



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

CURSOS ABIERTOS.

SUPERVISION DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA.

FECHA: DEL 1o. AL 5 DE MAYO 1995.

TEMA: NORMAS GENERALES PARA LA SUPERVISION DE OBRAS Y LA VERIFICACION DE SU CALIDAD.

EXP. Y AUTOR:

ING. GERARDO CABADAS LAGUNES.

CONTENIDO

INTRODUCCION

TITULO 1 ANTECEDENTES

CAPITULO 1 Prestación de Servicios de Supervisión

CAPITULO 2 Definición de Términos

CAPITULO 3 Disposiciones Generales

TITULO 2 FACULTADES DE LA SUPERVISION

CAPITULO 4 Funciones

CAPITULO 5 Autoridad

CAPITULO 6 Responsabilidad

CAPITULO 7 Información y Comunicación

TITULO 3 ACTIVIDADES QUE DEBE REALIZAR LA SUPERVISION PREVIAMENTE A LA EJECUCION DE LA OBRA

CAPITULO 8 Iniciación de los Servicios de la Supervisión

CAPITULO 9 Revisión General de la Documentación Contractual de Construcción.

TITULO 4 ACTIVIDADES QUE DEBE REALIZAR LA SUPERVISION DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA

CAPITULO 10 Actividades Generales

CAPITULO 11 Verificación de Calidad

CAPITULO 12 Control de Programas

CAPITULO 13 Control Presupuestal

**TITULO 5 ACTIVIDADES QUE DEBE REALIZAR LA SUPERVISION PARA EL
FINIQUITO DE LA OBRA**

CAPITULO 14 Finiquito de Obra a la Contratista

CAPITULO 15 Recepción y Entrega de la Obra

CAPITULO 16 Finiquito de los Servicios de la Supervisión

INTRODUCCION

Estas Normas Generales de Supervisión de Obras tienen como objetivo regular las funciones inherentes a los servicios que proporciona una empresa especializada; para precisar, unificar y simplificar las relaciones entre el Cliente, los Supervisores y los Contratistas de construcción con la finalidad primordial de ejecutar las obras con la calidad especificada, en la fecha convenida, según el costo previsto y con la seguridad señalada en los documentos contractuales.

Estas Normas estarán sujetas a las modificaciones o adiciones que se consideren convenientes producto de la experiencia derivada de su aplicación y de las políticas y necesidades propias del cliente.

TITULO 1
ANTECEDENTES

PRESTACION DE SERVICIOS DE SUPERVISION

La normatividad interna del cliente que regula sus acciones relativas a la planeación, estudios y diseños, programación, presupuestación, ejecución, conservación, mantenimiento y control de obras de su propiedad, la autoriza a establecer los medios y procedimientos que se requieran para estos efectos.

En la etapa de ejecución de obra y con fundamento en lo dispuesto en la normatividad, el Cliente está facultado para contratar la Supervisión de Obras, con empresas especializadas en estos servicios profesionales. Estas empresas deberán contar con la capacidad económica, la experiencia y el respaldo técnico, que sean congruentes con las características y magnitud de la Obra por supervisar, para garantizar el cumplimiento de los alcances fijados contractualmente a juicio del Cliente.

El marco técnico legal que rige la prestación de los servicios de supervisión está contenido en el contrato respectivo celebrado con el Cliente, que incluye los alcances y anexos, de la cual forman parte las presentes normas que el Cliente expida de acuerdo a las características de la obra que realicen.

La Supervisión contratada se considera como extensión del Cliente en cuanto a su relación de trabajo; por lo tanto, debe estar integrada al mismo, identificarse plenamente con sus políticas y metas y ser corresponsable en la consecución de: optimizar la calidad, costo, tiempo de ejecución y seguridad de la Obra; así como ante las autoridades de control y vigilancia correspondiente.

Para desarrollar sus actividades, se requiere que la Supervisión tenga un conocimiento completo de la estructura y organización interna del Cliente, de los métodos y técnicas que emplea para controlar las distintas fases del proyecto, de las atribuciones de sus niveles jerárquicos en lo referente a la dirección y supervisión de las obras y de los canales adecuados de comunicación. Ello tiene como finalidad principal evitar la duplicidad de funciones entre el Cliente y la Supervisión contratada y delimitar los campos respectivos de responsabilidad.

CAPITULO 2
DEFINICION DE TERMINOS

CLIENTE:	Dueño de la(s) obra(s) que se supervisa(n).
^{RESIDENTE} DEL CLIENTE:	El representante directo del Cliente ante la contratista y terceros, en asuntos relacionados con la ejecución de los trabajos o derivados de ellos, en el lugar donde se ejecutan las obras.
SUPERVISION:	Persona física o moral contratada por el Cliente para efectuar la verificación técnica, control y revisión de la ejecución de la obra, con apego al proyecto, en sus aspectos de calidad, presupuestación, estimación, programación y seguridad.
CONTRATISTA:	Persona física o moral responsable de la ejecución material de la obra, de acuerdo a las disposiciones contractuales establecidas por el Cliente.
NORMAS DE CONSTRUCCION:	Conjunto de disposiciones y requisitos generales establecidos por el Cliente que deben cumplirse para la ejecución, equipamiento y puesta en servicio de las obras.
NORMAS DE SUPERVISION	Conjunto de disposiciones y requisitos generales establecidos por el Cliente que deben cumplirse para la realización de actividades de verificación técnica, control y revisión de la ejecución de la Obra.
NORMA OFICIAL MEXICANA (NOM):	Aquella que establece las características que debe satisfacer un material, artículo o producto para garantizar la aptitud para el uso al que está destinado, emitida por la Dirección General de Normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
ESPECIFICACIONES CLIENTE:	Conjunto de disposiciones, requisitos e instrucciones particulares para una obra DEL determinada, que modifican, adicionan o sustituyen normas generales y que deben cumplirse para la ejecución, equipamiento y puesta en servicio de la obra, comprendiendo la medición y la base de pago de los conceptos de trabajo.

PROYECTO EJECUTIVO EJECUTIVO:	Conjunto de documentos técnicos aprobados por el Cliente que integran la información que servirá para llevar a cabo la construcción de una obra.
CONCEPTO DE TRABAJO:	Descripción del conjunto de operaciones y materiales que, de acuerdo con las normas especificaciones respectivas constituye cada una de las partes en que se divide convencionalmente una obra, con fines de medición y pago.
NUMEROS GENERADORES O CUANTIFICACION:	Información completa y detallada de los datos de medición y operaciones aritméticas que sirven de base para cuantificar los conceptos de trabajo por ejecutar y ejecutados.
UNIDAD:	La que se indica convencionalmente para cuantificar cada concepto de trabajo, para fines de medición y pago (unidad de medida).
PRECIO UNITARIO:	Importe de la remuneración o pago total que debe cubrirse al Contratista por unidad de medida de trabajo terminado, ejecutado conforme al diseño ejecutivo, especificaciones y normas.
PRECIO ALZADO:	Importe de la remuneración o pago total fijo que deba cubrirse al Contratista por la obra terminada, ejecutada conforme al diseño ejecutivo, especificaciones y normas.
PRESUPUESTO:	Documento donde se indica el número de identificación, la descripción del concepto, la cantidad de trabajo a ejecutar, precio unitario, que integran el mismo, la unidad de medida, y el importe parcial y total del mismo, a fin de determinar el monto de contratación.
ESTIMACION:	Documento en el que se consigna para efectos de pago la valuación de los trabajos ejecutados en determinado período aplicando los precios unitarios de los conceptos de trabajo pactados o el porcentaje del precio alzado.
LIQUIDACION:	Estimación final en la cual se ajusta el pago total de trabajos ejecutados en los términos del contrato.
FINIQUITO:	Recepción de la obra contratada y presentación de la documentación requerida por el Cliente.
INDICE DE COSTO:	Integración de todos y cada uno de los importes por unidad global de obra que tuvo y/o que tendrá que erogar el Cliente para construir una obra.

BITACORA DE OBRA:	Cuaderno oficial que servirá como instrumento de comunicación entre la Residencia de Supervisión y los Contratistas, en los cuales se asentarán los hechos y asuntos sobresalientes que en alguna forma afecten al proyecto o a la misma ejecución de la obra.
INFORME DE OBRA:	Documento que contendrá la información necesaria para comunicar al Cliente el estado que guardan los trabajos, así como las situaciones que se hubieren presentado o se presume que se presentarán durante el desarrollo de los mismos, y las alternativas de solución a problemas específicos.
MEMORIA DE OBRA:	Informe final de los objetivos de la obra, así como la forma y términos en que fueron realizados los trabajos.
LABORATORIO:	Organismo auxiliar de la Residencia de Supervisión que se encargará de verificar, analizar y calificar, antes de la ejecución de una obra, durante su ejecución o al finalizar ésta, el comportamiento de los suelos y materiales naturales y procesados, que se empleen para dicha obra.
CONTROL DE CALIDAD:	Acciones programadas y sistemáticas de control de materiales, herramienta, equipos, procesos constructivos o de manufactura, que la Contratista lleva a cabo, para garantizar el cumplimiento de la calidad especificada contractualmente, con apoyo en los servicios de su propio laboratorio de pruebas o el de sus proveedores.
VERIFICACION DE CALIDAD:	Comprobación de los requisitos de calidad por parte de la supervisión con apoyo en el laboratorio autorizado por el Cliente.
REQUISITOS DE CALIDAD:	Propiedades y características técnicas que deben cumplir los materiales naturales o elaborados, y los componentes de equipos y sistemas, incluyendo los métodos de prueba con que se determinarán y las tolerancias aceptables; de ser el caso los requisitos de empaque, almacenamiento, identificación y manejo.
PRUEBA DE CALIDAD:	Ensaye normalizado al que se somete una muestra representativa de materiales, equipos y sistemas o sus componentes, para verificar sus requisitos de calidad incluyendo el registro e interpretación de los resultados.

PRUEBA OPERATIVA:	Ensaye normalizado efectuado en la planta del fabricante a los equipos y sistemas o sus componentes, para verificar su correcto funcionamiento previo a la autorización de su embarque.
PRUEBA DE MONTAJE:	Ensaye efectuado a las instalaciones, equipos y sistemas o sus componentes, una vez que estén en su posición final en obra, con sus correspondiente correlación, para verificar de acuerdo a las especificaciones, su correcto funcionamiento, acorde al proyecto ejecutivo autorizado.
PROGRAMA DE OBRA:	Documento en el que el Cliente y la Contratista o Proveedor establecen el orden y los plazos de inicio y terminación de cada uno de los conceptos de obra o fases del proyecto.
PROGRAMA DE EROGACIONES DE OBRA :	Documentos en el que la Contratista indica las cantidades de obra y los importes de cada Concepto, que se compromete a ejecutar en cierto período de tiempo.

C A P I T U L O 3
DISPOSICIONES GENERALES.

CLAUSULA A.- Las presentes Normas de Supervisión deben ser observadas obligatoriamente por las personas físicas o morales que presten este tipo de servicio al Cliente.

CLAUSULA B.- El Cliente, por conducto de la Residencia de Supervisión tiene a su cargo la dirección de la obra, con la responsabilidad de dirigir, coordinar, orientar y evaluar a los grupos de trabajo que intervienen en la ejecución de la obra, de los cuales forma parte el personal de Supervisión y la(s) Contratista(s).

CLAUSULA C.- La Residencia de Supervisión es responsable de vigilar que se cumplan las disposiciones establecidas en las Normas de Supervisión.

CLAUSULA D.- La Supervisión de Obra será responsable en la correcta verificación de la estimación de volúmenes, control y revisión de la ejecución de la obra con apego al diseño ejecutivo aprobado.

TITULO 2

FACULTADES DE LA SUPERVISION

CAPITULO 4

F U N C I O N E S

Las funciones de la supervisión son las indicadas a continuación, a título enunciativo pero no limitativo. En los Capítulos 8 a 16 inclusive, se detallan las actividades correspondientes a estas funciones.

CLAUSULA A.- Auxiliar al Cliente en todo lo relativo a la obra que supervisa en el lugar donde se ejecuta, en la dirección y coordinación de la misma, para efecto de toma de decisiones, dando cumplimiento a sus objetivos y prioridades.

CLAUSULA B.- Verificar y controlar que los trabajos, en sus aspectos de calidad, costo, tiempo y seguridad, se realicen conforme a lo pactado contractualmente, con apego al proyecto ejecutivo aprobado para efectos de construcción, las modificaciones autorizadas, las normas y especificaciones generales o particulares del proyecto, el programa y presupuesto respectivos, así como hacer cumplir las órdenes que reciba, por escrito, del Cliente.

CLAUSULA C.- Cuantificar y valorar la obra ejecutada para efecto de pago a la Contratista, en los períodos establecidos, hasta su finiquito y presentar para aprobación al Cliente todo lo anteriormente citado.

CLAUSULA D.- Llevar a cabo la verificación de calidad de los materiales, equipos, sistema y procedimientos de construcción.

CLAUSULA E.- Mantener actualizados los documentos del proyecto, recopilando las adecuaciones y modificaciones que tuvieron lugar durante el proceso constructivo, para que se asienten en los planos definitivos.

CLAUSULA F.- Informar diaria y oportunamente al Cliente sobre el desarrollo de los trabajos en todos sus aspectos de orden técnico, administrativo y de seguridad, desde el inicio hasta la recepción de la Obra.

CLAUSULA G.- Constatar la terminación de los trabajos, participando en la recepción de obra de la Contratista y a solicitud del Cliente, en su entrega al área operativa o a las autoridades competentes.

CLAUSULA H.- Llevar a cabo el control de información de la obra; bitácoras, archivo de los documentos contractuales, comunicaciones con el Cliente y la Contratista.

CLAUSULA I.- A petición expresa del Cliente, la supervisión deberá determinar rendimientos en campo que

CAPITULO 5

AUTORIDAD

- CLAUSULA A.-** El Cliente es la autoridad en todo lo referente al proyecto y ejecución de la Obra.
- CLAUSULA B.-** La Residencia de Supervisión, será el representante del Cliente, en las funciones descritas en el Capítulo 4 de estas Normas, o las que considere conveniente ampliar o modificar, notificándolo por escrito.
- CLAUSULA C.-** En consecuencia de la Cláusula B, la Supervisión queda facultada para tomar las decisiones correspondientes al ejercicio de funciones, acordes a su responsabilidad, mismas que deberán ser puestas a la consideración del Cliente; las órdenes respectivas deberán transmitirse siempre por escrito.
- CLAUSULA D.-** El Cliente podrá revocar por escrito cualquier decisión de la Supervisión que a su juicio no proceda por que lesione sus intereses, se contrapongan sus metas y sus objetivos o no cumplan con los requisitos pactados contractualmente.
- CLAUSULA E.-** La Supervisión previo acuerdo con el Cliente esta autorizada para:
- E.01.** Rechazar los trabajo mal ejecutados, los materiales y productos que no cumplan con los requisitos de calidad, la maquinaria y equipos de construcción que estén en mal estado o que no corresponda a las necesidades de los trabajos por ejecutar.
 - E.02.** Exigir a la contratista que tome las medidas y emplee los recursos necesarios para dar cumplimiento a los programas de obra.
 - E.03.** Exigir a la contratista que respete los procedimientos constructivos establecidos.
 - E.04.** Proponer al Cliente la adecuación de planos y especificaciones para su implantación en obra, siempre que no modifique el proyecto en su concepción, comportamiento estructural seguridad de ejecución o implique variaciones significativas en dimensionamiento o especificaciones.

permitan verificar precios unitarios o establecer nuevos precios, previa conciliación con las partes que intervengan, haciendo las observaciones pertinentes a los procedimientos constructivos.

CLAUSULA F.-

La Supervisión no está autorizada para:

- F.01. Revocar las instrucciones que reciba del Cliente.**
- F.02. Hacer concesiones en el alcance del contrato para la ejecución de la obra, contenido en el proyecto y sus especificaciones.**
- F.03. Aprobar compromisos y convenios verbales o escritos relacionados con las obras que supervisa.**
- F.04. Hacer cambios en los planos y especificaciones del proyecto, sin la aprobación previa del Cliente.**
- F.05. Aprobar que la Contratista ejecute trabajos que interfieran con obras o instalaciones que estén en operación, sin autorización del Cliente.**
- F.06. Ordenar a la Contratista que ejecute obra fuera del alcance del contrato o aprobarla, sin la debida autorización del Cliente.**
- F.07. Liberar pagos de reclamaciones de la Contratista, sin la aprobación del Cliente.**
- F.08. Aprobar precios unitarios o factores de escalación no considerados en el catálogo o incorporados al contrato mediante los procedimientos establecidos, sin la aprobación del Cliente.**
- F.09. Cambiar los programas y fechas pactadas contractualmente sin contar con la aprobación del Cliente.**

CAPITULO 6
RESPONSABILIDAD

- CLAUSULA A.-** En referencia a su relación de trabajo con el Cliente y la Contratista, la Supervisión es responsable de:
- A.01.** Cuidar los intereses del Cliente, desempeñando sus funciones de acuerdo a la más estricta ética profesional.
 - A.02.** Conocer los canales de comunicación del Cliente y las atribuciones de sus niveles jerárquicos que intervienen en la ejecución de la obra.
 - A.03.** Tener un conocimiento completo del diseño y especificaciones de la obra y de los objetivos que persigue.
 - A.04.** Conocer los contratos de construcción o de adquisiciones, y los anexos de los mismos.
 - A.05.** Apegarse a las disposiciones, a los requisitos legales aplicables en cada caso indicados en las referencias que regulan la contratación y ejecución de la obra, así como la de sus propios servicios.
 - A.06.** Aceptar las consecuencias de las decisiones que tome en el cumplimiento de sus funciones.
 - A.07.** Las omisiones y extralimitaciones en que incurra en el ejercicio de sus funciones, y alcances establecidos en el contrato.
 - A.08.** Proponer al Cliente aquellas acciones que en alguna forma redunden en beneficio de la obra, ya sea en calidad, costo, tiempo o seguridad.
 - A.09.** Mantener informada al Cliente con veracidad y oportunidad.
 - A.10.** Alertar al Cliente sobre la incidencia de factores negativos en la ejecución de la obra, en sus aspectos de calidad, costo y tiempo, elaborando pronósticos que permitan tomar las medidas preventivas.

- A.11. Entregar puntualmente, con la periodicidad establecida, las estimaciones, informes y reportes pactados contractualmente.**
- A.12. Proporcionar los datos necesarios para que el Cliente o cualquier otro organismo, facultado vigile y revise la ejecución de la Obra, así como el cumplimiento de sus propias funciones.**
- A.13. El representante de la Supervisión deberá asistir a las juntas técnicas o administrativas que convoque el Cliente.**
- A.14. Cumplir con las Normas de Supervisión y acatar las instrucciones que le transmita la Residencia.**
- A.15. Responder ante los organismos de control y vigilancia, internos y externos de las acciones ejecutadas en el ejercicio de sus funciones.**

CLAUSULA B.- En lo referente a la implementación de sus servicios, la Supervisión es responsable de:

- B.01. Disponer de la organización interna necesaria para dirigir y controlar los servicios prestados, integrando la estructura de trabajo que se requiera, compatible con el programa de trabajo para la ejecución de la obra, contar con el personal técnico suficiente debidamente capacitado para las funciones de Supervisión que se le han asignado.**
- B.02. Proponer y definir conjuntamente con el Cliente la mecánica, procedimientos, formas de control y comunicación en todos los aspectos inherentes a la vigilancia de la ejecución de la obra, entregando un organigrama con los nombres de los responsables de cada área y dándolo a conocer a la Contratista.**
- B.03. Contar con equipos y herramientas suficientes, en buen estado y de la precisión requerida por las características de los trabajos que supervise.**
- B.04. Implementar con la debida anticipación el programa de verificación de calidad de los materiales, productos y procedimientos constructivos. Calificar los resultados para efecto de aceptación o rechazo.**

- B.05.** Integrar y mantener actualizado el archivo de los documentos del proyecto y de los registros que reflejen plenamente la supervisión que efectúa; en especial, en su caso, entregar al Cliente toda la documentación comprobatoria de la valuación de la obra para su custodia.

CLAUSULA C.- En lo referente al proyecto, la Supervisión es responsable de:

- C.01.** Verificar que dispone de los planos y especificaciones suficientes para iniciar las diferentes etapas de construcción. En caso contrario, solicitar con la debida anticipación la información faltante, indicando la fecha más tardía, en que debe recibirla, para poder cumplir con el programa de obra.
- C.02.** Verificar e informar al Cliente sobre la congruencia del proyecto, especificaciones y procedimientos constructivos con la naturaleza de los trabajos a ejecutar.
- C.03.** Respetar estrictamente los procedimientos de construcción que estén explícitamente indicados en los planos y especificaciones del proyecto con carácter de obligatoriedad; en caso de que no estén consignados en dichos documentos, revisar conjuntamente con la Contratista los procedimientos que ésta proponga, para comprobar su factibilidad de ejecución, presentando al Cliente su opinión al respecto.

CLAUSULA D.- En lo referente a la ejecución de la obra, la Supervisión es responsable de:

- D.01** Constatar y someter al Cliente para su aprobación las etapas significativas de ejecución de los trabajos, a medida que progresen.
- D.02** Exigir oportunamente a la Contratista, mediante órdenes por escrito que corrija las deficiencias que observe en la mano de obra, herramientas, materiales, productos terminados, maquinaria y equipos de construcción, o del propio procedimiento constructivo, que conduzcan a una obra ejecutada que no cumpla con la calidad pactada contractualmente.
- D.03.** Informar al Cliente para evitar que progrese la ejecución de una parte de la obra, cuando proseguirla signifique la inclusión de un trabajo deficiente, imposible de reponer o corregir satisfactoriamente, o cuando la Contratista no se apegue al procedimiento de construcción establecido por el proyecto con carácter de obligatoriedad.

- D.04.** Hacer cumplir la orden del Cliente para que la Contratista reponga o repare por su cuenta y a la mayor brevedad, la obra que no haya quedado ejecutada con la calidad pactada.
- D.05.** Previo acuerdo con el Cliente suspender los trabajos en un frente determinado, cuando exista evidencia de que se compromete la seguridad de la obra o de sus trabajadores, formulando informe detallado al Cliente del hecho anotando en la Bitácora de Obra lo que a su juicio corresponda.
- D.06.** Verificar que el programa de obra cumpla con las fechas establecidas por el Cliente, en cuanto a suministros, entregas parciales, terminación de obra, pruebas y puesta en servicio. Verificar la coordinación de programas de las diferentes contratistas. Comprobar el cumplimiento del programa, comparando el avance real de la obra contra el programado; analizar las desviaciones y las posibles medidas de corrección para respetar las fechas establecidas.
- D.07.** Medir la obra ejecutada con base en las unidades convenidas en el contrato y ponerlo a la consideración del Cliente para que sean conciliadas con la Contratista
- D.08.** Verificar que los cálculos de cuantificación de obra consignados en los números generadores, correspondan a las mediciones efectuadas y estén clasificados correctamente por concepto y precio unitario, con estricto apego al alcance establecido en el catálogo vigente, o bien correspondan a los porcentajes del precio alzado pactado, según el avance de una porción determinada de obra.
- D.09.** No cuantificar la obra que no cumpla con la calidad pactada en tanto no se corrija o reponga. Así mismo, no incluir en las estimaciones la obra ejecutada con violaciones a los procedimientos establecidos por el proyecto.
- D.10.** A petición del Cliente, auxiliar en la resolución de las reclamaciones que presente la Contratista.

- D.11.** Coadyuvar en la prevención de accidentes y en la seguridad general de la obra, en la medida que esto sea previsible, vigilando que la Contratista observe las Normas contenidas en el Reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo y sus Instructivos, las disposiciones que fije el Cliente, sobre dicha materia, y los procedimientos constructivos de carácter obligatorio.
- D.12.** Informar oportunamente al Cliente, sobre los accidentes de trabajo así como de los casos en que se haya arriesgado la seguridad de los trabajadores o de la propia obra, la vía pública y colindancias, entregando un reporte escrito.
- D.13.** Exigir a la Contratista que mantenga la limpieza debida en la obra y zonas adyacentes.
- D.14.** Certificar que la obra haya sido terminada en su totalidad, constatando la correcta aplicación de los suministros del Cliente.
- D.15.** Verificar y dar el Visto Bueno de las pruebas y puestas en servicio de las instalaciones y equipos que forman parte de la obra.

