Hoja No. 16
23-05-86		<i>alco</i>	No. hojas: 22



Se limpiará la parte superior de todo rastro de arena y se procederá al Corte.

3.8. Corte y Limpieza.

El corte puede ser efectuado con:

- Cortador de Excesos (Tajadera) y marro
- Cortamazarotas Hidráulico.

3.8.1. Corte con Cortador de Excesos (Tajadera)

Se iniciará el corte por el exceso superior de Hongo de la soldadura, la mitad en un sentido y la otra mitad en el otro, para evitar arrancamientos del metal. (Fig. No. 17)

A continuación se recorta el lateral del Hongo, por la parte interior de la vía y después el lateral del lado exterior de la vía.

En la base de las coladas se efectuará una entalla, para que una vez fría la soldadura se rompan éstas, sin dejar excesos costosos de esmerilar (Fig. No. 18)

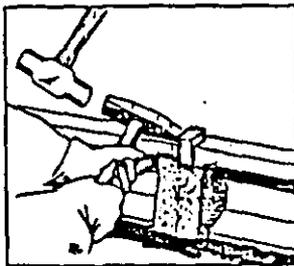


Fig 17

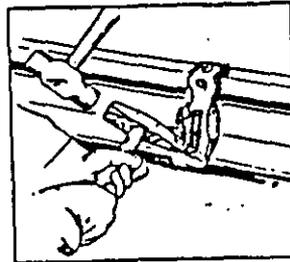


Fig 18

Importante: Debe tenerse cuidado con la inclinación que se dá a la Tajadera, para evitar profundizar en el corte dentro de la sección del metal.

3.8.2. Corte con Cortamazarotas Hidráulico.

El Cortamazarotas es una prensa hidráulica que está equipada con unas cuchillas que recortan los excesos del hongo, asegurando una mejor geometría de la vía y evitando el riesgo de herir la soldadura. (Fig. No. 19)

Modif. A: Fig. No. 5 y par-
tes 3.11.2.1. y 3.11.2.2.

Fecha.
23-05-86

Firma.
L. G. G.

Hoja No. 17
No. hojas

...y must not be copied or duplicated, nor shown to or placed at the disposal of third persons without our written consent. Reproduit, communiqué à des tiers ou mis à leur disposition. No se debe copiar, ni mostrar, ni reproducir, ni poner a su disposición, ni comunicarlo a terceros sin el consentimiento escrito de esta oficina. No deben ser, sin nuestra autorización escrita, copiados, reproducidos, comunicados a terceros sin el consentimiento.



Debe ser efectuado cuando la soldadura esté completamente fría.

Idealmente, debería hacerse el esmerilado de terminación con el riel ya sujetado a sus fijaciones, la vía alineada perfectamente y después del paso de un par de circulaciones.

Los restos de las coladas y las rebabas en el patín deben ser esmeriladas, evitando dejar aristas vivas.

3.10. Marcado de la soldadura.

Una vez terminada la soldadura, se marcará sobre el lateral del Hongo, por la parte exterior de la vía, con números de golpe.

Cada administración decidirá las marcas que llevará la soldadura, pero como mínimo, las marcas debieran identificar al soldador. Además es conveniente codificar la fecha de la ejecución.

3.11. Verificación.

La verificación de la soldadura, solo puede hacerse cuando ésta, esté totalmente acabada, es decir, LIMPIA y con el **ESMERILADO DE TERMINACION.**

La verificación comprende dos tiempos:

- Verificación de aspecto
- Verificación de geometría

3.11.1. Verificación de aspecto.

En una soldadura no deben aparecer:

- Discontinuidades en la superficie de rodamiento, tales como Porosidades, defectos de fundición, grietas ó heridas.
- Defectos importantes tales como:
Inclusiones de corindón ó arena, rechupes.

Modif. a Fig. No. 5 y Partes 3.11.2.1. y 3.11.2.2.

Fecha.
23-05-86

Firma.
Lalco

Hoja No. 19
No. Hojas 22



SOLDADURA ALUMINOTERMICA.

NT- 0586A

Indicaciones para la Aplicación de Soldadura
CP Con Pre calentamiento.

- Deformaciones en el bosaje ó resalto.
- Decalaje entre rieles.
- Decalaje entre los moldes.