CLAUSULA E.- El incumplimiento de las responsabilidades señaladas en las clausulas que preceden, ameritará que la persona física o moral responsable de la Supervisión, sea acreedora a las sanciones que se establezcan en el clausulado del contrato.

C A P I T U L O 7

I N F O R M A C I O N Y C O M U N I C A C I O N .

- CLAUSULA A.-** La supervisión propondrá al Cliente para su aprobación, los sistemas de información oportuna y comunicaciones que permitan recopilar y transmitir, de manera completa, objetiva y sistemática la información relativa al estado que guardan las actividades relevantes del proyecto y del procedimiento de ejecución de obra, así como para darle el debido seguimiento, desde el inicio hasta su terminación, recepción y entrega.
- CLAUSULA B.-** Los instrumentos básicos de comunicación serán: los documentos del proyecto, las minutas de las juntas de obra, los oficios, boletines y memoranda girados por el Cliente a la Contratista y la Supervisión. El cuaderno de Bitácora de Obra, así como los reportes de verificación de calidad y de control de Obra, todos ellos debidamente firmados por los responsables directos de su emisión o manejo.
- CLAUSULA C.-** Todas las comunicaciones que incidan en la calidad, costo, tiempo de ejecución y de seguridad de la obra, se harán por escrito.
- CLAUSULA D.-** El representante de la residencia de Supervisión será el conducto de comunicación entre el Cliente, la Supervisión y la Contratista para todo asunto relacionado con la ejecución de la obra.
- CLAUSULA E.-** El Cliente podrá girar sus instrucciones a la Contratista marcando copia de ello a la Supervisión, para todo asunto relacionado con la ejecución física de la obra.
- CLAUSULA F.-** Las comunicaciones de la Supervisión a la Contratista deberán dirigirse siempre a su representante legalmente autorizado, con copia al Cliente.
- CLAUSULA G.-** Los formatos de los documentos de comunicación que utilice la Supervisión deberán ser aprobados previamente por el Cliente, en cuanto a su estructura, contenido y tipo de presentación descriptiva, analítica o gráfico, y complementarse con los instructivos necesarios para ser llenados correctamente. El cuaderno de Bitácora de Obra contará con instrucciones impresas sobre su manejo, en los términos establecidos por el Cliente.
- CLAUSULA H.-** A título enunciativo pero no limitativo, ya que podrán variar de acuerdo a las necesidades específicas del Cliente, los reportes de la Supervisión se referirán a la siguiente información:

- H.01. Control del presupuesto, del programa de erogaciones de obra y de la cuantificación y estimación de la obra ejecutada.**
- H.02. Control de avance numérico y gráfico de las actividades más representativas de la construcción, respecto a las programadas; causa y magnitud de las desviaciones.**
- H.03. Reportes de verificación de calidad del Laboratorio del Cliente y los de control de calidad del Laboratorio de la Contratista si es que existe o del proveedor.**
- H.04. Reportes fotográficos representativos del avance y de los detalles de los procedimientos de la ejecución de los trabajos.**
- H.05. Información concerniente a las condiciones e incidencias especiales ocurridas en la obra y registradas en el cuaderno de Bitácora.**
- H.06. Elaborar la Memoria técnica de la obra.**

CLAUSULA I.- Los reportes serán periódicos, debiéndose entregar en las fechas fijadas por el Cliente, o extraordinarios cuando lo amerite la problemática de la obra.

T I T U L O 3

**ACTIVIDADES QUE DEBE REALIZAR
LA SUPERVISION PREVIAMENTE
A LA EJECUCION
DE LA OBRA.**

C A P I T U L O 8

INICIACION DE LOS SERVICIOS DE LA SUPERVISION

Al iniciar sus servicios, la Supervisión deberá llevar a cabo las siguientes actividades:

Visitar el sitio de la obra para conocer las características relevantes del mismo y la infraestructura existente.

Entregar al Cliente y al Contratista un organigrama con los nombres de los responsables de cada área en la obra y en sus oficinas centrales, y solicitarles lo mismo de su parte.

Establecer conjuntamente con el Cliente y la Contratista un directorio de la obra, con los datos de los funcionarios y representantes respectivos, de manera que se puedan localizar fácilmente, así como los de las autoridades y organismos que tengan relación con la obra.

Recabar del Cliente los documentos relativos a la ejecución del proyecto: planos, especificaciones y normas, el catálogo general de conceptos y precios unitarios, los contratos y pedidos de materiales y equipos fincados, planos oficiales de instalaciones subterráneas, programas, presupuestos y suministros del Cliente; en su caso los documentos correspondientes a permisos y licencias.

Establecer el archivo de obra, con la debida clasificación de expedientes.

Someter a la aprobación del Cliente, los formatos de la papelería que utilizará en el control y verificación de la obra.

Revisar los requisitos de vigilancia, seguridad e higiene de la obra, de sus colindancias y de la vía pública o límites del derecho de vía conjuntamente con el Cliente y el responsable de estos aspectos por parte de la Contratista.

---C A P I T U L O 9
REVISION GENERAL DE LA DOCUMENTACION
CONTRACTUAL DE CONSTRUCCION.

Al recibir la documentación correspondiente a la ejecución de la Obra, la Supervisión procederá a estudiarla cuidadosamente, para familiarizarse con las diversas partes del proyecto y sus características, lo que comprenderá las siguientes actividades.

Revisar el contrato de obra, el régimen del mismo (precios unitarios o precio alzado), sus alcances y anexos; así mismo los pedidos y contratos fincados para adquisiciones de procedencia nacional o extranjera.

Verificar que el proyecto ejecutivo contenga la información completa, agrupando los planos y especificaciones por especialidades arquitectónicas y de ingeniería, e indicando posibles incongruencias entre los mismos; reportar los resultados obtenidos al Cliente a la brevedad posible, a medida que avance el proceso de revisión.

Obtener la relación de materiales, productos, equipos o sistemas que sean suministrados por el Cliente y su programa de desarrollo, fabricación y entrega.

A partir de los programas de las diferentes contratistas, así como de los de suministros por parte del Cliente, analizar conjuntamente con el Contratista y el dueño de la Obra, el programa general de la obra, con las erogaciones respectivas, con objeto de que se cumpla.

Revisar el estado de avance de las autorizaciones y permisos, reportar al Cliente el estado de avance en que se encuentran.

T I T U L O 4

ACTIVIDADES QUE DEBE REALIZAR LA SUPERVISION DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA.

- C A P I T U L O 10
ACTIVIDADES GENERALES.

Durante la ejecución de la obra, la Supervisión desempeñará las siguientes actividades generales:

Con base a los proyectos ejecutivos, la Supervisión recibirá conjuntamente con la Contratista físicamente en la obra las referencias de trazo y bancos de nivel de partida que entregue el Cliente, para su debida conservación y observancia durante la ejecución de la obra.

Detectar físicamente, con el apoyo de la Contratista, las instalaciones subterráneas existentes en el sitio, que interfieran con la ejecución de la obra.

Transmitir a la Contratista las instrucciones propias y las que reciba del Cliente, en forma adecuada y oportuna de manera que su actuación sea preventiva más que correctiva.

Proporcionar a la Contratista el apoyo técnico que requiera para interpretar los documentos del proyecto y detectar los posibles faltantes.

Dar solución a los problemas constructivos de orden técnico, siempre que no signifiquen un cambio de proyecto o incidan negativamente en el presupuesto, el programa de ejecución o afecten la seguridad de la obra, en cuyo caso presentará al Cliente un informe sobre el problema específico, que contenga alternativas de solución y su evaluación en costo y tiempo, para que ésta determine lo conducente.

Efectuar las inspecciones del procedimiento constructivo, excepto cuando sea necesario por incumplimiento de los requisitos pactados contractualmente.

Asistir a las juntas de trabajo programadas por el Cliente, participar en el análisis y resolución de los problemas que interfieran con el avance de la obra, ya sean de carácter técnico o administrativo; en su caso, elaborar y entregar a los interesados la minuta respectiva.

Mantener actualizado el archivo de la realización de la obra, tomando especial cuidado en anular los documentos que ya no sean válidos por haber sufrido modificaciones.

Vigilar, conjuntamente con el responsable de seguridad de la Contratista, el cumplimiento de los requisitos de seguridad que deben observarse en la ejecución de la obra, establecidos en los reglamentos y ordenamientos de las autoridades competentes en la materia, así como los instructivos específicos del Cliente.

C A P I T U L O 1.1
VERIFICACION DE CALIDAD.

Se indican a continuación las actividades que la Supervisión llevará a cabo, para verificar la calidad de la obra, así como de sus instalaciones y equipos. Ello no libera a la Contratista o proveedor, de la responsabilidad de instrumentar internamente su programa de control de calidad, indispensable para poder asegurar el cumplimiento de los requisitos pactados contractualmente, a medida que avanza la construcción de la obra o los procesos de fabricación.

- A.- Verificar el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en los planos, especificaciones particulares del proyecto, las normas nacionales e internacionales aplicables a los materiales básicos, equipos, sistemas y procesos constructivos o de fabricación, enlistados en los contratos de ejecución y de adquisiciones del Cliente.**

- B.- Exigir a la Contratista o proveedor designado por el Cliente, que entregue con la debida anticipación, el programa de suministros, para su aprobación, en el que se incluyan los siguientes conceptos: en caso de proceder, la elaboración de la ingeniería básica para su revisión y verificación, la procedencia de los suministros, su requisición y las fechas de inicio de fabricación, terminación, período de pruebas del fabricante y recepción en plantas y obra. Así mismo, el período de inspección y/o aprobación final a cargo del personal técnico por parte del Cliente, embalaje, transporte y recepción en los almacenes o en la obra.**

- C.- En el caso de materiales a los que no sea aplicable el proceso de verificación indicado en el párrafo anterior, recabar de la Contratista o el proveedor, muestras físicas representativas, con objeto de someterlas a las pruebas que el Cliente juzgue pertinentes.**

- D.- Implementar el programa de verificación de calidad y presentarlo al Cliente para recabar su visto bueno. El programa de verificación indicará los laboratorios que se utilizarán para hacer las pruebas, la frecuencia de muestreo y ensaye de los materiales o productos, y las pruebas de funcionamiento de equipos y sistemas. Recabar los nombres de los proveedores, su ubicación y las fechas en que se harán las visitas de inspección a los sitios correspondientes.**

- E.- A juicio del Cliente aceptar un lote determinado de materiales, productos, equipos y sistemas, para los que el proveedor haya presentado una certificación de calidad respaldada por un laboratorio o empresa autorizados por el Cliente.**
- F.- Rechazar los elementos que no cumplan con las especificaciones, debido a manejo o almacenaje inadecuado; ordenar su limpieza o reparación y aprobarlos para ser utilizados en la obra, si los resultados son satisfactorios.**
- G.- Conjuntamente con la Contratista, hacer levantamientos de los detalles de obra, así como los de fabricación, dando el debido seguimiento para que en su caso sean corregidos.**
- H.- En lo referente a la instalación de equipos y dispositivos que formen parte de la obra incorrectos, comprobar que la Contratista se apegue estrictamente a las indicaciones de los instructivos de instalación y montaje.**
- L.- Comprobar que la Contratista realice las pruebas y puestas en servicio de equipos y dispositivos, siguiendo las instrucciones de los manuales de operación.**
- J.- Observar y clasificar el subsuelo de acuerdo a sus características de ataque, a medida que progrese la excavación conservando un registro fotográfico de la misma y de los equipos utilizados por la Contratista para efectuarla, para someterlo a la verificación y aprobación del Cliente.**
- K.- Inspeccionar los bancos de tiro aprobados por el Cliente y los requisitos establecidos para su manejo, en su caso.**
- L.- Exigir a la Contratista la limpieza de la obra y las protecciones y medidas para mejorar las condiciones ambientales, minimizando en lo posible las molestias que puedan ocasionarle.**

CONTROL DE PROGRAMAS

En la fase de ejecución de obra, a la Supervisión le corresponden las siguientes actividades referentes a la verificación del avance físico de los trabajos:

- A. Solicitar a la Contratista que entregue dentro del plazo que se le haya fijado, los programas detallados de construcción para revisión y aprobación por el Cliente.**

- B.- Solicitar y revisar conjuntamente con la Contratista los programas de erogaciones de obra, obtenidos y partir de los presupuestos de obra y de los programas de ejecución mencionados en los párrafos anteriores. Determinar la incidencia de los cambios presupuestales en el programa de erogaciones de obra.**

- C.- Para efecto de implantación y seguimiento de obra, solicitar a la Contratista los programas y se ilustre mediante barras, referidas a períodos de calendario. Queda a juicio del Cliente solicitar otro tipo de ilustración.**

En todo caso deberán contener rubros o actividades claramente identificables, con las fechas pactadas contractualmente, y señalar con la simbología apropiada las actividades críticas; consignar las cantidades de trabajo en los períodos en que se divida (nunca mayor de un mes), utilizando unidades de medición de obra que sean congruentes con los conceptos enlistados, y unidades de tiempo acordes al tipo de programa, la velocidad de avance y periodicidad de revisión.

- D.- Conjuntamente con la Contratista, revisar los programas, cerciorándose de que contengan todas las actividades esenciales para construir la obra, que estén enlistadas y agrupadas ordenadamente de acuerdo a una secuencia lógica de construcción, que sus duraciones sean adecuadas y correspondan a las condiciones en campo, que cumplan con la fecha de iniciación, las de entrega de diferentes etapas de la obra a contratistas de otras especialidades, y las de terminación, pruebas y puestas en servicio. Revisar que los programas de erogaciones de obra correspondan a las cantidades de obra asignadas a cada período y a los importes calculados en los presupuestos de obra.**

- E.-** Para efectuar la revisión mencionada en el párrafo anterior, la Supervisión solicitará a la Contratista que le proporcione todos los datos que haya utilizado en la formulación de los programas como son: planeación y estrategia de construcción definidas a partir de los lineamientos del Cliente; lógica de ejecución consignada en diagramas de precedencia, las restricciones de tiempo pactadas contractualmente así como las de orden físico, financiero o relativas a la seguridad de la obra; el cálculo de duración de las actividades, y la inclusión de contingencias y condiciones adversas al desarrollo de los trabajos. Además la determinación de los tiempos de ejecución parciales y total de obra y de las holuras de sus actividades, con apoyo en las técnicas que utilizan para este efecto o en las que específicamente exija el Cliente. Así mismo, los presupuestos de obra que se consideraron para el flujo de los recursos económicos.
- F.-** Corroborar que los tiempos asignados a las actividades programadas sean congruentes con los recursos y rendimientos considerados, así como con las cantidades de obra por ejecutar.
- G.-** Analizar los programas presentados por el Contratista o proveedor y emitir su opinión respecto a si procede aceptarlo o modificarlos, turnándolos al Cliente con las observaciones que apoyen su consideración, a efecto de que dictamine lo conducente.
- H.-** Implantar en la obra estos programas, una vez aprobados por el Cliente, los que tendrán carácter de documentos contractuales.
- L.-** Verificar el cumplimiento de los programas por parte de la Contratista, para garantizar las fechas de entrega pactadas contractualmente, comparando la producción real contra la programada, con la periodicidad de revisión preestablecida a lo que amerite la problemática de avance de obra.
- J.-** Reportar oportunamente las desviaciones que se presenten como resultado de la comparación mencionada, para tomar las medidas correctivas a la brevedad posible. Investigando y consignando las causas de retraso.

CONTROL PRESUPUESTAL

A la supervisión le corresponden las siguientes actividades referentes a la revisión y actualización del presupuesto de obra, el seguimiento de su ejercicio y la formulación de estimaciones para efectos de pago a la Contratista.

A.- En lo referente al control del presupuesto:

A.01- Durante el desarrollo de la obra, y en caso de proceder según el régimen del contrato: actualizar los presupuestos conjuntamente con la Contratista, con la periodicidad que el Cliente fije, cuando se presente cambios o adecuaciones al proyecto, cancelación de trabajos o realización de trabajos extraordinarios; ajuste de precios unitarios, omisiones o correcciones, reclamaciones procedentes a juicio del Cliente y otros factores que modifiquen el costo.

A.02.-Modificar los programas de erogaciones indicados, en consecuencia con los presupuestos actualizados.

A.03.-En paralelo con la verificación de los programas de ejecución de obra, dar seguimiento a las erogaciones de obra, comparando periódicamente los importes reales contra los considerados originalmente y explicando los motivos de las desviaciones que se presenten.

A.04.-En caso de existir obra que exceda el monto de contrato, informar al Cliente la necesidad de efectuar las ampliaciones correspondientes, solicitar a la Contratista que presente los apoyos necesarios para fundamentarlas revisándolas y dando su opinión al respecto.

A.05.-A petición del Cliente, integrar los índices de costo de la obra al término de la misma.

B.- Por lo que respecta a la cuantificación y estimación de la obra ejecutada:

B.01.-Con base en las unidades de medición establecidas en el catálogo de conceptos y precios unitarios, llevar a cabo la cuantificación de la obra a medida que se vaya ejecutando, con la periodicidad que fije el Cliente. La Supervisión apoyará la cuantificación de obra con sus propios números generadores, independientemente de los que la Contratista tiene obligación de presentar contractualmente, en los que se consignen los cálculos y croquis aclaratorios, basados en el proyecto ejecutivo y en los alcances de los precios unitarios.

B.02.-Entregar mensualmente y en la fecha pactada contractualmente, un concentrado de las cantidades de obra, para efecto de formulación de la estimación de pago respectiva.

B.03.-Al entregar la cuantificación mensual al Cliente, complementada con un documento donde indique las cantidades de obra ejecutada que no se hayan incluido para efecto de estimación, por diversos motivos, como son: no corresponder a la obra contratada, falta de presentación por parte de la Contratista, estar en proceso de conciliación o no haber llegado a un acuerdo en la misma, carecer de precio unitario, no cumplir con los requisitos de calidad, haberla realizado violando la seguridad o las órdenes específicas del Cliente.

B.04.-Valuar el monto de las cantidades de obra retenidas en cada período, para conocer el avance real de la obra que se reporta en el programa de erogaciones de obra y para que el Cliente conozca su magnitud, identifique sus causas y pueda tomar las decisiones pertinentes.

B.05.-Informar al Cliente sobre los trabajos extraordinarios que no estén comprendidos en el catálogo del contrato.

B.06.-Para no detener el avance del proceso de cuantificación, proponer alcances y unidades de medición provisional para los conceptos descritos en el inciso B.05, así como precios unitarios similares a los del catálogo, para evaluar aproximadamente su importe. Transformar las unidades de medición a las definitivas, una vez que se cuente con el precio unitario aprobado, y su alcance.

B.07.-Solicitar a la Contratista la entrega de los análisis de los precios unitarios faltantes, en el plazo indicado por el Cliente corroborando que contengan la descripción del concepto, la matriz de análisis, la unidad de medición y el alcance detallado. Revisar que los recursos, rendimientos y la descripción del alcance correspondan a la información recabada durante la ejecución del trabajo, entregando los resultados de la misma al Cliente en el tiempo establecido.

B.08.-Consultar al Cliente sobre las dudas que se tengan respecto a los precios unitarios, ya sea por la manera en que están expresados o en la aplicación de sus alcances.

B.09.-Registrar diariamente la obra ejecutada, cuando sea indispensable aplicar precios unitarios analizados por observación directa, previo acuerdo con el Cliente sobre los recursos que se utilizan en estos trabajos.

B.10.-Comparar el importe de los trabajos realizados con los que debieron haberse ejecutado según el programa de erogaciones de obra, para efecto de retenciones o devoluciones establecidas contractualmente.

B.11.-Descontar de las estimaciones y liquidaciones de la Contratista o proveedor, los materiales y componentes de equipos y sistemas que el Cliente le haya proporcionado, y que pudieran estar incluidos en algunos de los precios unitarios pactados.

B.12.-Auxiliar al Cliente cuando la Contratista presente oportunamente alguna reclamación, emitiendo su opinión respecto a si la reclamación procede según el régimen del contrato, si el trabajo fue efectivamente realizado y las condiciones señaladas en su ejecución tuvieron lugar.

B.13.-De confirmarse la procedencia de la reclamación a juicio del Cliente, verificar que los recursos que reporta la Contratista coincidan con los empleados en la ejecución de la obra, en la inteligencia de que la Contratista solicitó con la debida anticipación a la Supervisión la certificación de los recursos empleados o de condiciones especiales que reclama.

TITULO 5

ACTIVIDADES QUE DEBE REALIZAR

LA SUPERVISION PARA EL

FINIQUITO DE LA OBRA

FINIQUITO DE OBRA A LA CONTRATISTA

Para realizar el finiquito, la Supervisión deberá:

- A.- Elaborar y conciliar la liquidación de los trabajos ejecutados.**
- B.- Constatar la terminación de los trabajos objeto del contrato y participar en su recepción-entrega según lo indicado en el Capítulo 15.**
- C.- Certificar el cumplimiento de todos los compromisos contractuales, o proporcionar al Cliente los elementos de juicio que le permiten aplicar en su caso, las sanciones contractuales correspondientes.**
- D.- Elaborar la relación de estimaciones o gastos aprobados, monto ejercido, créditos, cargos y saldos.**
- E.- A petición expresa del Cliente, constatar que se hayan depurado el estado contable correspondiente al ejercicio del contrato de obra, incluyendo los cargos por suministros proporcionados por el Cliente.**
- F.- Verificar la reintegración al Cliente de los suministros propiedad de la misma, que no hayan sido utilizados en obra.**
- G.- Recabar las garantías correspondientes a equipos, instalaciones y productos procesados, así como de los instructivos y manuales de operación y mantenimiento para ser entregados al Cliente.**

C A P Í T U L O - 1 5

RECEPCION Y ENTREGA DE OBRA

Una vez que la contratista haya comunicado a la Supervisión y al Cliente la terminación de los trabajos que le fueron encomendados, la Supervisión se encargará de:

- A.- Asistir a los recorridos de recepción de obra con la Contratista y de entrega al operador de la misma, programados por el Cliente y efectuar las revisiones necesarias para las recepciones parciales y para constatar la terminación de la totalidad de los trabajos que le fueron encomendados a la Contratista, incluyendo las pruebas y funcionamiento de las instalaciones y equipo.**

- B.- Conjuntamente con el Cliente y la Contratista, hacer un levantamiento de los detalles faltantes o pendientes de corregir, indicando su localización, número y características, exigiendo a la Contratista la terminación de los trabajos, al que se le dará seguimiento diario, verificando el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos. En forma análoga se tratarán las pruebas y funcionamiento de las instalaciones y equipos.**

- C.- Una vez terminados los detalles faltantes y comprobado el comportamiento satisfactorio de las instalaciones y equipos, participar en la recepción física de los trabajos de la Contratista y entrega al Cliente y al operador.**

- D.- En la fecha que señale el Cliente, participar en el levantamiento de las actas de recepción parcial o final, cuyo contenido seguirá los lineamientos que para tal caso señale la normatividad de la Obra.**

**FINIQUITO DE LOS SERVICIOS
DE LA SUPERVISION**

Una vez recibida la obra por el Cliente, la Supervisión llevará a cabo las siguientes actividades para finiquitar sus servicios:

- A.- Entregar al Cliente, la documentación que respalde su actuación: informe de terminación de obras, finiquitos, actas de recepción-entrega, licencias y permisos, inventario de instalaciones, y balance de suministros hechos por el Cliente, manuales e instructivos.**

- B.- Entregar al Cliente los levantamientos referentes a la actualización del proyecto: adecuaciones, modificaciones y cancelaciones.**
 - B.01 Presentar una apreciación de la capacidad técnica, económica y administrativa de la Contratista.**

 - B.02 Verificar que el Proyectista o Diseñador elabore los planos de la obra tal como quedó ejecutada.**

 - B.03 Integrar la memoria de la obra.**

 - B.04 Participar en la elaboración de las actas de entrega patrimoniales.**

- C.- Cuando haya sido recibida a satisfacción del Cliente la documentación mencionada, ésta procederá a elaborar el acta de finiquito de los servicios de la Supervisión.**

El finiquito de los servicios de la Supervisión, no la libera de las reponsabilidades derivadas de su función, de conformidad con lo señalado por la normatividad de la Obra.



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

**CURSOS ABIERTOS .
SUPERVISION DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION
DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA**

FECHA: DEL 1o. AL 5 DE MAYO DE 1995.

**TEMA: DIAGNOSTICO FISICO DEL TERRENO DE CIMENTACION, DE LAS
TERRACERIAS Y DE LA CAPA SUBRASANTE.**

EXPOSITOR Y AUTOR:

ING. GERARDO CABADAS L.

**DIAGNOSTICO FISICO DEL TERRENO DE CIMENTACION,
DE LAS TERRACERIAS Y DE LA CAPA SUBRASANTE**

TEMARIO

TERRENO DE CIMENTACION Y TERRACERIAS

- 1.- Características de calidad de los materiales**
 - a) Fallas**
 - b) Mejoramientos**
- 2.- Cimentación de la vía sobre suelos blandos**
- 3.- Algunos procedimientos para cimentar sobre suelos blandos**

TRABAJOS DE EXPLORACION

- 1.- Estudios geológicos y fotointerpretación**
- 2.- Exploración directa en suelos y rocas**
- 3.- Exploración indirecta (Métodos Geofísicos)**

BANCOS DE MATERIALES

- 1.- Localización de bancos**
- 2.- Algunas características de calidad de los materiales**
- 3.- Exploración y muestreo en bancos**
- 4.- Pruebas de laboratorio para los materiales muestreados**

CONTROL DE CALIDAD

- 1.- Qué se desea del control de calidad**
- 2.- Cómo pueden establecerse las actividades para lograr los objetivos deseados**
- 3.- Cómo se puede determinar si se han alcanzado los objetivos**
- 4.- La estandarización y su abuso**

TERRENO DE CIMENTACION Y TERRACERIAS

Características de calidad de los materiales

Las terracerías que requiere una obra vial transmiten esfuerzos al terreno natural bajo ellas; esos esfuerzos, a su vez, producen deformaciones que se reflejan en el comportamiento estructural de las mencionadas terracerías; de ahí la necesidad de estudiar el terreno de apoyo o de cimentación.

Existen además factores independientes de la superestructura de la obra vial, aunque a veces influido por ella, como el agua, por ejemplo, que producen efectos en el terreno de cimentación que también se reflejan en el comportamiento de la misma obra.

Finalmente, la interacción del terreno de cimentación y la superestructura de la obra vial afecta de tal manera el comportamiento del conjunto, que es de extrema importancia el estudio de los métodos a nuestra disposición para modificar las condiciones del terreno de cimentación cuando sean desfavorables, convirtiéndolas en más propicias.

Debemos entender por terreno de cimentación la parte de la corteza terrestre en que se apoya la estructura de la obra vial y que es afectada por la misma, y su función es soportar a dicha

Clasificación de materiales pétreos y suelos

DIVISIONES	SUB-DIVISIONES	GRUPO	SIMBOLO	DIMENSIONES DE LAS PARTICULAS o FRAGMENTOS
SUELOS	ALTAMENTE ORGANICOS	TURBA	P _t	-----
	FINOS	ORGANICOS	O	< MALLA # 200
		LIMOS	M	< MALLA # 200
		ARCILLAS	C	< MALLA # 200
	GRUESOS	ARENAS	S	> # 200 Y < # 4
GRAVAS		G	> # 4 Y < 7.6 cm (3")	
FRAGMENTOS DE ROCA		CHICOS	F _c	> 7.6 cm (3") Y < 30 cm.
		MEDIANOS	F _m	> 30 cm Y < 1 m
		GRANDES	F _g	> 1 m.
ROCAS	IGNEAS	EXTRUSIVAS	R _{ie}	-----
		INTRUSIVAS	R _{ij}	-----
	SEDIMENTARIAS	CLASTICAS	R _{sc}	-----
		QUIMICAS	R _{sq}	-----
		ORGANICAS	R _{so}	-----
	METAMORFICAS	NO FOLIADAS	R _{mn}	-----
		FOLIADAS	R _{mf}	-----

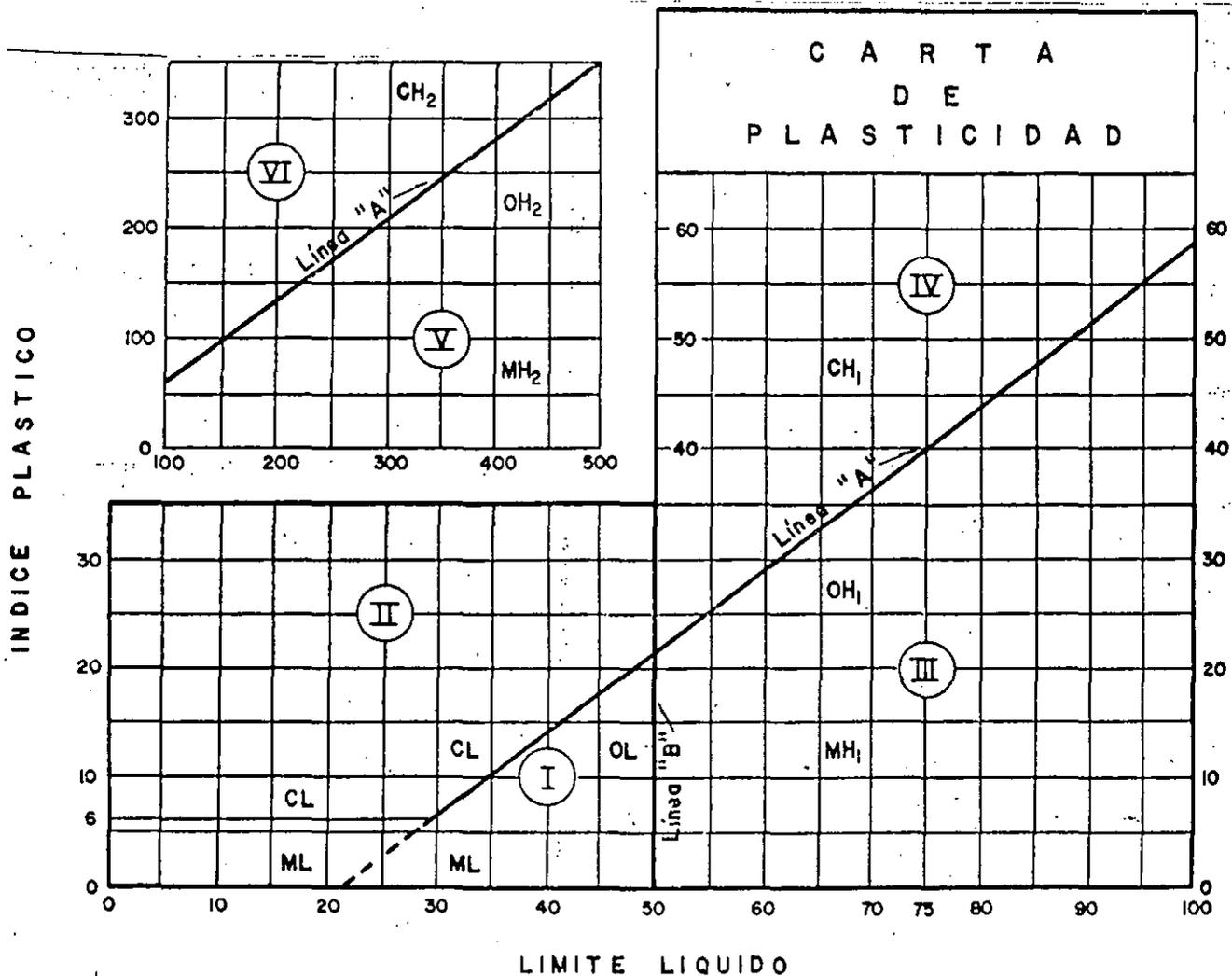


Figura II-1 Carta de plasticidad tal como se usa en la Secretaría de Obras Públicas de México.

C U A D R O N U M . 2

TIPO	SUB-TIPOS	SIMBOLO DE GRUPO	CARACTERISTICAS PARA SU ACOMODO	PRUEBAS ESPECIALES PARA LA DETERMINACION DE LOS PEÑOS VOLUNTARIOS RECOR MAXIMOS	RECOMENDACIONES PARA SU USO		
					CUERPO DEL TERRAPLEN	CAPA DE SUB-RASANTE EN TERRAPLENES Y CORTES	
FRAGMENTOS DE ROCA	GRANDES MAYORES DE 75 cm y MENORES DE 2 m	Fg Fgm Fgc Fgmc Fgcm	Susceptibles de acomodarse con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, acomodándolos en su posición más estable, entendiéndose que el simple volteo no constituye un acomodo adecuado.	NO DEBEN USARSE	
	MEDIANOS MAYORES DE 20 cm y MENORES DE 75 cm	Fm Fmo Fmg Fmgc Fmfc	Susceptibles de acomodarse por bandas con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE	
	CHICOS MAYORES DE 7.6 cm y MENORES DE 20 cm	Fc Fcm Fcg Fcmg Fcmf	Susceptibles de acomodarse por bandas con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE	
S U E L O S	GRUESOS	GRAVAS	GW GP GM GC	AASHO ESTANDAR SIEMPRE QUE EL PROYECTO NO INDIQUE OTRA PRUEBA DINAMICA En casos especiales el proyecto deberá indicar el procedimiento a seguir en el control de la compactación.	90% de Compactación	95% de Compactación	
		ARENAS	RW SP SM SC				
	FINOS	LIMITE LIQUIDO MENOR DE 60	ML CL OL				Susceptibles de compactarse con equipo especial.
		LIMITE LIQUIDO ENTRE 60 Y 100	MH ₁ CH ₁ OH ₁				
LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 100		MH ₂ CH ₂ OH ₂					
ALTAMENTE ORGANICOS	TURBA	Pl			NO DEBEN USARSE		

El proyecto deberá especificar aquellas clases en que no sea posible construir por capas, todo o parte del terraplén. Las mezclas de fragmentos de roca y suelos, en que predominen los, podrán, en algunas ocasiones, ser susceptibles de compactarse con equipo especial, aunque no pueda determinarse el grado de compactación. Esto solo podrá hacerse en el cuerpo del terraplén y el proyecto fijará el procedimiento a seguir en cada caso.

No deberán usarse materiales con valor relativo de aporte estirado menor de 5%, o expansión mayor de 5%.

obra vial en condiciones razonables de resistencia y deformación.

Los terrenos de cimentación pueden estar constituidos por roca o suelos. En general, la roca no plantea problemas como terreno de cimentación propiamente dicho, pues la obra vial le comunica esfuerzos que suelen ser de muy baja intensidad en comparación con la resistencia del material. La alterabilidad de la formación rocosa, por la acción de los agentes mecánicos o químicos, tampoco desempeña un papel que deba ser fuente de inquietudes especiales desde el punto de vista de apoyo.

Las rocas ígneas, por su dureza, pueden presentar problemas de costo de excavación muy elevado; por lo general permiten taludes verticales o muy próximos a la vertical, cuando están razonablemente sanas, y como apoyo de una superestructura requieren de la colocación de una capa de suelo intermedio en los cortes, para eliminar las irregularidades que quedan tras el procedimiento de conformación.

En las rocas sedimentarias es frecuente una dureza mucho menor que en las ígneas, lo que se traduce en una mayor facilidad de excavación; en este grupo abundan las rocas deleznales, especialmente las de estructura aglomerada. En este grupo merecen mención especial las calizas, muy comunes en nuestro país, entre las que se encuentran todos

los tipos de comportamiento, pues mientras las de grano fino son duras y permanentes, las de grano grueso son blandas y deleznales. Las lutitas y las margas suelen ser relativamente fáciles de excavar; con frecuencia son poco estables ante el agua; y al igual que los yesos y rocas similares, pueden ser expansivas al absorber agua y esto las hace peligrosas en los lechos de los cortes y como materiales de relleno en muros de retención. En las rocas sedimentarias relativamente sanas es también frecuente poder construir taludes seguros muy próximos a la vertical.

Los esquistos y las pizarras son quizá las rocas más frecuentes en la tecnología de las vías terrestres; son fáciles de excavar, hasta el grado de que en muchas ocasiones no requieren de explosivos y bastan los medios mecánicos para su extracción. Al tener planos de foliación muy marcados en la mayor parte de los casos, estas rocas rompen a lo largo de ellos, por lo que su echado es muy importante cuando aparecen en cortes o laderas. Son rocas bastante deleznales y como producto de alteración final producen, arcillas muy inestables, a veces en tiempos dentro de la vida útil de las obras.

Los terrenos de cimentación constituidos por suelos también suelen proporcionar apoyo suficiente para las obras viales, aunque existen algunas condiciones que plantean grandes problemas de proyecto y construcción y que constituyen quizá

las contingencias más grandes a que nos tenemos que enfrentar, a tal grado que se deberá considerar siempre como la mejor solución a estos problemas el cambio de trazo que los aleje de ellos. Sin embargo, hemos de insistir en que son excepcionales los casos en que el terreno de cimentación constituido por suelos plantea problemas realmente difíciles y costosos de resolver, pero por la gravedad que pueden implicar han de ser detectados en la etapa de estudios previos al proyecto, para que se les evite cuando sea posible o para que se les tome en cuenta con todo cuidado y sean objeto de estudios muy especiales y a veces muy extensos.

Los suelos friccionantes (gravas, arenas y limos no plásticos o las mezclas en que ellos predominan) por lo general tienen capacidad de carga suficiente y características de compresibilidad que no provocan problemas de asentamientos de importancia.

Las arenas o limos muy sueltos pueden plantear problemas de erosión y de asentamiento brusco por colapso rápido de su estructura simple (licuación), cuando está sometida a cargas de alguna importancia. Estos colapsos suelen estar asociados a movimientos en el agua del subsuelo, sea saturación por flujo de agua que se infiltre en la superficie, o ascensos del nivel freático por cualquier razón. Sin embargo, este efecto no es muy importante bajo las terracerías, pues estas absorben con

facilidad los movimientos resultantes; naturalmente que el efecto anterior es mucho más peligroso cuando el terreno de cimentación soporta alguna de las estructuras rígidas que suelen construirse en una obra vial.

La licuación ha producido las fallas más dramáticas y espectaculares, debido a la magnitud de la masa de suelo que se pone en juego al producirse el fenómeno. En suelos tales como arenas saturadas relativamente sueltas, es posible que una sollicitación dinámica rápida, como la que puede presentarse durante un sismo, origine elevadas presiones en el agua que crecen a un ritmo mayor de lo que alcanzan a disiparse por la salida de la misma a través de los poros de la estructura del material. Al incrementarse las presiones del agua interior, se debilita el contacto entre los granos de la arena, disminuyendo su resistencia al esfuerzo cortante hasta valores nulos o muy próximos a cero; en estas condiciones la masa de arena se comporta como un líquido fluyendo bajo la acción de las cargas que provocan el fenómeno. Los suelos susceptibles a la licuación son las arenas sueltas, uniformes, finas y saturadas; los depósitos de limos no plásticos sueltos son particularmente peligrosos.

El único medio que parece seguro para impedir la licuación, según la experiencia lograda hasta ahora, consiste en

compactar los terrenos susceptibles utilizando para ello cualquiera de los procedimientos usuales en la actualidad.

En terrenos de cimentación constituidos por limos plásticos y arcillas, deben distinguirse dos casos diferentes:

- A) Cuando su compresibilidad sea relativamente baja (suelos CL, ML y OL).
- B) Cuando su compresibilidad sea franca (suelos CH, MH, OH y Pt).

En suelos de compresibilidad relativamente baja, no se plantean problemas especiales a la superestructura de la obra vial; los pequeños asentamientos que pueden llegar a producirse son absorbidos fácilmente por la flexibilidad propia de la superestructura y la capacidad de carga del terreno suele ser suficiente para soportar a los terraplenes que hayan de ser construidos.

En estructuras especiales más rígidas tales como puentes y obras de drenaje se puede llegar a soluciones adecuadas aplicando la teorías disponibles que toman en cuenta la capacidad de carga del terreno y los movimientos tolerables para la estructura elegida.

Los materiales OL, debido al contenido de materia orgánica, pudieran no ser apropiados, en casos extremos para usarse como materiales de construcción.

El panorama es diferente cuando el terreno de cimentación está constituido por limos o arcillas altamente compresibles (suelos OH, MH, CH y Pt).

En primer lugar puede decirse que no existe una relación fija entre las características desfavorables de un terreno de cimentación en cuanto a resistencia y compresibilidad y su situación geográfica o topográfica, aunque los terrenos desfavorables suelen abundar más en formaciones fluviales, lacustres o marinas; la fotointerpretación y los estudios geológicos de superficie son el medio más seguro para detectar las zonas difíciles, en que serán precisos estudios de detalle suficiente.

La falta de resistencia en el suelo de cimentación es particularmente crítica cuando la obra vial exige altos terraplenes, lo que sucede principalmente en los accesos a puentes y pasos a desnivel, en llanuras de inundación de ríos y esteros y en zonas en que exista tirante de agua.

La falta de resistencia del terreno de cimentación bajo un terraplén puede producir una falla por falta de capacidad de

carga, asociada a un hundimiento brusco y destructivo del terraplén con bufamiento a uno o a ambos lados, no lejos de la línea de ceros. La falla puede presentarse sin previo aviso, pero en ocasiones se producen con anterioridad deformaciones en la corona de la obra vial, con hundimientos en la línea de centro y aparición de grietas en el material natural, paralelas al bordo y a una distancia que es función de la altura y el ancho del terraplén; estas grietas suelen ir acompañadas de un perceptible bufamiento del terreno natural. Al detectar estos signos precursores de una falla inevitable, se debe proceder de inmediato al remedio del mal, ya sea empleando bermas o aligerando las presiones producidas por el terraplén. En muchos casos una previsión razonable podrá consistir en ir construyendo el terraplén a alturas parciales (construcción por etapas) completándolo a medida que el terreno de cimentación desarrolle resistencia al irse consolidando bajo carga previa (tratamiento del suelo por sobrecarga).

Otro problema relacionado con los terrenos de cimentación de muy baja resistencia es el que se refiere a las fallas del terraplén propiamente dicho, por rotación o traslación sobre superficies de deslizamiento desarrolladas total o parcialmente en dicho terreno de cimentación.

Algunas fallas por asentamiento en el terreno de cimentación

Posiblemente el problema más grave que entraña un suelo de cimentación fino y compresible, es el que se refiere a los asentamientos que en él pueden producirse al recibir la sobre carga que representan los terraplenes. Dichos asentamientos causan:

- 1.- Pérdida de bombeo.
- 2.- Aparición de asentamientos diferenciales en el sentido longitudinal.
- 3.- Disminución de la altura del terraplén.
- 4.- Perjuicios en el comportamiento de las obras de drenaje menor.
- 5.- Agrietamientos en la corona del terraplén.
- 6.- Pérdida de la apropiada transición entre los terraplenes de acceso y las estructuras.

Algunos tipos de mejoramiento del terreno de cimentación

No se repetirá bastante que el terreno de cimentación suele ser suficientemente bueno, tanto en lo que se refiere a resistencia como a compresibilidad, para soportar a las vías terrestres en condiciones normales, pues las presiones a él comunicadas son relativamente bajas y la estructura del terraplén se suele

adaptar muy bien a pequeños movimientos que pueden producirse. Los problemas señalados y los métodos de mejoramiento que adelante se mencionan se presentan normalmente en áreas restringidas y no puede verse como de utilización común, por su alto costo.

Los principales métodos que se han seguido para mejorar las condiciones del terreno natural, ya sea en lo referente a resistencia o a compresibilidad, son los siguientes:

- 1.- El uso de materiales ligeros.
- 2.- La sobreelevación de la rasante.
- 3.- Construcción previa de terraplenes.
- 4.- El uso de drenes verticales de arena.
- 5.- La compensación parcial o total de la carga del terraplén.
- 6.- La remoción del material compresible.
- 7.- Tratamiento físico-químico del terreno compresible
- 8.- Calcinación del suelo.
- 9.- Colocación de entramados de ramas, palmas y otros materiales similares bajo el terraplén (geotextiles).
- 10.- La colocación de bermas o el uso de taludes tendidos.
- 11.- Escalonamiento de laderas naturales.
- 12.- Construcción de rellenos sobre apoyo irregular en roca.
- 13.- Compactación.
- 14.- Anclaje de roca fracturada.
- 15.- Relleno de grietas.

Algunos procedimientos para cimentar sobre suelos blandos

En general, todos los depósitos de suelos blandos y susceptibles de causar serios problemas tienen tres condiciones en común:

- 1.- Son zonas planas.
- 2.- Tienen mal drenaje superficial.
- 3.- Están formados por suelos muy finos u orgánicos.

El primer requisito para superar este tipo de problemas es, naturalmente, detectarlos y ello debe suceder en la etapa de proyecto, antes de que se produzcan costosos daños a la vía terrestre y en momentos en que el proyectista conserva toda su libertad de acción, incluyendo la capacidad de estudiar un cambio en el trazo que lo aleje de la zona que se revele como crítica.

Para ésto es de singular ayuda la fotointerpretación de fotografías aéreas. Pero una vez que por cualquier razón se decida a arrostrar los peligros y altos costos que significa cruzar una zona de suelos blandos u orgánicos, el ingeniero debe comprender que casi todos los métodos de proyecto y construcción de que dispondrá requieren de un buen conocimiento de las características de compresibilidad y

resistencia de los suelos sobre los que se construirá la vía, así como de los que se utilizarán en la formación de la misma. Este es un caso que debe verse como especial en lo que se refiere a la exploración de suelos y pruebas de laboratorio, en el que se justificará el uso de los métodos más delicados para obtener muestras inalteradas y el desarrollo de programas completos de pruebas de laboratorio, que incluyan pruebas de consolidación y triaxiales.

La exploración deberá hacerse separando muy claramente las dos etapas tradicionales; primeramente realizando un muestreo preliminar, con procedimientos sencillos y económicos que proporcionan muestras alteradas para clasificación de suelos y, después, se hace la investigación definitiva, con métodos delicados y mucho más costosos, capaces de proporcionar muestras inalteradas. La orientación que se obtenga en la primera etapa, que debe llevarse hasta que se puedan formular perfiles de suelos razonablemente confiables, será fundamental para planear la segunda con un costo de tiempo y dinero óptimos.

La información que se recabe sobre el terreno de cimentación deberá arrojar luz suficiente para estudiar los siguientes problemas principales:

- 1) Estabilidad del terraplén.

2) Asentamiento del terraplén.

La magnitud y la naturaleza del problema que se pueda tener en cada caso quedan fuertemente influidas por algunas características que conviene mencionar ahora.