TODO EVENTUAL DEFECTO SERA SONDEADO Y LIMPIADO Y SE EVALUARA SU IMPORTANCIA.

3.11.2. Verificación de la geometría.

El control de la geometría está destinado a verificar la calidad del alineamiento y del esmerialdo de terminación.

Se efectúa con la ayuda de una Regla de 1 metro y con un juego de Galgas ó laines de mecánico y controla la rectitud del hongo, en plano y en perfil y la inclinación de los rieles.

La Precisión en el alineamiento está en función de la velocidad a la que se utilizará la vía en construcción.

3.11.2.1. Verificación en plano.

La verificación se efectúa sobre la cara lateral activa del hongo y una vez colocada la Regla de 1 metro, centrada con la Soldadura las tolerancias admisibles con las indicadas en la Fig. No. 21

TANTO PARA VELOCIDADES SUPERIORES A 160 KM/HORA COMO INFERIORES A ESTA.

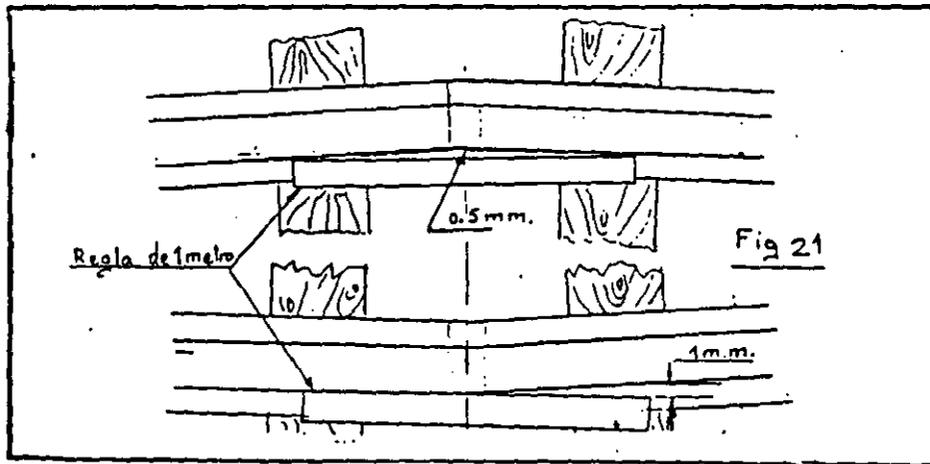


Fig N° 21

3.11.2.2. Verificación en perfil.

PARA VELOCIDADES INFERIORES A 160 KM/HORA

Colocada la Regla de 1 metro, sobre la superficie de la rodadura del riel y centrada con la soldadura las tolerancias admisibles son las representadas en la Fig. No. 22.

Modif.A: Fig. No. 5 y puntos 3.11.2.1. y 3.11.2.2.

Fecha. 23-05-86

Firma. *[Signature]*

Hoja No. 20

No deben ser, sin nuestra autorización escrita, extra copias, reproducidas, comunicadas o terceras personas o puestos a su disposición.



SOLDADURA ALUMINOTERMICA.

NT 0586A

Indicaciones para la Aplicación de Soldadura
CP Con Precalentamiento.