- 1.- Las dimensiones del terraplén.**
- 2.- Características de la cimentación.**
- 3.- Materiales de construcción.**
- 4.- El programa de construcción**
- 5.- Localización**

METODOS PARA CIMENTAR TERRAPLENES EN TERRENOS BLANDOS

I.- Remoción por :

a) Excavación

1.- Completa

2.- Parcial

b) Desplazamiento

1.- Por el peso del terraplén, con o sin sobrecargas

2.- Con explosivos

II.- Tratamiento del terreno

a) Básicamente por requerimientos de estabilidad

1.- Construcción anticipada o por etapas

2.- Uso de materiales ligeros

3.- Bermas estabilizadoras

4.- Drenaje interceptor

b) Básicamente por requerimientos de asentamiento

1.- Construcción por etapas

2.- Sobrecargas

3.- Compactación con equipos pesados

c) Por requerimientos de estabilidad y asentamiento

1.- Construcción por etapas o con sobrecargas

2.- Drenes verticales de arena

3.- Combinación de cualquiera de los métodos anteriores

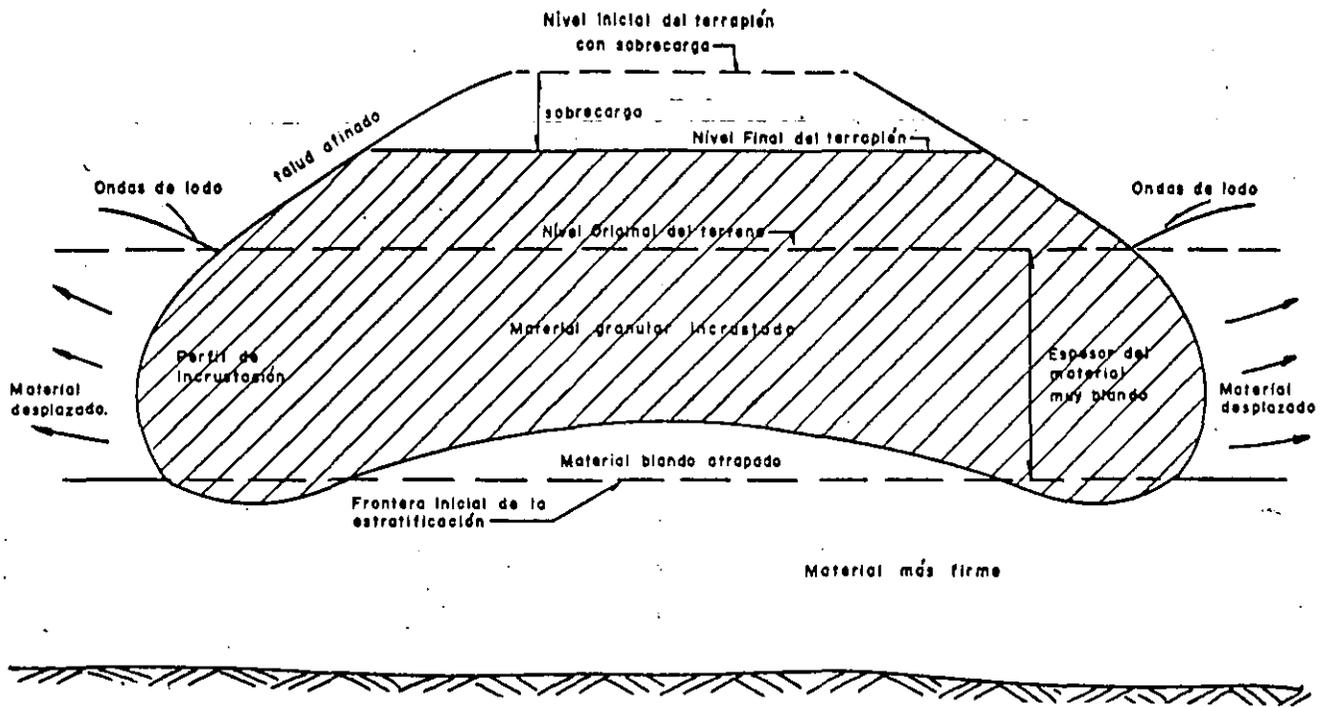


Figura III-8. Colocación de un terraplén por desplazamiento de un suelo blando, con uso de sobrecarga.

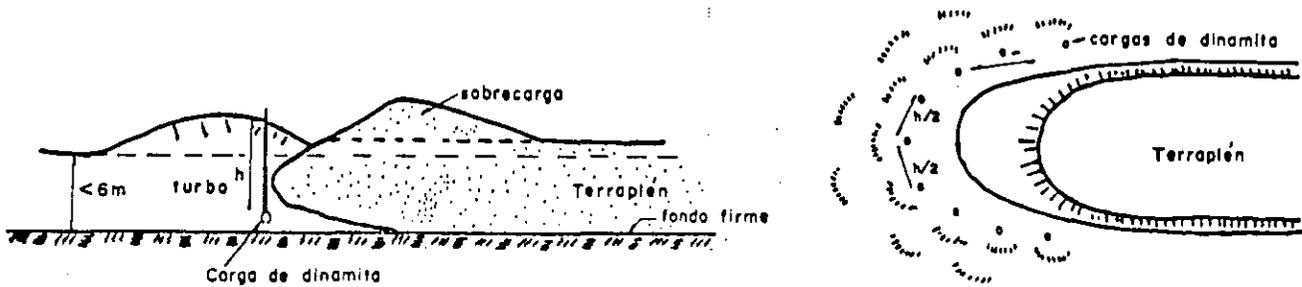


Figura III-9. Desplazamiento de turbas por barrenación en el frente de avance (Ref. 20).

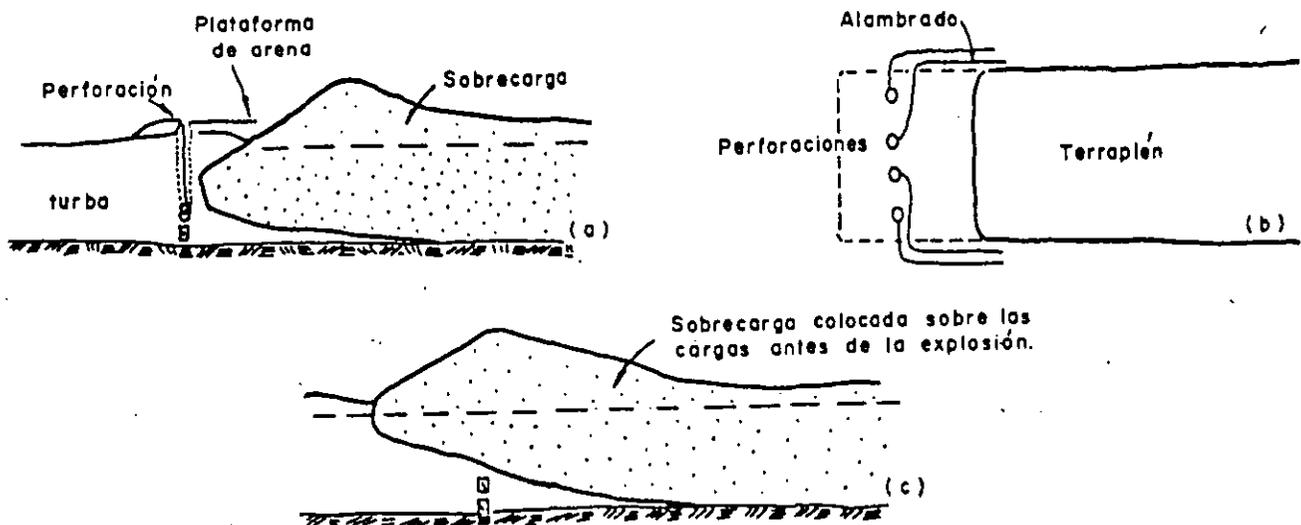
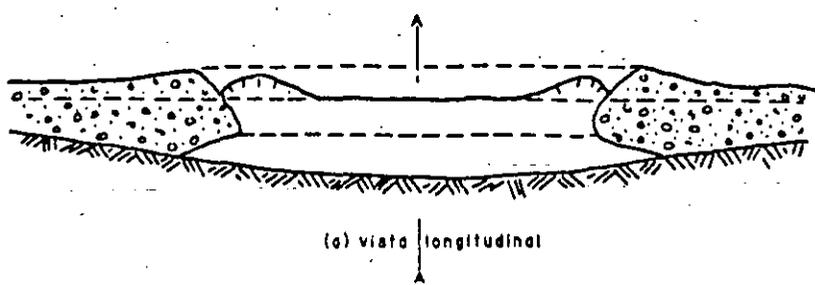
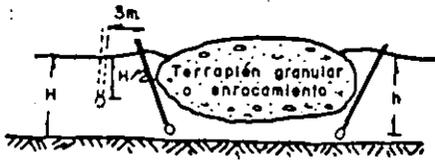


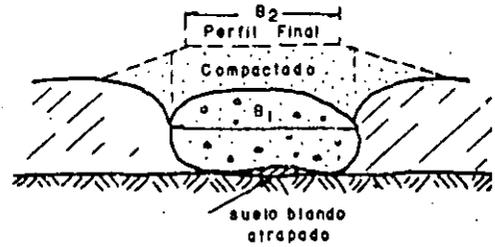
Figura III-10. Método alemán para barrenación en el frente de avance (Ref. 20).



(a) vista longitudinal



(b) Sección A-A, antes de la explosión



(c) Sección A-A, después de la explosión

Figura III-11. Método de New Hampshire (Ref. 20).

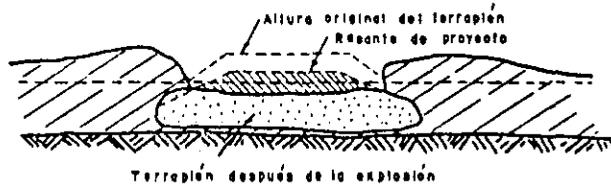
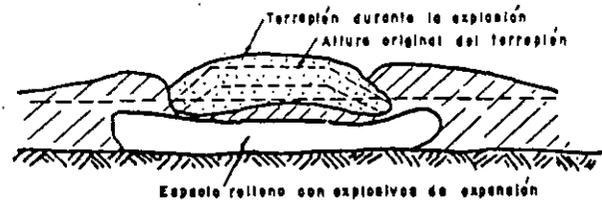
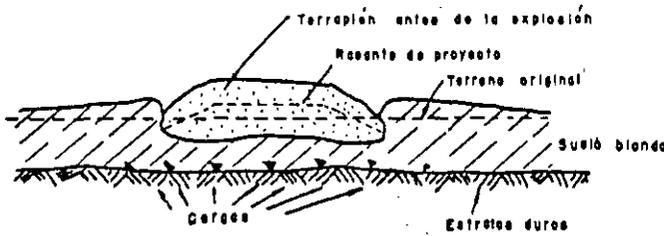
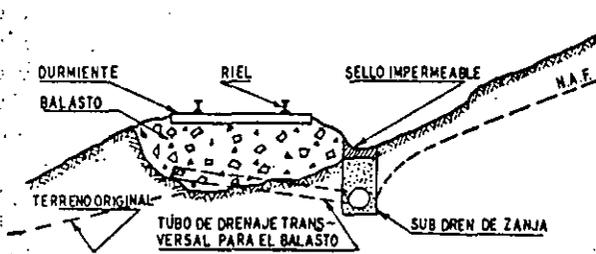
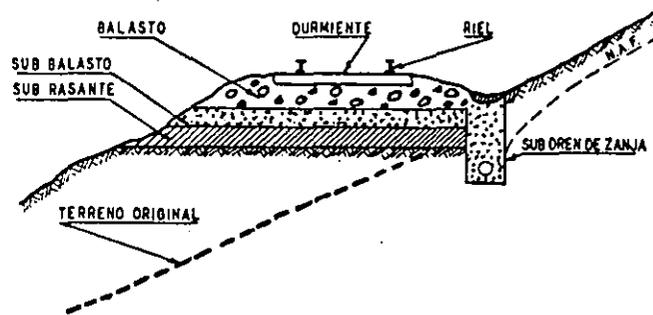


Figura III-12. Método alemán (Ref. 20).



a.- Sub drenaje deficiente, pero usual.



b.- Sección de la vía, mostrando un posible sistema de subdrenaje.

Figura VII-47. Protección con subdrenes de la corona de una vía férrea.

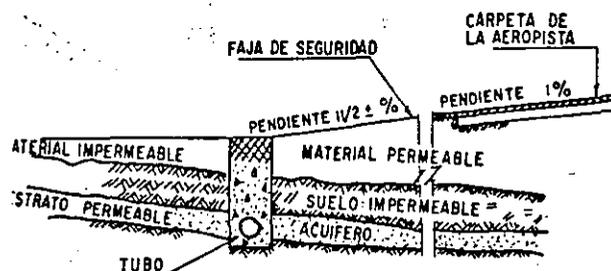


Figura VII-46. Subdrén interceptor.

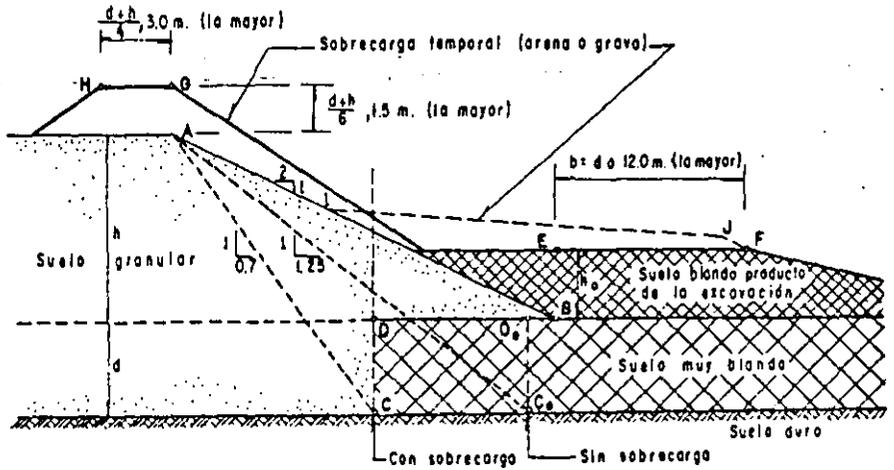


Figura III-13. Determinación del ancho mínimo de relleno para h/d , pequeña (Ref. 20).

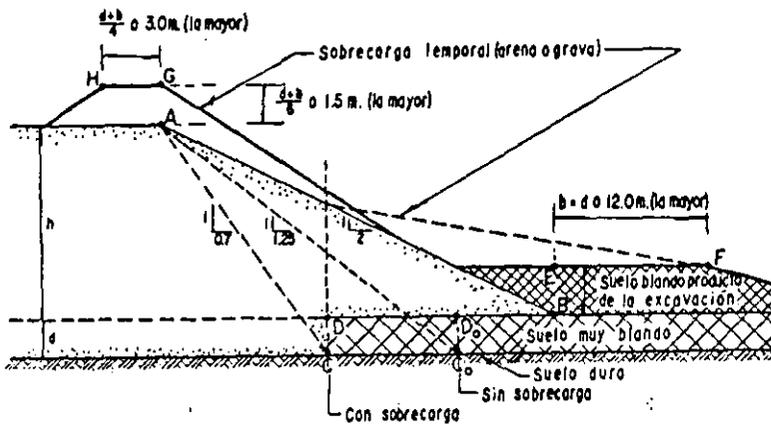


Figura III-14. Determinación del ancho mínimo de relleno para h/d , grande (Ref. 20).

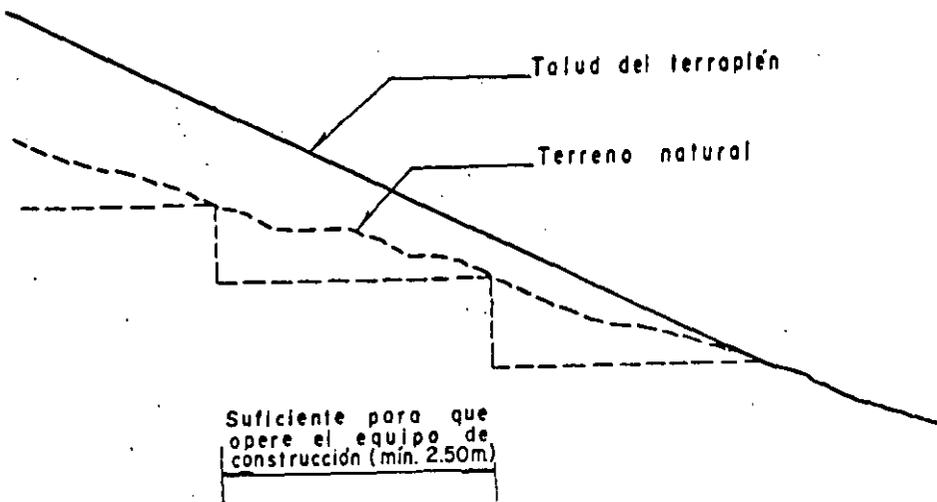


Figura III-15. Escalones de liga en laderas inclinadas.

TRABAJOS DE EXPLORACION

En las vías terrestres se utilizan esencialmente los mismos métodos de exploración y muestreo de suelos que son comunes a todos los campos de aplicación de la Mecánica de Suelos. Estos métodos pueden ser consultados en la diversa literatura existente sobre la materia; sin embargo, existen algunas ideas que expresan criterios generales y que es conveniente mencionar en lo que sigue.

Estudios geológicos y fotointerpretación

Los mapas geológicos constituyen una información básica invaluable para el proyecto de las vías terrestres. Con trabajo de campo o con fotointerpretación de pares estereoscópicos de aerofotografías pueden determinarse los tipos de formaciones de suelos y rocas, así como sus límites y secuencias, lo cual proporcionará la primera idea en relación con las propiedades mecánicas de los suelos existentes y la primera información sobre problemas de estabilidad en la zona en la que se proyecta la obra vial. Por los mismos procedimientos es posible definir las estructuras geológicas de interés, tales como fallas, trayectorias de juntas y fisuras, deslizamiento de tierras anteriores, etc.. Por lo tanto, un estudio geológico que incluya

un mapa geológico con suficiente detalle es, entonces, el primer paso obligado en el proyecto de una vía terrestre.

Las técnicas de fotointerpretación se han incorporado más y más al conjunto de estudios para proyecto que la mejor experiencia va viendo como obligatorios. Estas técnicas permiten acelerar notablemente la producción de información y ahorran un gran número de recorridos de campo. Los principales datos que es posible obtener de estudios de fotointerpretación son los siguientes:

- 1.- Características sociales y económicas de la zona por la que se desarrolla la vía terrestre.
- 2.- Topografía de la zona incluyendo facilidades de acceso.
- 3.- Datos climáticos y relacionados con el clima, tales como vegetación, humedad, etc.
- 4.- Factores hidrológicos, tales como corrientes importantes, longitud y localización de puentes y la configuración precisa del drenaje regional.
- 5.- Descripción general de rocas y suelos.
- 6.- Identificación de características geológicas de interés, tales como formaciones lacustres o pantanosas, formaciones inestables, lugares de erosión acentuada, falta o abundancia de materiales de construcción, posibles dificultades para realizar excavaciones, zonas de infiltración, llanuras de inundación, etc.
- 7.- Definición del uso de la tierra, de los tipos de cultivo, etc.

Los trabajos de fotointerpretación conviene realizarlos sobre fotografías a escalas crecientes en por lo menos dos y quizá en tres etapas de trabajo sucesivas (la escala 1:50000 es apropiada para la primera etapa y las escalas 1:25000 y 1:10000 son convenientes para afinaciones posteriores). Una vez completado el trabajo de fotointerpretación en cualquiera de las etapas de proyecto, será necesario verificar sus conclusiones en el campo. Completado este paso que debe incluir el señalamiento de referencias de campo, deberá rehacerse en lo necesario la fotointerpretación realizada, ratificando o rectificando las conclusiones obtenidas.

Un informe geológico para cualquiera de las etapas de proyecto debe incluir datos sobre los siguientes puntos, con el grado de detalle necesario según la etapa de proyecto que corresponda.

- 1.- Rocas. Clasificación petrográfica; descripción morfológica; grado de meteorización; clasificación y descripción de fracturas, grietas, fallas, etc.; espesor de materiales de cubrimiento no aprovechables para construcción; recomendaciones para la estabilidad de cortes y clasificación desde el punto de vista de su facilidad de trabajo, para fines de presupuesto.
- 2.- Suelos. Origen, espesor, compacidad, plasticidad y contenidos medios de agua y materia orgánica.

3.- Cruces. Deberán consignarse todas las características de interés en el momento en que la línea en estudio cruce cualquier cauce, indicando los materiales de depósito en el lugar, la velocidad estimada de la corriente, el gasto y elevación que alcance el agua, las tendencias de socavación o depósito, la estabilidad del propio cauce, y una indicación sobre la característica de la exploración detallada del subsuelo que se vaya a realizar para fines de análisis de la cimentación de la estructura necesaria para efectuar el cruzamiento.

Exploración directa en suelos y rocas

La exploración de suelo para fines de proyecto y construcción de vías terrestres constituye un de los capítulos en que existen menos criterios preestablecidos, para normar el juicio del ingeniero que ha de tomar decisiones en un caso particular. El rigor, en cada caso ha de planearse la exploración de un modo distinto, no sólo diferenciando una vía terrestre de otra, sino los diferentes tramos de cada una o las diversas zonas de cada tramo.

Existen cuatro tipos de problemas fundamentales que requieren de exploración de suelos en conexión con la construcción de vías terrestres.

Tabla III-4
Muestreo en Suelos

<i>Etapa de la exploración</i>	<i>Tipo de prueba que se puede realizar</i>	<i>Tipo de muestra</i>	<i>Cantidad o tamaño de la muestra</i>
Reconocimiento exploratorio	Clasificación visual Contenido de agua Límites de plasticidad	Representativa	Muestras de posteadora, barrenos o de penetrómetros. También de pozo a cielo abierto o zanja.
Exploración detallada	Límites de plasticidad Análisis granulométrico Peso específico relativo.	Representativa	Alrededor de 1 dm ³ Alrededor de 50 kg Alrededor de 1 dm ³
Pruebas menores	Contenido de agua Peso específico	Representativa, bien sellada	Suelen ser adecuadas muestras de 5 cm de diámetro, pero se usan con frecuencia algo mayores. En pozos a cielo abierto suelen extraerse muestras del orden de 30 cm de lado.
	Compresión simple Prueba directa de esfuerzo cortante	Inalterada	Para pruebas de esfuerzo cortante es deseable muestra de 10 cm de diámetro.
Exploración detallada	Permeabilidad Consolidación Compresión triaxial	Inalterada	Ocasionalmente muestras de 5 cm de diámetro, pero resultan más convenientes las de 10 y aun 15 cm de diámetro.
Pruebas mayores	Compresión múltiple; pruebas directas; pruebas especiales de esfuerzo cortante	Inalterada	Muestras de 10 cm de diámetro como mínimo; preferentemente de 15 cm de diámetro. En pozos a cielo abierto muestras cúbicas de 30 ó 40 cm de lado.

Materiales de construcción	Exploración	Análisis granulométrico Compactación y valor relativo de soporte Compresión triaxial Pruebas en agregados para concreto	Representativa natural o fabricada en laboratorio, de modo que sea representativa	50 a 100 kg como mínimo, pero a veces la serie completa de pruebas sobre un mismo material requiere 250 kg.
	Control de calidad	Peso específico seco Contenido de agua Valor relativo de soporte Compresión triaxial	Inalterada	Muestras de 5 a 10 cm de diámetro. En pozos de cielo abierto, muestras cúbicas de 30 cm de lado por lo menos. Muestras procedentes del molde VRS.
Agua	—	Análisis químico Análisis bacteriológico	Representativa	10 lt.
Corazones de roca	—	Inspección visual Pruebas mineralógicas Compresión, esfuerzo cortante, porosidad, permeabilidad al aire	Inalterada	Muestras de 2.2 cm a 2.9 cm (7/8" y 1 1/8", barras EX y AX, respectivamente). Preferible de 4.13 cm a 5.40 cm (1-5/8" a 2-1/8", barras BX y NX, respectivamente). En roca suave o muy fracturada convendrá llegar a muestra hasta 15 cm de diámetro.

- 1.- Análisis de estabilidad de cortes y terraplenes.
- 2.- Investigación de bancos de materiales.
- 3.- Estudios de cimentación para puentes y otras estructuras.
- 4.- Exploraciones con fines de control de calidad.

En la exploración directa para determinar las condiciones de estabilidad de cortes y terraplenes, en principio sería la necesaria que permitiese llegar a un completo conocimiento de las características mecánicas de los suelos involucrados, con ayuda de laboratorio.

Sin embargo, es prácticamente imposible el conocimiento detallado de las propiedades mecánicas en cada punto de una vía terrestre, por lo menos en el grado de aproximación suficiente como para permitir un proyecto basado en métodos teóricos en cada corte o terraplén. Las razones de lo anterior son principalmente de orden práctico. Desde este punto de vista, las vías terrestres son obras en que cualquier estudio que se proponga para un metro lineal, aún cuando parezca sencillo y económico, corre el riesgo de convertirse en utópico cuando se le aplique el multiplicador constituido por todos los metros lineales de la estructura; en esto se diferencian de obras como la cimentación de una edificación o la presa de tierra, en las que es posible aceptar una concentración de estudios mucho más alta sin ir contra la economía o el sentido común.

Por otra parte, conviene insistir en que un tratamiento demasiado teorizante de los problemas de estabilidad de una obra vial pueda también fácilmente convertirse en estéril, en el sentido de que un desmedido aumento en el monto del estudio efectuado no corresponda un aumento proporcional en el conocimiento y en la seguridad obtenidos. La razón de ésto es doble; por un lado, existen las incertidumbres inherentes a cualquier teoría que se utilice, que son relativamente independientes del conocimiento que se llegue a tener de los materiales a que dicha teoría se aplique; en segundo lugar ningún estudio de campo, por completo que sea dentro de los límites de lo posible, evita que sea burda la información que a final de cuentas se tenga, sobre todo por problemas de variabilidad de punto a punto que son típicos de las vías terrestres y también por dificultades de obtención de muestras e interpretación de resultados.

Como consecuencia de lo anterior, los criterios para el proyecto de inclinación de cortes y terraplenes se basa en mucho en seguir las indicaciones de los ingenieros encargados de los estudios de campo para el proyecto de la obra vial, quienes proporcionan las recomendaciones correspondientes, con fundamento en su experiencia anterior y en el conocimiento general de los materiales involucrados. Debe destacarse, sin embargo, que las ideas anteriores se aplican a la obra vial como un conjunto, pero no excluyen la necesidad que plantean

algunos cortes y terraplenes especiales de estudios teóricos realizados con todo detalle, respaldados por la exploración directa necesaria y por el empleo de laboratorio hasta donde sea preciso.

En definitiva, ha de dejarse al criterio de un ingeniero de campo, auxiliado por métodos de exploración y estudios someros y rápidos, la recomendación final sobre la inclinación de todos los cortes y terraplenes que no merezcan un tratamiento especial. La exploración somera para respaldar las recomendaciones generales de estabilidad a las que se ha hecho referencia, consistirá básicamente en la ejecución de pozos a cielo abierto, sondeos con posteadora, barrenos helicoidales u otros métodos análogos de exploración preliminar. La profundidad de exploración debe ser tal que se supere el espesor de los suelos meteorizados superficiales y se llegue a los materiales de que dependerán a fin de cuentas las condiciones de estabilidad; en la práctica estos requerimientos se cumplen generalmente explorando profundidades del orden de 2.0 m ó 2.50 m, aún cuando profundidades algo mayores suelen quedar dentro de las posibilidades económicas. Naturalmente que el pozo a cielo abierto constituye el mejor método que se puede emplear. En ocasiones, la inspección de pozos existentes, cortes naturales, zanjas, etc., proporciona excelente complemento a estos métodos de exploración somera.

El espaciamiento de los puntos que se exploren con estos métodos sencillos no puede ser objeto de ninguna regla y ha de ser fijado en cada caso por el ingeniero encargado de los estudios geotécnicos, nuevamente auxiliado por el geólogo. Muchas instituciones fijan un espaciamiento mínimo que se debe respetar y frecuentemente se menciona para tal fin la distancia de 500 m. Huelga decir que se trata de normas arbitrarias, con mayor apoyo en la costumbre que en la técnica escrita.

En los cortes o terraplenes en que por su altura, riesgos implicados en la falla, materiales involucrados o cualquier otra razón valedera, se considere necesario realizar un estudio especial de detalle, los métodos exploratorios serán los comunes a todos los campos de la Mecánica de Suelos o de Rocas.

Casos especiales serán siempre los túneles y los terrenos blandos y comprensibles sobre los que haya de construirse terraplenes. En el primer caso deberá obtenerse una información muy completa sobre los materiales en los que se excavará el túnel. Esta por lo común se obtiene por una combinación de estudios geofísicos y sondeos con máquina rotaria que cubran ampliamente todo el espesor de cobertura. En el caso de suelos blandos las exploraciones son las usuales

en la técnica de cimentaciones, incluyendo la necesidad de obtener muestras inalteradas para pruebas triaxiales y de consolidación.

Los estudios de cimentación para puentes y otras estructuras que requieran trabajos de exploración se fundamentan en los mismos datos y tipos de información que son comunes a todos los campos de Mecánica de Suelos, por lo que exploración y muestreo serán también los conocidos en esa materia.

En el caso de puentes, son muy populares los métodos exploratorios a base del uso de penetrómetros. Por ejemplo, la prueba de penetración estándar (SPT) ha probado muy extensamente su popularidad y utilidad en este tipo de trabajos. Los penetrómetros cónicos, estáticos o dinámicos se usan también con mucha frecuencia.

Una regla práctica común es cubrir la sección transversal del cauce con sondeos espaciados a 20 ó 25 m, lo que quizá es un buen margen si no existen circunstancias especiales; en cauces muy anchos o en los que se sepa que existen condiciones muy homogéneas, los espaciamientos anteriores podrán ampliarse un poco.

En general conviene que los trabajos de perforación estén al cuidado de ingenieros responsables, para poder establecer en

cada caso las profundidades de exploración según criterios razonables. Naturalmente, la cimentación más barata es la superficial, por lo que si los suelos explorados y muestreados en los primeros metros son aceptables desde el punto de vista de resistencia, comprensibilidad y permeabilidad, no será preciso alcanzar grandes profundidades de exploración. Pero al pensar en una cimentación superficial en puentes, el ingeniero no deberá olvidar dos aspectos característicos de estos problemas: la socavación y la posibilidad de inundación de las excavaciones.

Cuando la naturaleza del terreno detectado obliga a pensar en cimentaciones profundas, la exploración deberá cubrir toda la profundidad involucrada, incluyendo un espesor suficiente del estrato resistente.

La profundidad significativa, o sea aquella que es afectada por la cimentación abajo del nivel en que se aplican las cargas, puede determinarse razonablemente con el criterio de que es aquella en la cual los esfuerzos aplicados al suelo por el cimiento se reducen a un 10% del valor prevaleciente en la profundidad de desplante; esta profundidad deberá explorarse sistemáticamente, excepto en formaciones rocosas sanas.

Mención especial merecen los estudios para determinar las condiciones de cimentación de alcantarillas y otras obras de

arte, cuyo número suele ser tan grande que desafía ya la posibilidad práctica de un estudio de exploración detallado para cada caso. Estos problemas suelen resolverse igualmente utilizando el criterio del ingeniero especialista, auxiliado por métodos exploratorios elementales.

Exploración indirecta (Métodos geofísicos)

La geofísica es una ciencia que generalmente permite relacionar parámetros físicos del subsuelo puestos en evidencia por la geología superficial o no, y establecer las características geológicas del espesor estudiado; a veces permite explicar y comprobar algunas de las teorías sobre la constitución del globo terrestre, un fenómeno que se pueda medir en la superficie y que se correlacione de una manera u otra con la estructura subterránea puede ser la base de un método geofísico de prospección.

En las vías terrestres, tales métodos de exploración pueden rendir excelentes frutos por su capacidad para explorar grandes extensiones a un costo relativamente bajo y con una precisión que con mucha frecuencia resulta suficiente. Los métodos que más se utilizan en la actualidad son los siguientes:

-
- 1.- Magnético
 - 2.- Gravimétrico
 - 3.- Radiactivo
 - 4.- Geotérmico
 - 5.- Sísmico
 - 6.- Eléctrico

De estos métodos, los dos últimos son los mucho más usados en las tecnologías conectadas con el proyecto y la construcción de las obras viales.

Método sísmico

El método sísmico se basa en las diferencias de velocidad de propagación de las ondas elásticas en medios de constitución diferente. Por lo general los diferentes minerales tienen densidades y pesos específicos bastante parecidos; en cambio los módulos elásticos son muy distintos; la velocidad de propagación de las ondas elásticas depende mucho del módulo de elasticidad y se correlacionan con él en forma bastante confiable, por lo que las medidas de propagación pueden poner en evidencia cambios en la naturaleza de los materiales y las estratificaciones.

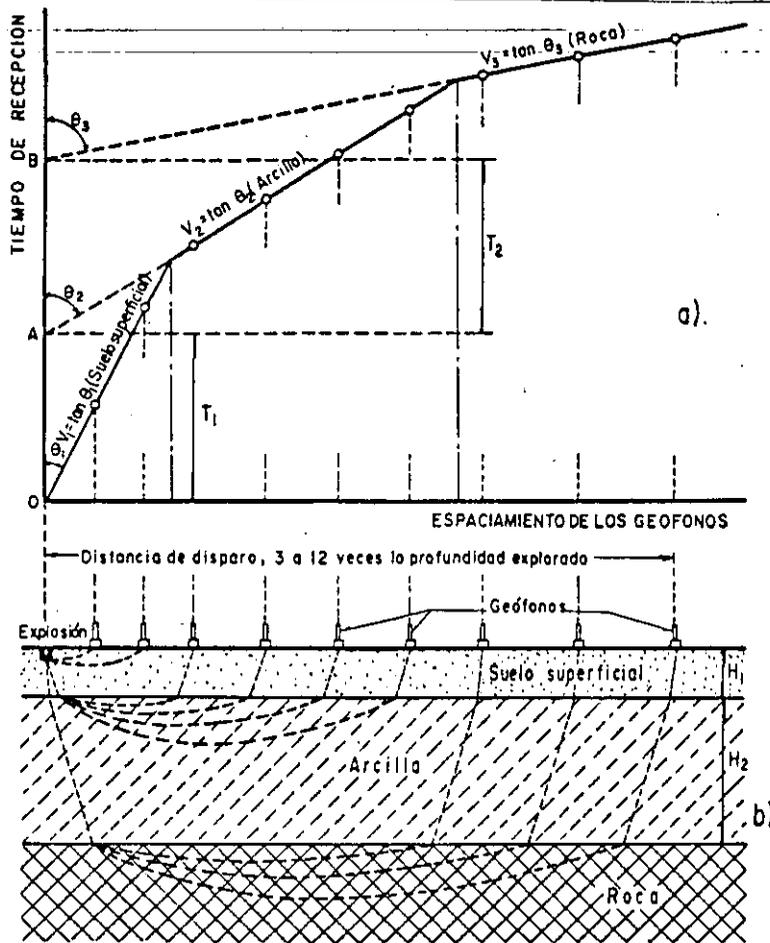


Figura III-16. Método sísmico por refracción.

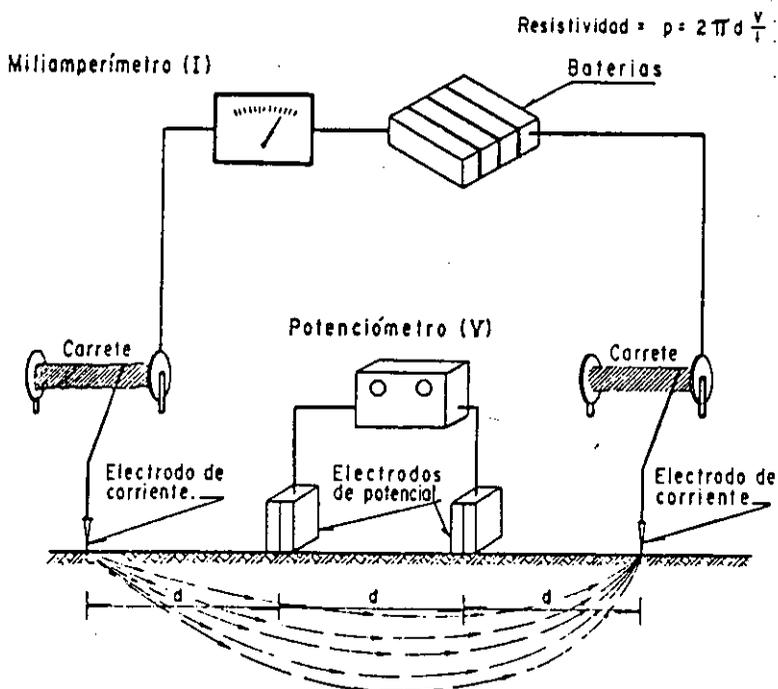


Figura III-17. Esquema del dispositivo para exploración geofísica por el método de resistividad eléctrica.

En las aplicaciones del método sísmico se provocan las ondas elásticas por medios artificiales, tales como impactos o explosiones. Las vibraciones que trasmite el suelo se recogen en aparatos sensibles capaces de registrarlas e inscribirlas, llamados sismógrafos o geófonos. Si se coloca varios de éstos a diferentes distancias de la perturbación se podrán medir los distintos tiempos de llegada; los geófonos están separados a distancias que oscilan entre 15 y 30 m y como en estas distancias cortas la velocidad puede suponerse constante, la curva Tiempo de Llegada-Distancia de los geófonos al centro de la perturbación, serán líneas rectas.

El método sísmico se aplica de dos maneras distintas:

- 1.- Por reflexión
- 2.- Por refracción

El método sísmico por reflexión mide el tiempo que invierte una onda en hacer el trayecto entre el origen de las oscilaciones y el geófono, después de reflejarse en una superficie de contacto entre dos formaciones de naturaleza distinta. Los aparatos empleados son complejos y dicha complejidad se debe a la necesidad de registrar la onda de regreso cuando la superficie del suelo aún está en movimiento. El método sísmico por reflexión figura entre los que rinden resultados más precisos, por lo que es muy utilizado en prospección petrolífera, pero por

su complicación se usa muy poco en para resolver problemas de ingeniería civil.

El método sísmico por refracción se basa en el hecho de que una onda elástica que atraviesa una frontera entre materiales diferentes se refracta hacia el plano de dicha frontera cuando entra a un material que trasmite la onda con velocidad mayor que la que tenía en el medio original, y se refracta hacia un plano perpendicular a la frontera cuando la velocidad de propagación es menor en el material a la que entra que la que tenía en el medio por el que se venía propagando. Los geófonos se colocan a distancias variables del punto de explosión, generalmente alineados respecto a dicho punto. La distancia desde el punto de explosión hasta el geófono más alejado debe ser de 3 a 12 veces la profundidad que se desee explorar.

Sólo se utiliza el tiempo en que llega a cada geófono el impulso inicial. Los geófonos más próximos a la explosión reciben ondas transmitidas sólo a través de la capa de cobertura superficial; los intermedios las reciben refractadas a través de la frontera superior de la arcilla y devueltas a la superficie, en tanto que los geófonos más alejados reciben ondas que se han refractado en la frontera inferior de la arcilla con la roca.

Velocidad de propagación de ondas elásticas en suelos y rocas.

Material	Condición	Velocidad (km/seg)	Arabilidad
SUELOS			
Limos y arenas	Compactos	0.4-0.7	Arable
	Sueltos	0.2-0.4	Arable
Arcillas	Dura	0.6-1.0	Arable
	Blanda	0.2-0.3	Arable
Bolcos y gravas	—	0.2-0.4	Arable
ROCAS IGNEAS			
Granito	Sano	4.5-6.0	Explosivos
	Poco fracturado	1.5-4.5	Explosivos
	Muy fracturado	0.7-1.8	Explosivos
	Alterado	0.4-1.0	Explosivos o Intermedio
Riolita y andesita	Poco fracturadas	3.8-5.0	Explosivos
	Muy fracturadas	1.5-3.8	Explosivos
	Alteradas	0.9-1.5	Arable
Basaltos	Sanos	5.0-6.0	Explosivos
	Poco fracturados	1.4-5.0	Explosivos
	Muy fracturados	0.7-1.4	Explosivos
	Alterados	0.5-0.7	Intermedio o arable
Tobas	Sanas	1.4-1.8	Intermedio
	Poco fracturadas	1.2-1.6	Intermedio
	Muy fracturadas	0.4-1.2	Arable
	Alteradas	0.3-0.7	Arable
ROCAS SEDIMENTARIAS Y METAMORFICAS			
Calizas	—	1.5-4.0	Explosivos
Arenisca	—	0.6-2.5	Arable hasta 0.8 km/s, aproximadamente; después requiere explosivos
Aglomerados	—	0.2-0.9	Arable
Conglomerados	—	1.0-3.0	Generalmente explosivos
Lutita	Dura	1.2-4.0	Explosivos
	Blanda	0.6-1.4	Arable

El método de refracción sísmica sólo se puede usar cuando la velocidad de propagación de las ondas va creciendo en los estratos sucesivamente más profundos; no puede determinarse la presencia de un estrato en que se propaguen las ondas a menor velocidad que en los suprayacentes. A veces se presentan complicaciones en depósitos sueltos en los que la velocidad de transmisión aumenta gradualmente con la profundidad; la trayectoria de los primeros impulsos y las gráficas tiempo-distancia son entonces curvas, lo que dificulta determinar las velocidades de propagación y los espesores de los estratos no uniformes. En estratos inclinados únicamente se pueden determinar espesores promedio, que pueden afinarse invirtiendo las posiciones de los geófonos y del punto de explosión.

Método eléctrico

El método eléctrico está basado en las diferencias de conductividad eléctrica que presentan los materiales en el subsuelo, las cuales son bastante fielmente correlacionables con otras características geológicas y mecánicas. La resistividad de las rocas ígneas sanas es mucho mayor que la de los suelos saturados sueltos; sin embargo, algunos depósitos sedimentarios secos pueden tener resistividades bastante altas. En general, la resistividad depende

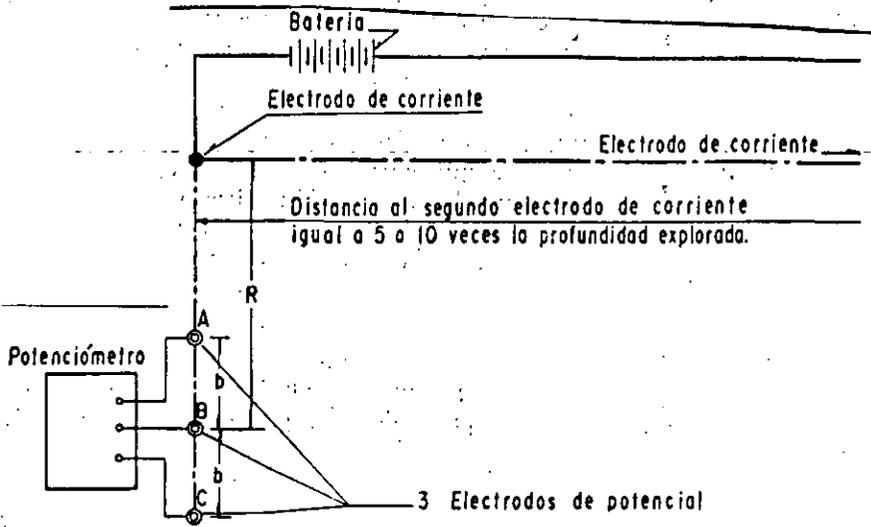


Figura III-18. Método eléctrico de la caída de potencial (Ref. 48).

TABLA III-6
Resistividades eléctricas de los suelos y rocas más comunes

Resistividad; ρ , en oh.m.

ROCAS Y FLUIDOS	10^{-1}	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6
Arellitas								
Arenas secas								
Arenas saturadas de agua dulce								
Arenas saturadas de agua salobre								
Arenas saturadas de agua salada								
Lodo de perforación								
Agua potable								
Peñones, gravas y arenas secas								
Peñones, gravas y arenas saturadas								
Micoesquistos grafitosos								
Micoesquistos cuaríticos o calcáreos								
Areniscas macizas								
Areniscas porosas								
Caliza maciza								
Caliza porosa								
Granito macizo								
Granito meteorizado								
Gneis macizo								
Lutitas								
Anhidrita								
Sal								

[Según M. Méndez Arocha]

principalmente de la cantidad y salinidad del agua contenida en el subsuelo y, en menor grado, de la composición mineralógica de los suelos y de las rocas.

Existen dos variantes principales de los métodos geofísicos eléctricos: el de resistividad propiamente dicho y el de caída de potencial.

El método de resistividad consiste en producir un campo eléctrico en el terreno por medio de dos electrodos de corriente.

Midiendo la corriente y la diferencia de tensión entre dos electrodos de potencial puede medirse la resistividad en un punto situado entre los electrodos de potencial y a una profundidad igual a la distancia entre éstos. Si se dibuja la resistividad contra el espaciamiento entre los electrodos de potencial pueden adquirirse indicaciones preliminares sobre la naturaleza del subsuelo; la evaluación detallada de aquélla es mucho más complicada y ha de ser realizada por especialistas en la aplicación del método. En el diagrama simple que hemos mencionado, aparecen generalmente cambios bruscos en la curvatura cuando el espaciamiento entre los electrodos alcanza un valor igual a la profundidad en que exista un depósito con resistividad diferente de la del material suprayacente.

En el método de la caída de potencial se colocan los electrodos de corriente muy alejados (5 ó 10 veces la profundidad que se desea explorar) y se hacen las medidas cerca de uno de tales electrodos. Generalmente se usan tres electrodos de potencial alineados al electrodo de corriente y se mide la caída de potencial entre ellos. La distancia R (entre el electrodo de potencial central y el electrodo de corriente) se va variando, en tanto se mantiene constante el valor de b , (espaciamiento entre los electrodos de potencial, generalmente del orden de $R/3$).

Se dibuja la relación entre las caídas de potencial medidas y el valor de R ; un cambio brusco de curvatura en ese diagrama indica la presencia de un suelo cuya resistividad difiere de la suprayacente; naturalmente que los resultados deberán ser interpretados por un especialista.

Este método da resultados aceptables sobre estratos inclinados y, en ciertos casos, es más preciso que el de resistividad eléctrica, pero produce información menos diferenciada en casos de estratificación horizontal, que es la más frecuente, de tal manera que el método de resistividad eléctrica suele preferirse para fines de ingeniería civil y exploración conectada con las vías terrestres.

Ninguno de los métodos geofísicos señalados con anterioridad pueden utilizarse solos y en la gran mayoría de los casos todos necesitan verificarse y correlacionarse con los resultados de exploración directa por medio de sondeos.

En vías terrestres sus máximos servicios tienen lugar en túneles, grandes cortes y búsqueda de agua. Las propias características de los métodos geofísicos en uso señalan sus respectivos campos de aplicabilidad óptima. Puesto que la resistividad es muy sensible al agua contenida en los vacíos, este método será muy apropiado para estudiar condiciones de porosidad o permeabilidad. Las condiciones estructurales de una formación se describen mejor en relación al módulo estático de deformación de la misma, obtenible por el método sísmico en función de las velocidades de propagación de las ondas longitudinales y transversales, por lo que los métodos sísmicos son los más idóneos cuando se requiere conocer las condiciones mecánicas de las formaciones. El método sísmico y el eléctrico proporcionan con bastante precisión las fronteras entre diferentes estratos, si bien la exactitud del método eléctrico es superior, a parte de no tener este último los inconvenientes ya mencionados que aparecen cuando estratos blandos subyacen a estratos duros. Se dice que el mejor método geofísico sería aquel que determinara las fronteras de estratificación por el método eléctrico y las características mecánicas de las formaciones por el método sísmico.

BANCOS DE MATERIALES

Uno de los costos más importantes en la construcción y mantenimiento de las vías terrestres corresponde a los materiales, roca, grava, arena, y otros suelos, por lo que su localización y selección se convierten en uno de los problemas básicos del proyectista y constructor. La experiencia diaria enseña que, si se da a estas tareas la debida importancia, podrán localizarse depósitos de materiales apropiados cerca del lugar de su utilización, abatiendo los costos de transportación, que suelen ser de los más que afectan a los totales; otras veces se logrará obtener materiales utilizables en zonas que antes dependían de otras más alejadas en este aspecto.

Las instituciones que se dedican al proyecto y a la construcción de las vías terrestres cada vez están más conscientes que es necesario contar con un inventario de estos depósitos, que día con día se actualice con la información obtenida de los nuevos proyectos y así tener el inventario completo de disponibilidad de materiales en cada zona cruzada por una vía terrestre.

Durante muchos años la detección de bancos de materiales dependió de métodos exploratorios comunes, desde la simple

observación sobre el terreno, hasta el empleo de pozos a cielo abierto, posteadoras, barrenos y aún perforadoras. En épocas más recientes, los estudios geofísicos, de gran potencialidad en estas cuestiones, han venido a sumarse a la técnica disponible, ahorrando mucho tiempo y esfuerzo humano y mucha exploración tradicional.

Cuando hablamos de bancos de materiales, lo hacemos en la inteligencia de que mucho de lo que de ellos se diga, será aplicable tanto a depósitos específicos, préstamos laterales, y aún a los materiales que se obtengan por compensación longitudinal o transversal en un movimiento de tierras. Será necesario establecer la distinción entre los bancos de roca y los bancos de suelo. La transición entre los dos materiales genéricos es, en este caso, todavía más difícil establecer con precisión. La roca puede presentarse con muy diversos grados de alteración o el material que se encuentre puede ser mixto, en el sentido de contener tanto formaciones rocosas como auténticos suelos.