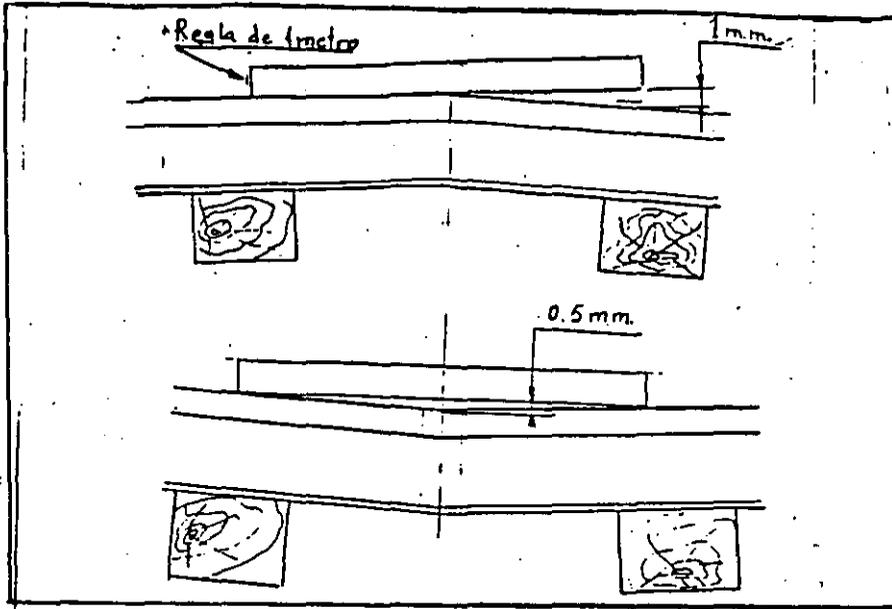


Fig. 22

PARA VELOCIDADES SUPERIORES A 160 KM/HORA.

Las tolerancias admisibles son las representadas en la Fig. No. 23

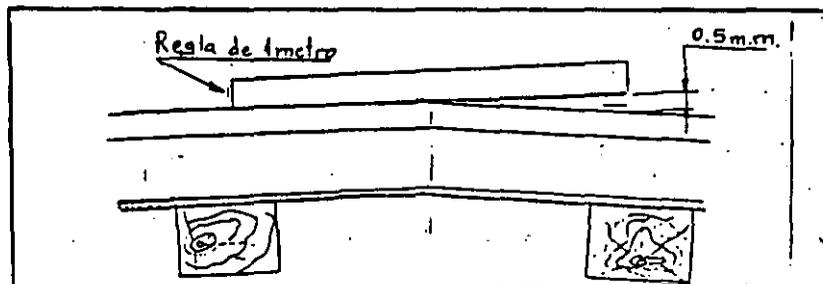


Fig. 23

Importante: Para vías construídas para esta velocidad No se tolerará ninguna soldadura con Flecha negativa es decir "hueca" ó "baja.

Modif. a; Fig. No. 5 y
puntos 3.11.2.1 y
3.11.2.2.

Fecha.
23-05-86

Firma.
J. L. L.

Hoja No. 21
No. hojas. 22

They must not be copied or duplicated, nor shown to or placed at the disposal of third persons without our written consent.
 Ils ne doivent pas, sans notre autorisation écrite, être copiés, reproduits, communiqués à des tiers ou mis à leur disposition.
 No deben ser, sin nuestra autorización escrita, copiadas, reproducidas, comunicadas a terceros personas o puestas a su disposición.



NOTA: LAS TOLERANCIAS EXIGIDAS EN LOS PUNTOS 3.11.2.1. y 3.11.2.2. NO SE OBTENDRAN MEDIANTE UN ESMERILADO DEMASIADO LARGO. SE PUEDE TOMAR COMO REFERENCIA QUE EL ESMERILADO INICIADO EN EL CENTRO DE LA SOLDADURA SE DESVANECERA COMO MAXIMO A 50 cm. A CADA LADO DE ELLA, ES DECIR LA LONGITUD DE LA REGLA DE ALINEAR.

3.11.2.3. Verificación de la inclinación.

Habiendo verificado el buen alineamiento del hongo, los patines no deben tener un decalaje mayor que la diferencia existente entre las medidas de los dos perfiles soldados.

4. EQUIPO DE APLICACION.

Se llama Equipo de Aplicación al conjunto de herrajes, herramientas y maquinaria que facilitan la aplicación de la Soldadura Aluminotérmica

El Equipo de Aplicación, se divide en:

- Equipo Especial
- Equipo Normal
- Maquinaria.

4.1. Equipo Especial.

Es aquel que se construye, en su mayor parte, especialmente para la aplicación de la Soldadura Aluminotérmica (Ver NT-0585) y es suministrado exclusivamente del fabricante de la soldadura.

4.2. Equipo Normal.

Son piezas de adquisición normal en ferreterías y casas de suministros industriales como son:

Martillo, marro, guantes, gafas de soldador, limas, buriles, tanque de oxígeno y propano, reguladores de presión, palas, cuñas de madera, etc.etc.

4.3. Maquinaria.

Con objeto de facilitar la aplicación de la soldadura, el fabricante ha diseñado una serie de utillajes y maquinaria que sin ser imprescindibles, como las piezas denominadas Equipo de Aplicación, si es muy recomendable su uso, como son:

Cortamazarotas Hidráulico y Regla de Alineamiento.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS

ANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE VIAS FERREAS POR METODOS MECANIZADOS

Del 11 al 22 de abril de 1994.