Un punto fundamental en la determinación de los bancos de materiales es la valuación de las rocas o de los suelos contenidos, la que suele ser muy difícil de establecer en forma cuantitativa. En lo que se refiere a las rocas, dos puntos principales deben merecer atención. El primero se refiere a los cambios físicos que la roca puede sufrir por fragmentación

durante su extracción, por manejo o durante su colocación; el segundo a la alteración físico-química que pueda tener lugar durante la vida útil de la obra. Estos mismos factores han de ser considerados cuando se trate de suelos, pero revisten mayor importancia en las rocas, pues los suelos seguramente han sufrido ya sus transformaciones físico-químicas importantes durante su proceso anterior de descomposición, que les dio existencia a partir de la roca madre.

La tabla que se presenta a continuación, puede servir para proporcionar una valuación preliminar de las diferentes clases de rocas, en cuanto a sus características como materiales de construcción; un buen diagnóstico definitivo, sin embargo, depende de tantos factores específicos que no es posible aspirar a emitirlo en ningún caso particular sólo con base en la información contenida en esta tabla. Cada caso requiere la realización de pruebas de campo y de laboratorio sobre las rocas y suelos que forman el banco en estudio. La evaluación preliminar de los suelos se hace sobre todo con base en la experiencia precedente; la clasificación en el Sistema Unificado ayuda en todos los casos, pues este sistema lleva aparejado el encasillamiento a un grupo determinado, todo un conjunto de índices de comportamiento. La valuación en detalle de los suelos constitutivos de un banco ha de hacerse con base en pruebas de laboratorio.

Localización de bancos

Pocos aspectos prácticos son tan importantes en la realización de una vía terrestre y, a la vez, resultan más elusivos para un tratamiento general, que el que se refiere al desarrollo de criterios y técnicas para la localización de bancos de materiales. En este caso la expresión "bancos de materiales" debe ser tomada en un sentido más general y puede referirse a los cortes de donde se construirá un terraplén o un balcón en un método de compensación longitudinal o transversal, a los materiales del terreno natural de donde se extraerá un préstamo lateral o la de un depósito externo propiamente dicho.

Localizar un banco de materiales es más que descubrir un lugar en donde exista un volumen alcanzable y explotable de suelos o rocas que pueda emplearse en la construcción de una determinada parte de una vía terrestre, satisfaciendo las especificaciones de calidad de la institución constructora y los requerimientos de volumen del caso. El problema tiene otras muchas implicaciones. Ha de garantizarse que los bancos elegidos son los mejores entre todos los disponibles en varios aspectos que se interrelacionan. En primer lugar, en lo que se refiere a la calidad de los materiales extraíbles, juzgada en

relación estrecha con el uso a que se dedicarán. En segundo lugar, tienen que ser los más fácilmente accesibles y los que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes y menos costosos. En tercer lugar, tienen que ser los que produzcan las mínimas distancias de acarreo de los materiales a la obra, renglón éste cuya repercusión en los costos es de las más importantes. En cuarto lugar, tienen que ser los que conduzcan a los procedimientos constructivos más sencillos y económicos durante su tendido y colocación final en la obra, requiriendo mínimos tratamientos. En quinto lugar, pero no el menos importante, los bancos de materiales deben estar localizados de tal manera que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil o lenta solución y que no perjudiquen a los habitantes de la región, produciendo injusticias sociales.

La búsqueda y localización de bancos de materiales puede hacerse principalmente por fotointerpretación o por reconocimientos terrestres directos; estos últimos pueden auxiliarse, a su vez, por la fotointerpretación o por métodos de prospección geofísica.

Algunas características de calidad de los materiales

Comúnmente, en nuestro tema, es necesario localizar bancos para terracerías, capa subrasante, sub-balasto y balasto.

Los bancos para terracerías en general abundan y son fáciles de localizar, pues para ese fin sirven casi todos los materiales que sean económicamente explotables; las excepciones ya las hemos comentado y que son los suelos MH, CH y OH, con límite líquido mayor que 100% y suelos Pt. Los bancos de terracerías conviene fijarlos no demasiado espaciados, para no dar lugar a distancias de acarreo excesivas; la separación óptima está en la mayoría de los casos de la práctica, allá donde se alcance el equilibrio de costos entre el acarreo, por un lado y el costo del despalme y preparación del banco por otro. Las distancias que resultan no suelen exceder de 5 km entre banco y banco, aunque podrá haber casos especiales en que las distancias sean mucho mayores, sobre todo en el caso de zonas agrícolas, en que los costos de afectación son mucho mayores.

En lo que se refiere a la capa subrasante, los materiales que se utilizan nunca pueden ser demasiado buenos, de manera que la contribución de la capa usualmente es más en el espesor que la calidad, pero es incuestionable que si se logra una alta calidad en el material de la capa subrasante, podrán tenerse los más importantes ahorros en los espesores de las capas de la superestructura de la vía. En muchos países, la subrasante no se construye con un material diferente al de la terracería y se distingue de éste sólo por un mejor tratamiento de compactación. Esta es una opción conveniente, sin duda,

cuando el material de la terracería es suficientemente bueno, pero si no lo es, la experiencia mexicana parece indicar que es sistemáticamente económica y conveniente buscar un mejor material y acarrearlo desde un banco apropiado.

Pocas reglas generales pueden darse respecto al espesor que convenga dar a la capa subrasante, como quiera que se construya. La Secretaria de Comunicaciones y Transportes ha establecido para sus diferentes tipos de obras viales espesores que van desde 30 cm hasta 50 cm y, en casos especiales llega a un espesor mayor, para el caso de ferrocarriles, el espesor mínimo fijado es de 30 cm y el máximo de 50 cm.

En cuanto a calidad de los materiales que se utilicen en esta capa, se establece también, que el material no debe contener partículas mayores de 7.6 cm (3"); se eliminan los suelos finos (MH, CH) cuyo límite líquido sea mayor del 100% y todos los suelos orgánicos con límite líquido mayor de 50%. Se especifica también, grados de compactación mínimos de 95% de su Peso Volumétrico Seco Máximo (P.V.S.M), respecto a los estándares en uso por la Institución. Exige, finalmente, un Valor Relativo de Soporte (V.R.S) mínimo de 10%, con el material en condición saturada.

Los materiales para la capa de sub-balasto son suelos o rocas alteradas procedentes de depósitos naturales, generalmente

sin ningún tratamiento previo a su utilización. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes establece con respecto a las normas de calidad que los materiales para sub-balasto deben cumplir con una granulometría comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3, de la gráfica que se presenta a continuación, preferentemente entre las zonas 2 y 3. De contracción lineal, 6% máximo; de Valor Relativo de Soporte, 30% mínimo; de Valor Cementante, 4.5 kg/cm² mínimo; y de Equivalente de Arena, 20%.

Los materiales que se utilicen como balasto, la misma institución requiere que se cumpla con lo siguiente:

Con respecto a granulometría, de acuerdo con el tamaño máximo, el material deberá cumplir con alguna composición granulométrica de las que se presentan a continuación:

Balasto tipo 1

Malla	% en peso que pasa
76.1 mm (3")	100
64.0 mm (2 1/2")	90 - 100
38.1 mm (1 1/2")	25 - 60
19.0 mm (3/4")	0 - 10

Balasto tipo 2

Malla	% en peso que pasa
64.0 mm (2 1/2")	100
50.8 mm (2")	95 -100
38.1 mm (1 1/2")	35 - 70
25.4 mm (1")	0 - 15
12.7 mm (1/2")	0 - 5

Balasto tipo 3

Malla	% en peso que pasa
50.8 mm (2")	100
38.1 mm (1 1/2")	90 -100
25.4 mm (1")	20 - 55
19.0 mm (3/4")	0 - 15
9.51 mm (3/8")	0 - 5

Balasto tipo 4

Malla	% en peso que pasa
38.1 mm (1 1/2")	100
25.4 mm (1")	90 -100
19.0 mm (3/4")	40 - 75
12.7 mm (1/2")	15 - 35
9.51 mm (3/8")	0 - 15
Núm. 4	0 - 5

Balasto tipo 5

Malla	% en peso que pasa
38.1 mm (1 1/2")	100
25.4 mm (1")	95 -100
12.7 mm (1/2")	25 - 60
Núm. 4	0 - 10
Núm. 8	0 - 5

Las partículas que pasen la malla núm. 4, deberán tener un equivalente de arena no menor de 80%.

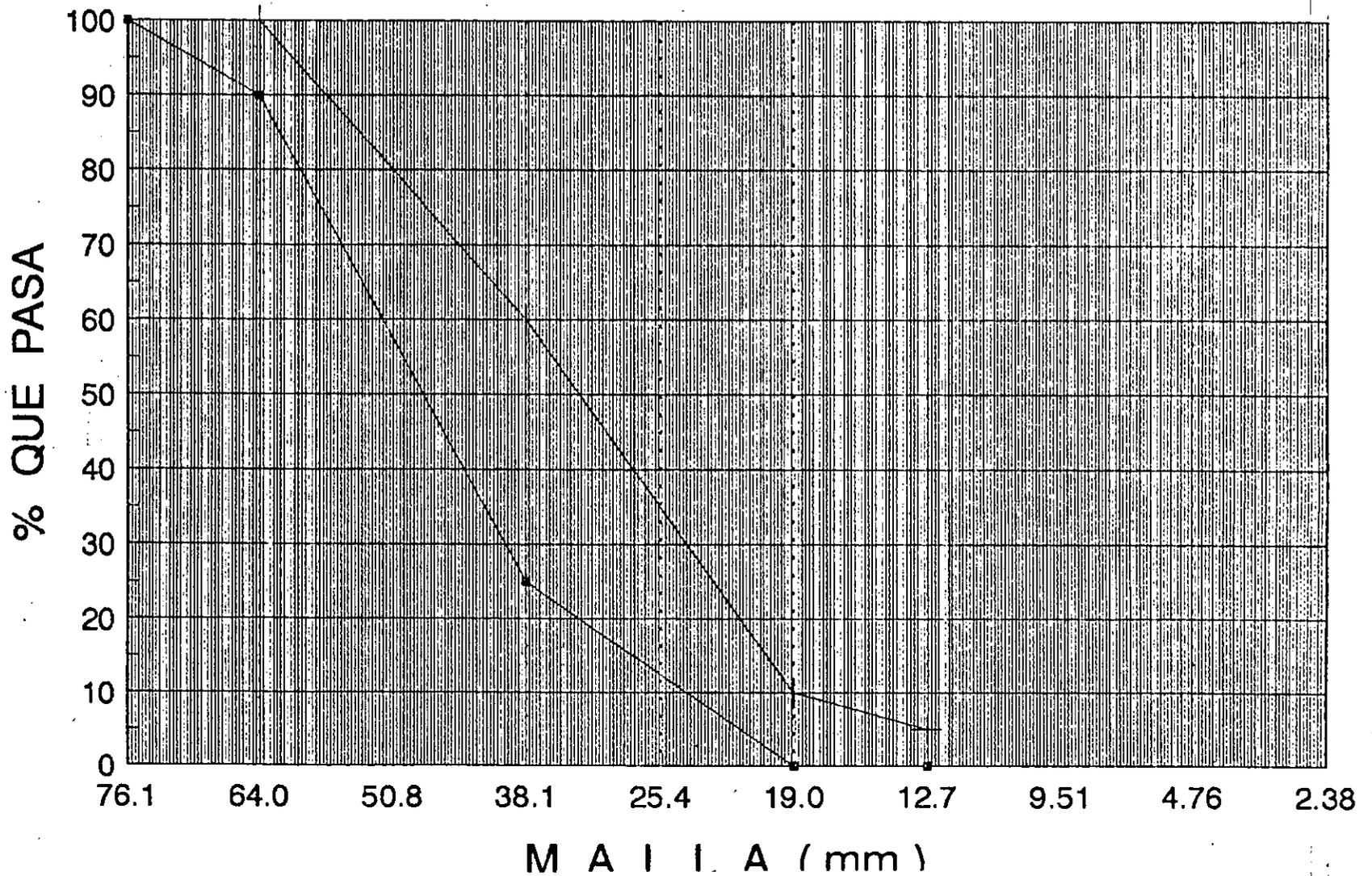
De peso, el material pétreo ligero o la escoria de alto horno, deberá tener un peso volumétrico de cuando menos 1100 Kg/m³.

De desgaste Los Angeles 40% máximo; de índice de durabilidad, 35%; de intemperismo acelerado, 10% máximo y de forma de las partículas, el material deberá contener el 60% en peso, mínimo de partículas angulosas o trituradas dentro del material aprovechable.

ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA

BALASTO TIPO 1

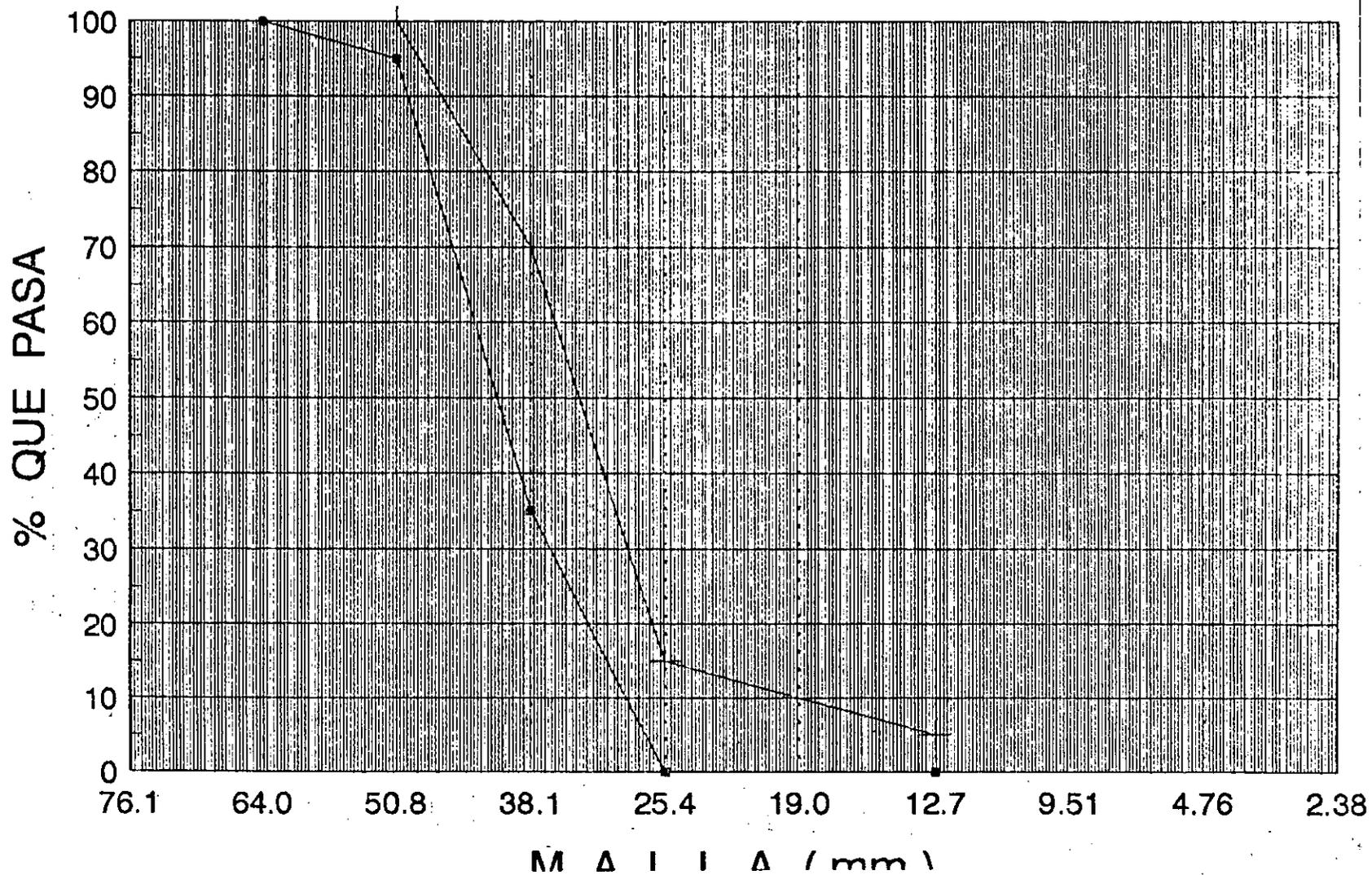
S.C.T.



ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA

BALASTO TIPO 2

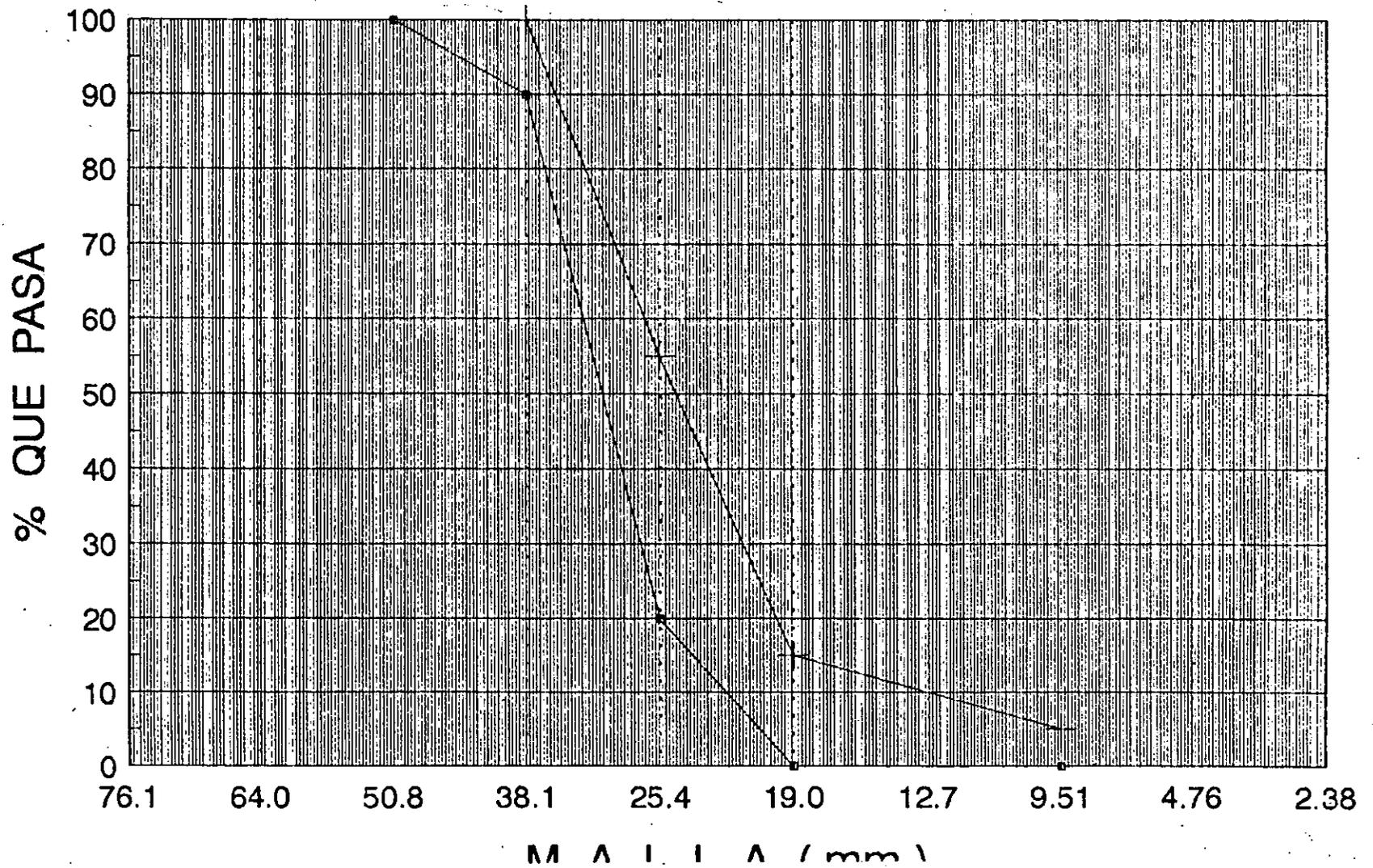
S.C.T.



ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA

BALASTO TIPO 3

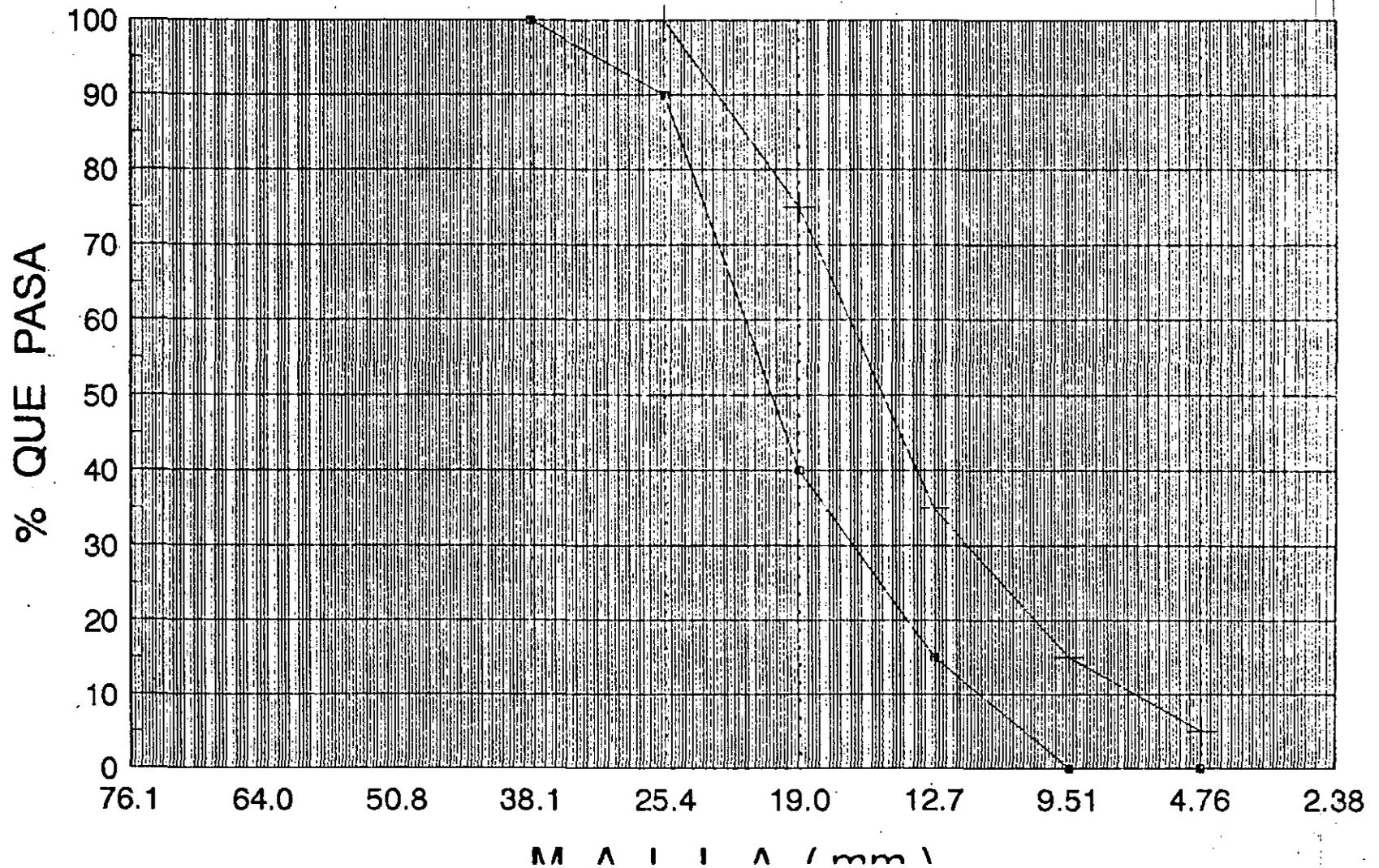
S.C.T.



ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA

BALASTO TIPO 4

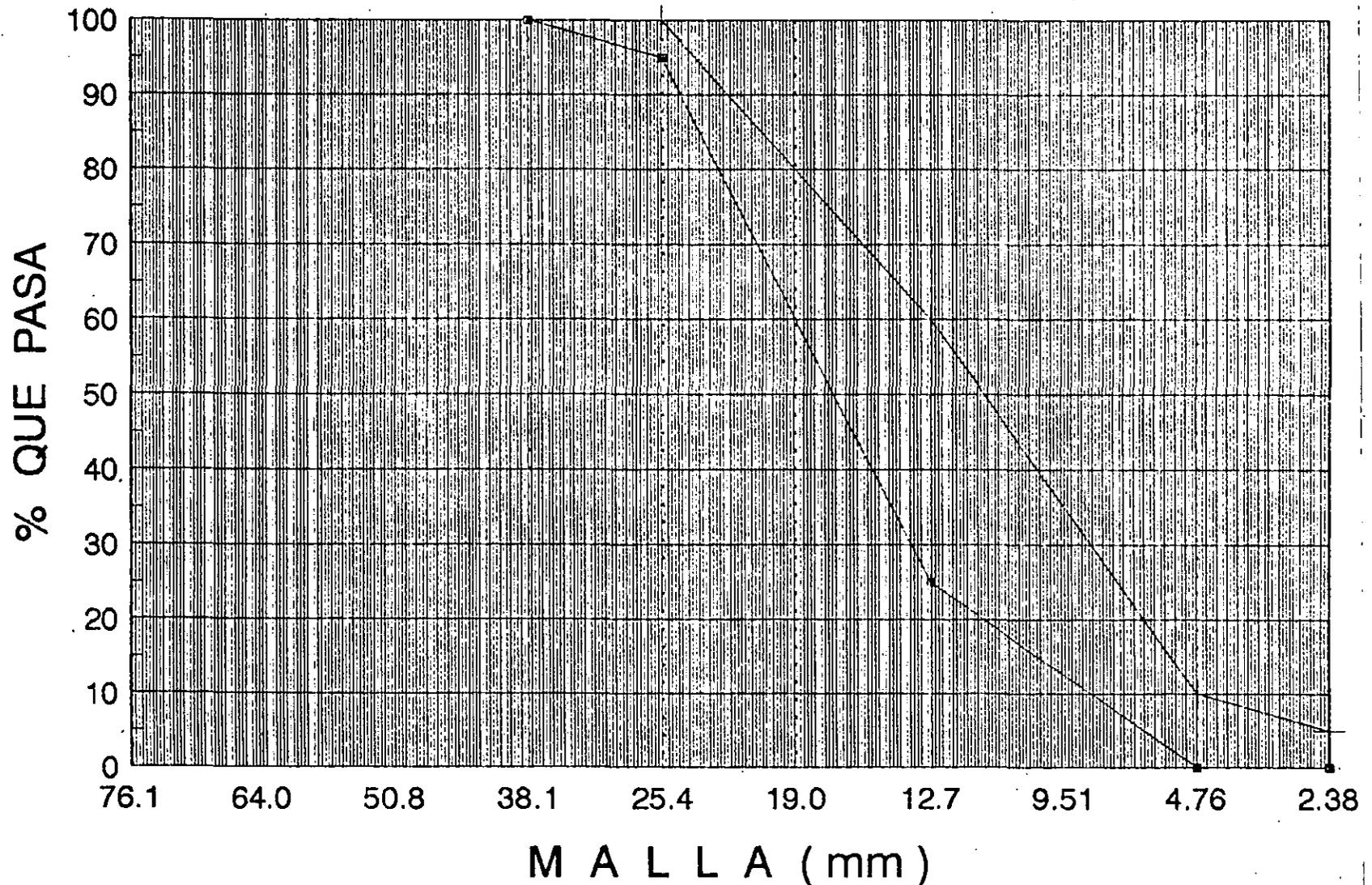
S.C.T.



ZONA DE ESPECIFICACION GRANULOMETRICA

BALASTO TIPO 5

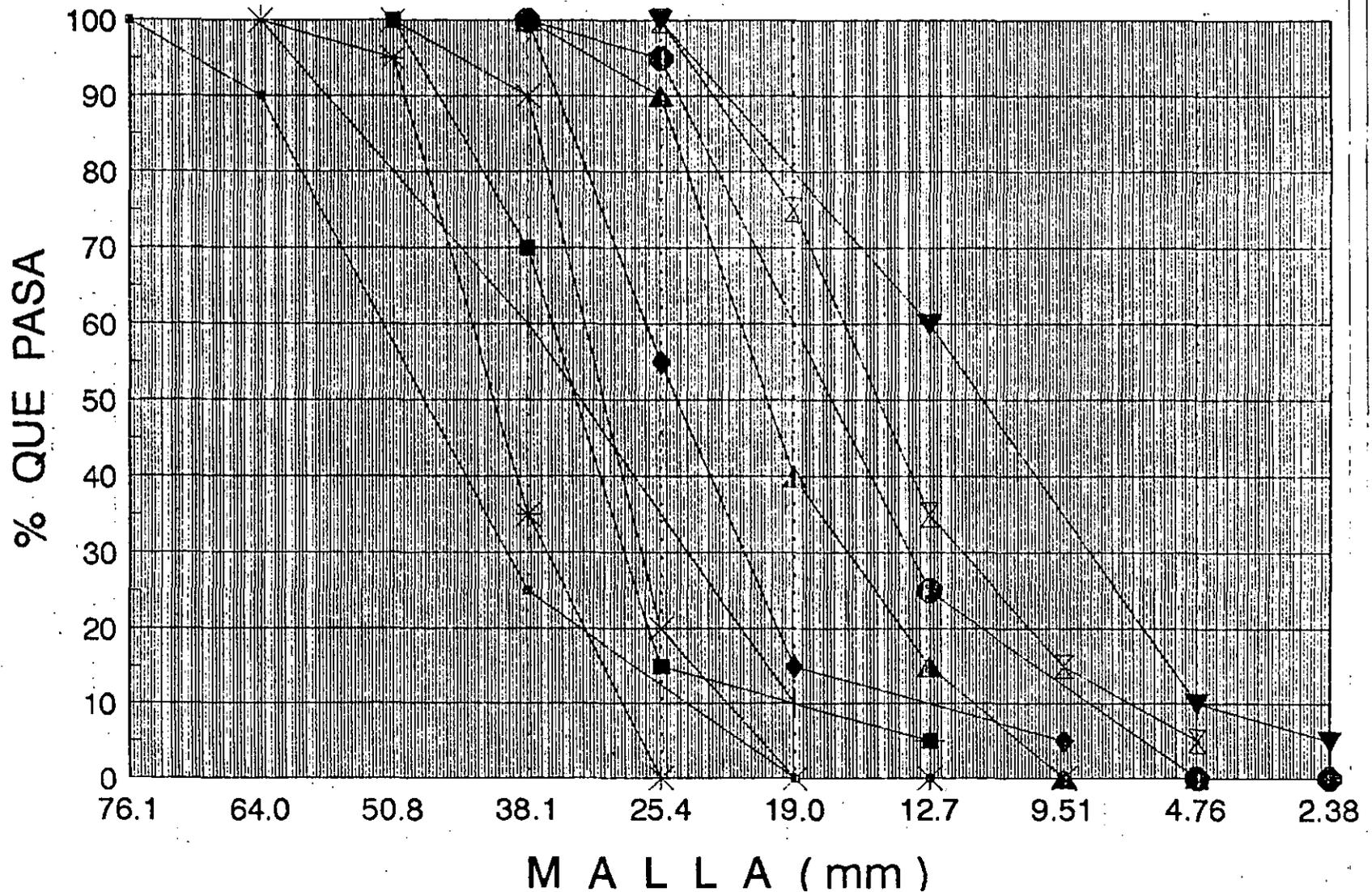
S.C.T.



ZONA DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS

BALASTOS TIPOS 1,2,3,4 Y 5 (COMBINADOS)

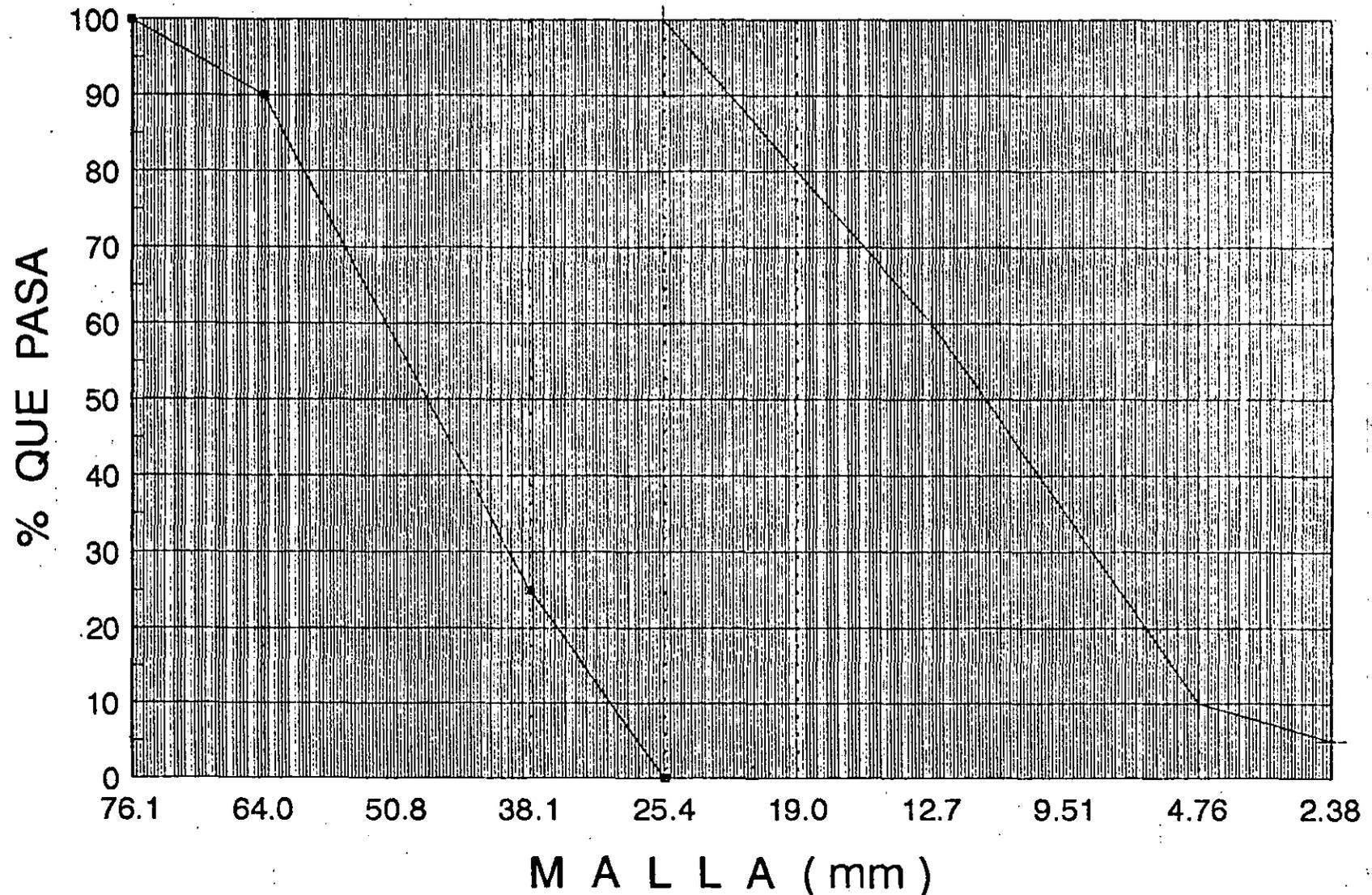
S.C.T.



ZONA DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS

BALASTOS TIPOS 1,2,3,4 Y 5 (COMBINADOS)

S.C.T.



Valores típicos de coeficientes de variación volumétrica

TIPO DE MATERIAL	COMPACTADO			BANDEADO	ABUNDA- MIENTO
	90 %	95 %	100 %		
<i>ARENA</i>					
SUELTA	0.87	0.82	0.78		1.00
MEDIANAMENTE COMPACTA	0.96	0.91	0.86		1.10
COMPACTA	1.03	0.98	0.93		1.20
MUY COMPACTA	1.11	1.05	1.00		1.28
<i>LIMO NO PLASTICO</i>					
MUY SUELTO	0.82	0.78	0.74		1.06
SUELTO	0.91	0.86	0.82		1.17
MEDIANAMENTE COMPACTO	0.99	0.94	0.89		1.27
COMPACTO	1.06	1.00	0.95		1.36
MUY COMPACTO	1.11	1.05	1.00		1.43
<i>ARCILLA Y LIMO PLASTICO</i>					
MUY BLANDA	0.78	0.74	0.70		1.08
BLANDA	0.87	0.82	0.78		1.20
MEDIA	0.95	0.90	0.85		1.30
FIRME	1.01	0.96	0.91		1.40
MUY FIRME	1.08	1.02	0.97		1.49
DURA	1.14	1.08	1.02		1.57
<i>ROCAS</i>					
MUY INTEMPERIZADAS. Rocas con alteración física y química muy avanzadas, poco cementadas, con grietas apreciables rellenas de suelo; se disgregan fácilmente. Podrán atacarse con tractor y se obtendrán fragmentos chicos, gravas, arenas y arcillas.				1.00	1.10
MEDIANAMENTE INTEMPERIZADAS. Rocas con alteración física y química medianamente avanzadas, medianamente cementadas, fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de arado y de explosivos de bajo poder y se obtendrán fragmentos chicos y medianos, gravas y arenas.				1.07	1.25
POCO INTEMPERIZADAS. Rocas con poca alteración física o química, bien cementadas, poco fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos medianos, chicos y grandes y gravas.				1.15	1.50
SANAS. Rocas sin alteración física o química, poco o nada fisuradas, bien cementadas, densas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos grandes y medianos.				1.25	1.75

Exploración y muestreo de bancos de materiales

La exploración de una zona en la que se pretenda establecer un banco de materiales debe tener las siguientes metas:

- 1.- Determinación de la naturaleza del depósito, incluyendo toda la información que sea dable obtener sobre su geología, historia de explotaciones previas, relaciones con escurrimientos de agua superficial, etc.
- 2.- Profundidad, espesor, extensión y composición de los estratos de suelo o roca que se pretendan explotar.
- 3.- Situación del agua subterránea, incluyendo posición y variaciones del nivel freático.
- 4.- Obtención de toda la información posible sobre las propiedades de los suelos y las rocas.

La investigación completa está formada por tres etapas:

- 1.- Reconocimiento preliminar, que debe incluir la opinión de un geólogo. En esta etapa debe considerarse especial el contar con el estudio geológico de la zona, por sencillo que sea.
- 2.- Exploración preliminar, en la que por medios simples y expeditos, pueda obtenerse información sobre el espesor y composición del subsuelo, la profundidad del agua freática

y demás datos que permitan, en principio, definir si la zona es conveniente para la implantación del banco y si, por consiguiente, conviene continuar con la investigación.

3.- La exploración definitiva en la que por medio de sondeos y pruebas de laboratorio han de definirse detalladamente las características ingenieriles de los suelos y las rocas encontradas.

Pruebas de laboratorio para los materiales muestreados

En general las pruebas de laboratorio que se les practica a los materiales muestreados, están divididas en tres tipos:

- 1.- De clasificación.
- 2.- De calidad.
- 3.- De diseño.

Las pruebas de clasificación tienen por objeto encasillar en un grupo determinado los tipos de materiales encontrados. Las pruebas de calidad tiene por objeto establecer la calidad de los materiales, que entre otras cosas, permitirán establecer si se cumplen las normas mínimas que establezca la institución constructora y, finalmente, las pruebas de diseño establecen las características de resistencia y deformabilidad de los materiales a utilizarse para determinar los espesores requeridos en la superestructura. A continuación se presentan

las distintas pruebas necesarias para cumplir con los requerimientos antes mencionados.

I. Terracerías.

- a) Clasificación: Límites de plasticidad.
Granulometría.
- b) Calidad: Peso volumétrico máximo.
Contracción lineal.
Valor relativo de soporte.
- c) Diseño: Valor relativo de soporte.

II. Capa Subrasante.

- a) Clasificación: Límites de plasticidad.
Granulometría.
- b) Calidad: Peso volumétrico máximo.
Valor relativo de soporte.
Contracción lineal.
Expansión.
- c) Diseño: Valor relativo de soporte.
CBR Cuerpo de Ingenieros.
Pruebas de HVEEM.
Pruebas triaxiales.
Etc.

III. Balasto y Sub-balasto.

- a) Clasificación: Límites de plasticidad.
Granulometría.
- b) Calidad: Peso volumétrico máximo.
Valor relativo de soporte.
Contracción lineal.
Valor Cementante.
Equivalente de arena.
Desgaste Los Angeles.
Índice de durabilidad.
Intemperismo acelerado.
Forma de las partículas.
- c) Diseño: Valor relativo de soporte.

CONTROL DE CALIDAD

En forma evidente, las normas más acuciosas de proyecto y la construcción más ambiciosa y costosa no bastan para garantizar la existencia de una obra de ingeniería útil, económica y duradera. Entre el proyecto y la obra o entre la construcción y la obra existen todo un conjunto de pasos y criterios que será preciso garantizar para llegar a un buen resultado.

Una vía terrestre exitosa es un balance de un número muy grande de acciones previas. No basta que cada una esté "BIEN HECHA" para garantizar el conjunto; por el contrario, en muchos casos el éxito sonríe a procesos en que positivamente se han descuidado muchos eslabones, pero se han cuidado otros en los que residía lo esencial. La concatenación de los eslabones es lo que ha de ser comprendido a fondo; en el conocimiento realista de lo que cada uno representa e influye parece descansar la base del éxito del control.

Controlar idealmente cada paso conduce a un perfeccionismo rígido, muchas veces incompatible con las realidades de la construcción pesada. Definir los puntos vitales y ejercer en ellos una vigilancia razonable y científica, ese parece ser el

secreto de un control exitoso. El grado de perfección o cuidado con que se ejecute cada acción podrá y deberá ser diferente; en algunos, casi se admitirá cierto descuido o improvisación, con tal de obtener en otras la plena garantía de calidad que conduzca a la del conjunto.

El control de calidad de las obras de ingeniería se ha convertido hoy en una compleja ciencia; no cabe la menor duda que constituye por sí, un nuevo campo con su propia metodología y con criterios específicos y privativos. Pero a la vez, en el caso concreto de las vías terrestres, la mecánica de suelos aplicada interviene como disciplina de apoyo, en forma relevante. Puesto que los procesos que han de controlarse están regidos muy principalmente por la mecánica de suelos, ella ha de proporcionar los criterios para distinguir lo substancial de lo accesorio, las pruebas de campo o de laboratorio en que se fundamenten los juicios del control y los límites y tolerancias en que las diferentes acciones del constructor han de mantenerse.

Ocurre a veces que muchos ingenieros, incluso con alta responsabilidad, están poco dispuestos a comprender el papel fundamental de las ciencias geotécnicas en el proyecto, la construcción y la conservación de las vías terrestres; como consecuencia, se limita su intervención o los alcances de sus mandatos, en favor de una supuesta, aunque nunca real, ganancia en costo o en expeditividad en la construcción. Podría

bastar, sin embargo, a esos escépticos el meditar sobre la composición de lo que actualmente se considera en todas partes que debe ser un laboratorio para control de calidad de obra, en este campo. Se verá entonces que ese laboratorio es básicamente un laboratorio de mecánica de suelos y de rocas. Esto equivale al reconocimiento explícito de que en esas disciplinas descansa lo esencial para garantizar el éxito o el fracaso de este tipo de obras.

Qué se desea del control de calidad

Un aspecto importante en la planeación y ejecución de un buen programa de control es la definición previa del nivel de calidad requerido en la construcción. En su planteamiento más simple este nivel puede definirse formulando tres preguntas fundamentales:

¿Qué se desea?

¿Como puede ordenarse y programarse la actividad que conduzca al logro de tal deseo?

¿Como determinar que se ha alcanzado lo que se deseaba?

En efecto, es una afirmación difícilmente discutible el que las grandes Instituciones de proyecto y construcción tienen normas de control uniformes para todas sus obras, cuando la lógica y la búsqueda de lo esencial, de que antes se habló, aconsejan evidentemente establecer normas de control y metas por

conseguir diferentes para las distintas obras, diversas en sus características, riesgos e importancia.

Las tres preguntas anteriormente escritas están interrelacionadas. En esencia, lo que se necesita podría en principio ser fijado en un "sistema cerrado", en el cual el proyecto especificaría los requerimientos a conseguir y los resultados finales conseguidos podrían solamente servir como norma de experiencia para futuros proyectos. Esta línea de acción es claramente ineficiente, desaprovecha muchas posibilidades de superación y expone a las obras importantes a quedar con defectos de difícil o imposible corrección. En rigor se necesita un sistema de acción susceptible de ser retroalimentado de manera que los requerimientos estén continuamente interaccionados con logros parciales y de manera que el sistema para valorar los logros parciales esté, a su vez, retroalimentado por el conjunto de necesidades o requerimientos. Paralelamente, los requerimientos de la obra deben poder ser constantemente revisados a la luz de los logros parciales que se vayan viendo posibles.

Por otra parte las dos primeras preguntas arriba escritas tienen que ver con la filosofía del proyecto y con la de la contratación. Al formular la filosofía del proyecto el ingeniero debe entender que la construcción no puede clasificarse simplemente en buena o mala, rechazable o aceptable; habrá siempre toda una

graduación posible a partir de las condiciones óptimas y deberán considerarse posibilidades de variación dentro del propio diseño, en relación a materiales y a técnicas constructivas, así como tolerancias en prácticamente todas las actividades. Estas tolerancias deberán estar claramente especificadas en los documentos de contratación. Sólo dentro de este marco flexible podrán definirse realísticamente las aspiraciones y requerimientos del ingeniero.

Cómo pueden establecerse las actividades para lograr los objetivos deseados

La tercera pregunta de las señaladas exige un sistema de inspección, muestreo y pruebas que permita analizar las realidades de la construcción, así como las tendencias y oscilaciones de los trabajos. El hacer este programa tiene cuatro requerimientos básicos. En primer lugar, deberá fundarse en aspiraciones realistas, pues de otro modo sólo conducirá a confusión. En segundo lugar deberá ser fundamentado en pruebas de significación relevante desde el punto de vista técnico, pues sólo éstas darán indicaciones apropiadas sobre el estado real del trabajo. En tercer lugar, deberá satisfacerse una vez más la condición de que el sistema de inspección se refiera a los trabajos fundamentales del comportamiento de la obra y no a los accesorios. En cuarto lugar, la interpretación del programa debe ser clara y poco

controversial, para lo que un enfoque científico puede ser de gran ayuda.

Un aspecto importante al contemplar las características de un programa de control de calidad es que en realidad no debe afectar sólo a la construcción, si no que debe contemplar muy de cerca la futura conservación.

Uno de los aspectos fundamentales en la definición de un programa de control es también el conjunto de especificaciones de construcción que se manejen, pues ellas fijan de un modo u otro muchas de las metas por lograr, muchas de las ordenanzas y programas que conducen a la consecución de los logros deseados y muchos de los métodos para determinar si se ha alcanzado lo que se desea. Es decir, las especificaciones manejadas por una Institución influyen y gobiernan en gran medida a las tres preguntas básicas que anteriormente se formularon como el fundamento último de la filosofía del control.

Existe una marcada tendencia a idealizar las especificaciones en uso, colocando sus afirmaciones por encima de toda crítica; lo afirmado por las especificaciones no puede discutirse y cualquier criterio que las modifique es acusado de enfrentarse a la técnica entronizada, en nombre de la improvisación, cuando no de la ignorancia.

Es fundamental conocer que un cuadro completo de especificaciones técnicas de trabajo en cualquier gran Institución constructora, proporciona seguramente la única forma de manejar de un modo claro y razonable todos los aspectos legales de la construcción, la contratación, la relación con las empresas contratistas y a la vez proporcionan un substracto fundamental que da unidad de estilo y calidad a la Institución que las maneja. Pero también es un hecho cierto que la "santificación" de cualquier conjunto de especificaciones conduce a la rigidez mental y al anquilosamiento de las técnicas empleadas.

Las especificaciones institucionales deben manejarse, en primer lugar como el marco legal de la actividad técnica y, en segundo como la referencia última de la propia actividad técnica, válida en tanto no se le señalen limitaciones, variaciones o ajustes de detalle. Para todo esto último, **CADA PROYECTO IMPORTANTE DEBERA CONTENER SUS PROPIAS ESPECIFICACIONES COMPLEMENTARIAS**, nacidas de sus características específicas; no debe tenerse miedo de producir unas especificaciones complementarias audaces, novedosas y ajustadas a los últimos datos de la experiencia y el conocimiento de las instituciones que se trate.