DIRECTORIO DE ASISTENTES

82 01

82 01

1. Jorge Edmundo Ayanegui Suárez
Director de construcción división agua
Perforaciones especializadas, S.A.C.V.
California 112
Col. Del Valle
03100 México, D.F.
Tel. 559 92 66
2. Ing. Fidencio Decena Aguilar
Jefe de sección vías
S.T.C. Metro
Delicias 69
Col. Centro
Del. Cuauhtémoc
Tel. 769 11 33
3. Eduardo Espinosa Castell
Jefe Depto. ingeniería mtó. inst. fijas
Delicias 67 piso 6, Edif. P.CC-1
Col. Centro
Tel. 627 47 97
4. Ing. Enrique Elías García Anaya
Auxiliar de gerente técnico
California 112
Col. Del Valle
03100, México, D.F.
Tel. 559 92 66
5. Ing. Rogelio Guerrero Zavala
Coordinador de Area
Perforaciones especializadas, S.A.C.V.
California 112
Col. Del Valle
03100 México, D.F.
Tel. 559 92 66
6. Jorge Arturo López Lepo
Perforaciones especializadas, S.A. C.V.
California 112
Col. Del Valle
03100 México, D.F.
Tel. 559 92 66, 559 43 55
7. Ing. Fernando Martínez Pérez
Jefe Depto. de vías y estructuras
Serv. de Transp. Eléctricos del D.F.
Municipio libre 402 Ote. piso 1
Col. San Andrés Tetepilco
09440 México, D.F.
Tel. 539 06 21
8. Ing. Javier Martínez Ovalle
Ing. Aydte. gerencia vía y estructuras
Ferrocarriles Nacionales de México
Jesús García 140
Col. Buenavista
06500 México, D.F.
Tel. 327 63 60
9. Ing. Adán Méndez Calvillo
Supervisor de obras
Ferrocarriles Nacionales de México
Av. Jesús García 140
Col. Buenavista
Del. Cuauhtémoc
Tel. 547 55 88
10. Ing. Jorge Arturo Monzón Abarca
Jefe de sección
Ferrocarriles Nacionales de México
Av. Jesús García 140 piso 11 Ala C
Col. Buenavista
Del. Cuauhtémoc
Tel. 547 61 67
11. Ing. Azariel Horacio Perera Mercado
Sub-jefe de sección
S.T.C. Metro
Delicias 67
Col. Centro
Del. Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel. 627 43 24
12. Ing. Ernesto Rubio Aváloz
Ayudante ingeniería de costos
Serv. de apoyo Ferrov, S.A. de C.V.
Calle California 112
Col. Del Valle
03100 México, D.F.
Tel. 559 92 66

13. Ing. José Luis Rubio Aválos
Ing. auxiliar de construcción
Serv. de apoyo Ferrov., S.A.C.V.
Calle California 112
Col. Del Valle
03100 México, D.F.
Tel. 559 92 66
14. Ismael Sandoval Montes
Jefe de Sección
Ferrocarriles Nacionales de México
Av. Jesús García 140 piso 11
Col. Buenavista
Del. Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel. 547 61 67
15. Ing. Rafael Sánchez Belsa
Empleado vías particulares
Ferrocarriles Nacionales de México
Av. Jesús García 140
Col. Buenavista
Del. Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel. 541 20 99
16. Ing. Elizabeth Sánchez Silva
Jefe planta soldar riel maq. holand.
Ferrocarriles Nacionales de México
Av. Jesús García 140 piso 8
Col. Buenavista
Del. Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel. 541 20 99
17. Lucio Sánchez Valdez
Jefe de sección mantto. de vías zona nte.
S.T.C. Metro
Delicias 67
Col. Centro
Del. Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel. 627 44 74
18. Ing. Jorge Luis Torres Rodríguez
Gerente
Const. Torres y Asociados, S.A. de C.V.
Parque Lira 91
Col. San Miguel Chapultepec
11850 México, D.F.
Tel. 516 20 44
19. Francisco Javier Vázquez Patiño
Ingeniero Auxiliar
Ferrocarriles Nacionales de México
Av. Jesús García 140
Col. Buenavista
Del. Cuauhtémoc, México, D.F.
Tel. 705 50 16