Un conjunto de especificaciones técnicas, rector último de cualquier programa de control de calidad, debe ser competente, en el sentido de garantizar las normas esenciales de la calidad de la obra; debe ser también muy ajustado a las necesidades sociales y económicas de la nación que lo utiliza y también a sus características topográficas, climáticas, de tránsito, etc.. En este sentido **LA TRANSCRIPCIÓN CIEGA** de normas técnicas producidas por instituciones de otros países, por avanzadas que parezcan en el campo estrictamente tecnológico, suele conducir sistemáticamente a políticas inadecuadas.

Las especificaciones deben ser también muy realistas, ajustadas a lo que debe lograrse dadas las características de un proyecto determinado y a lo que puede lograrse, dado el nivel tecnológico del país que vaya a usarlas.

También deben ser capaces de garantizar que los materiales de calidad aceptable no sean rechazados. Este es uno de los aspectos importantes que hacen que el seguir en muchos países las normas producidas por otros, conduzca a errores de política. Es común, que las naciones cuyas especificaciones institucionales se transcriben, sean no sólo avanzadas en el terreno técnico, sino también en el económico; como consecuencia, sus caminos, ferrocarriles y aeropistas mueven volúmenes de tránsito que son excepcionales o desconocidos en el país que adopta las normas. Ello va a conducir a este

último a rechazar muchos materiales y técnicas de uso económico, que sus vías con niveles de tránsito muy inferiores, podrían utilizar perfectamente. Lo que en realidad va a suceder, es que el país menos económicamente desarrollado va a descubrir muy pronto lo inapropiado, para su propio consumo, de las normas que está siguiendo, lo que lo conducirá a violarlas sistemáticamente, generándose la consiguiente confusión. En rigor éste, será el precio que siempre se pague por el uso de especificaciones no realistas.

Otra de las condiciones básicas de un conjunto de especificaciones es contener tolerancias apropiadas, cuya fijación depende de un conocimiento completo de los factores que contribuyen a las variaciones de los diferentes conceptos. Debe existir una valuación de las consecuencias de exceder tales tolerancias. Puede ayudar a ésto el establecer una clasificación de lo críticas que pueden resultar las desviaciones y los defectos que puedan presentarse en una etapa constructiva.

Otro aspecto importante de todo programa de control de calidad lo constituye el conjunto de pruebas de laboratorio, que proporciona lo que pudiera considerarse la base metodológica y técnica del programa. Las pruebas de laboratorio con fines de control deben cumplir algunas de las características que se enumeran a continuación y son fáciles de comprender.

- Estar dirigidas a la comprobación de las características esenciales.
- Ser sencillas y rigurosamente estandarizadas.
- Ser rápidas en su realización.
- Ser de fácil interpretación.
- Requerir equipos económicos, fáciles de corregir y calibrar y de manejo simple.

Cómo se puede determinar si se han alcanzado los objetivos

Resumiendo las consideraciones anteriores, parece que el conjunto de cualidades que puede exigirse al control de calidad son las siguientes:

- 1.- Ser capaz de distinguir las desviaciones y deficiencias significativas, separando las características esenciales de la obra de las accesorias. Esto obligará a un control flexible y diversificado, adaptado a cada obra.
- 2.- Ser capaz de diferenciar las desviaciones o deficiencias inherentes a problemas de obra, de las emanantes de particularidades del muestreo o de la ejecución de pruebas de laboratorio.
- 3.- Ser capaz de ejercer oportuna vigilancia sobre los materiales que vayan a usarse, garantizando un

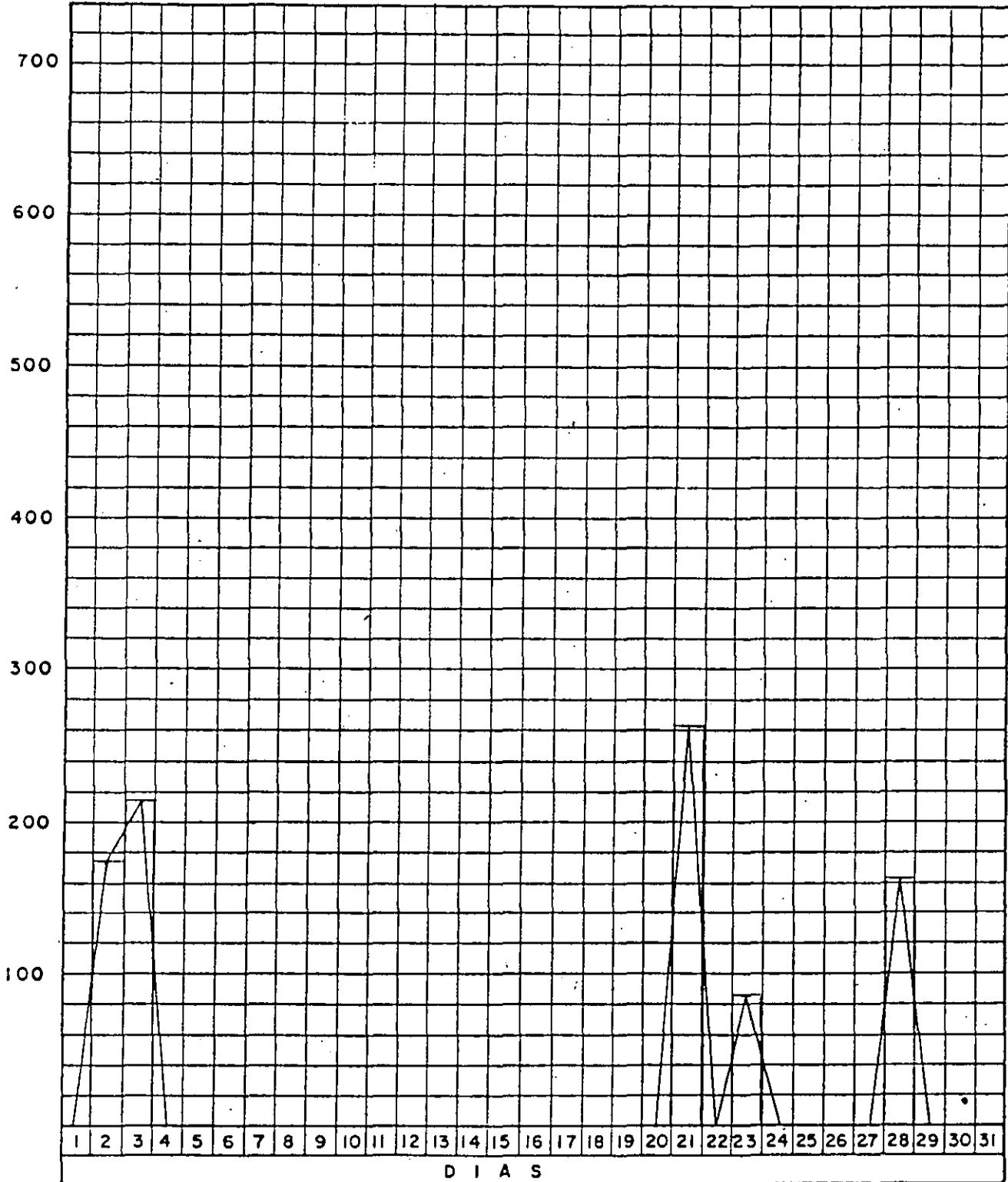
comportamiento adecuado de los que se seleccione para un cierto fin.

- 4.- Estar basado en normas expeditas, concordantes con los aspectos legales y de contratación de la obra y rápidas, de manera que la tarea del control no interfiera, o lo haga en lo mínimo, con el ritmo normal de la construcción.
- 5.- Estar basado en especificaciones competentes y realistas, adaptadas a las verdaderas posibilidades y necesidades de la obra y del ambiente técnico general.
- 6.- Estar fundado en técnicas de muestreo y pruebas de laboratorio objetivas, rápidas y sencillas; a la vez, deben ser de fácil interpretación y parte de un esquema científico, que elimine hasta donde sea posible los juicios de decisión basados en apreciaciones estrictamente personales.
- 7.- Estar previsto en el proyecto, de manera que sus interferencias y necesidades estén debidamente programadas y no sean causa de dilaciones inesperadas.
- 8.- Representar un criterio independiente al proyectista y al constructor. Para ello será preciso que goce de independencia jerárquica y administrativa en relación con ambos.
- 9.- Estar a cargo de personal capaz y penetrado del necesario espíritu de servicio.

PRODUCCION DE GRAVA 2 DURANTE EL MES DE ABRIL DE 1986

TOTAL = 898 m³

ME OS CUBICOS

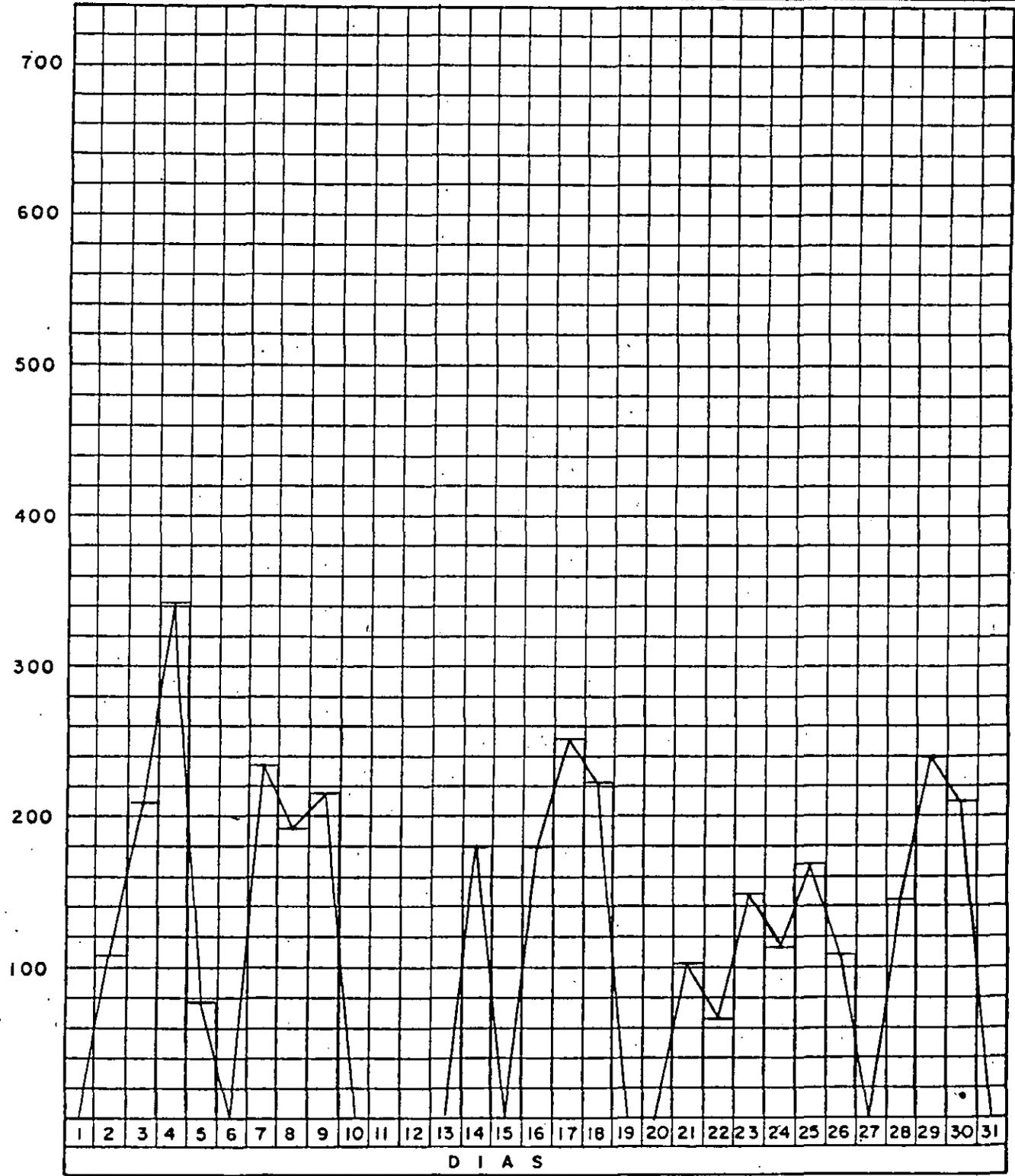


- NO CUMPLE ESPECIFICACION
- CUMPLE ESPECIFICACION
- MATERIAL RECIRCULADO DENTRO DE ESPECIFICACION
- MATERIAL RECIRCULADO FUERA DE ESPECIFICACION

PRODUCCION DE ARENA DURANTE EL MES DE ABRIL DE 1986

TOTAL = 3516 m³

M E T R O S C U B I C O S



- NO CUMPLE ESPECIFICACION
- CUMPLE ESPECIFICACION
- MATERIAL RECIRCULADO DENTRO DE ESPECIFICACION
- MATERIAL RECIRCULADO FUERA DE ESPECIFICACION

LABORATORIO DE MATERIALES

CARTA DE ANALISIS LINEAL CONCRETO HIDRAULICO DIRECTO

$f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$

CEMENTO 200 Kg

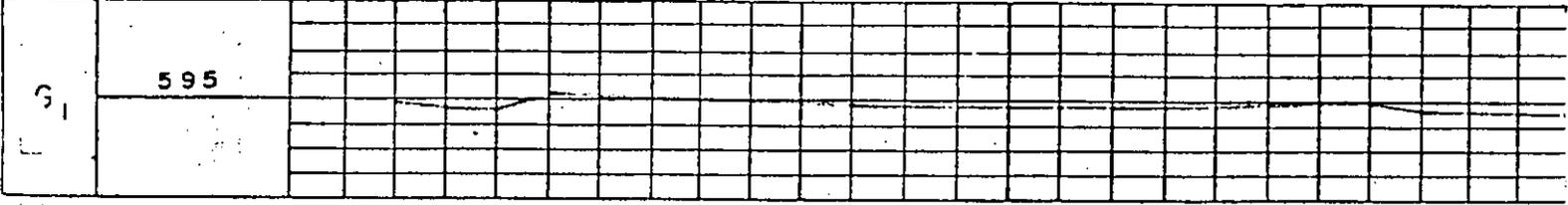
OBRA PLANTA ESDE II

FECHA SEPTIEMBRE 1986.

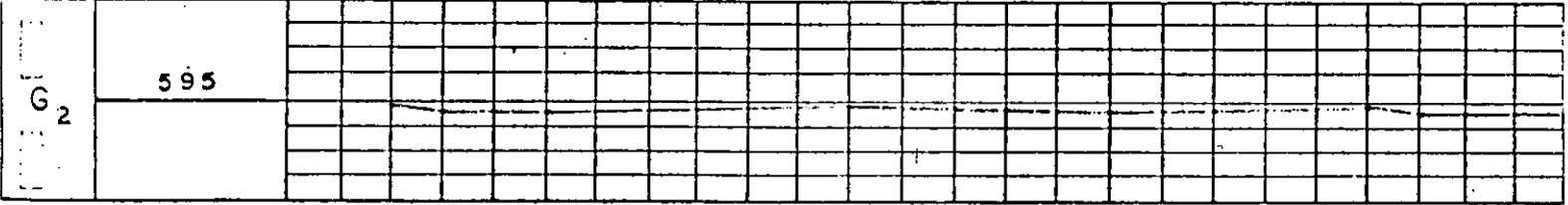
BANCO "ARROYO CLARO"

CONTRATISTA MACSA

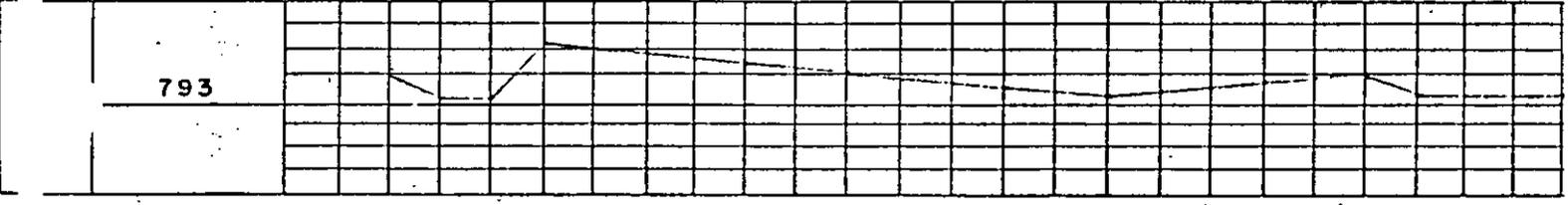
Un espacio = 20



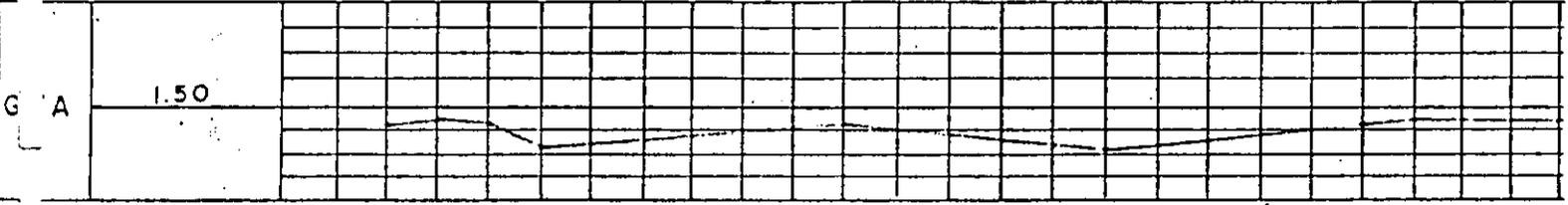
Un espacio = 20



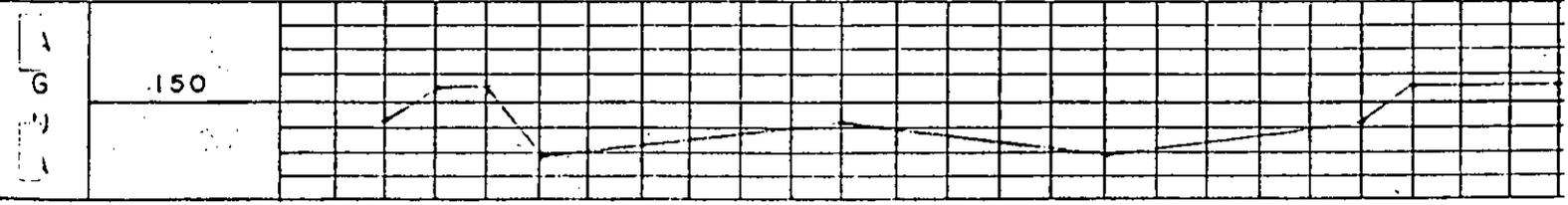
Un espacio = 20



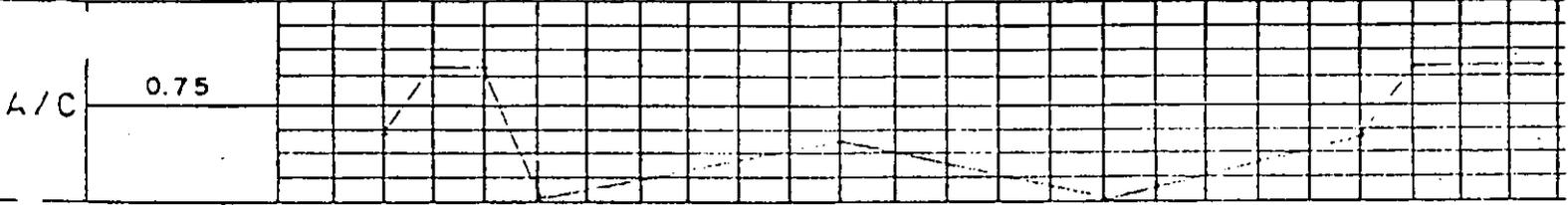
Un espacio = 0.05



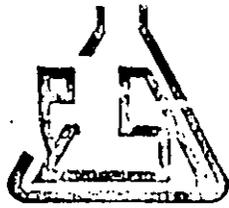
Un espacio = 20



Un espacio = 0.05



1 2 3 4 5 6 8 9 10 11 12 13 15 16 17 17 19 20 22 23 24 25 26 27 28 29 30

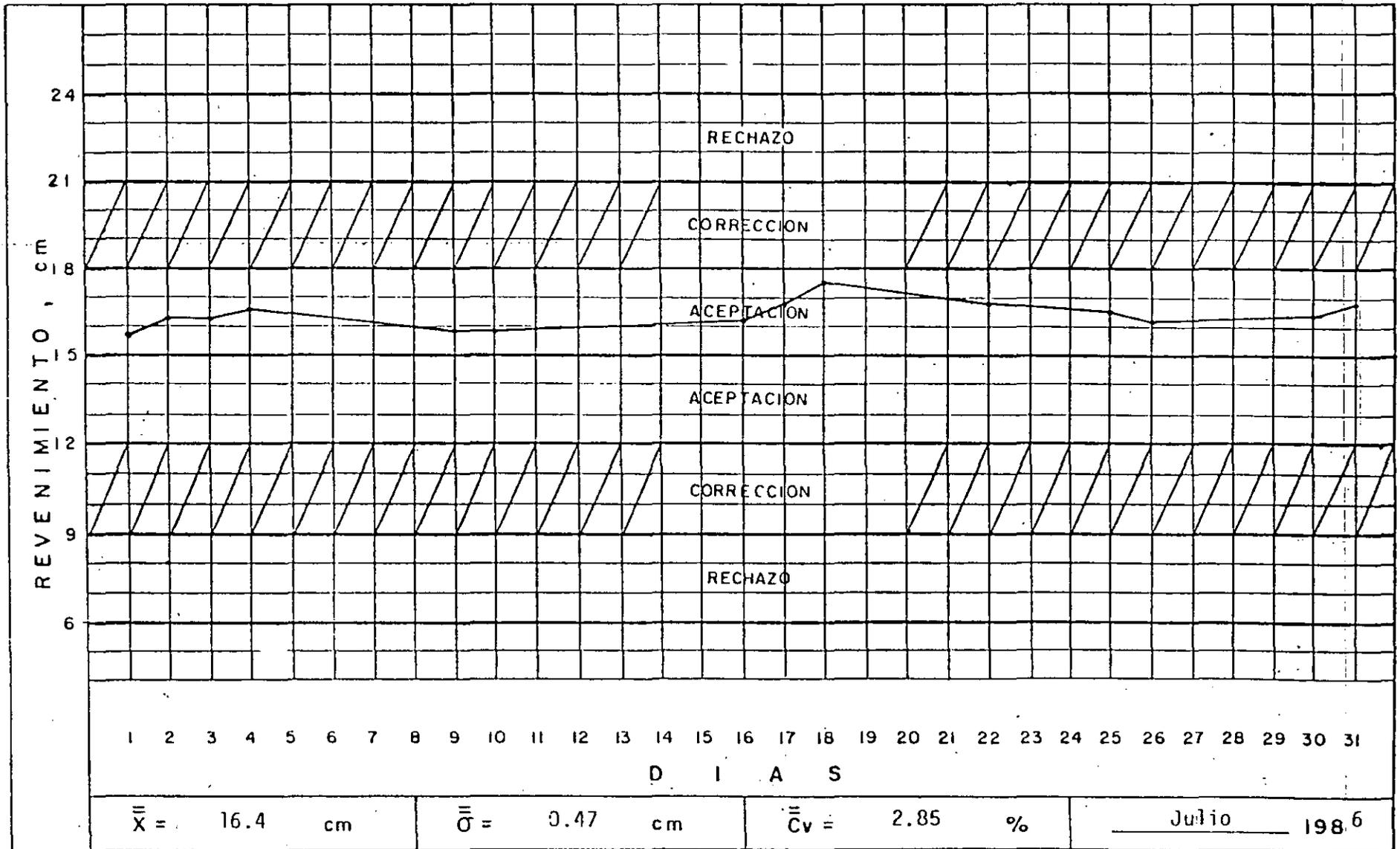


CARTA DE CONTROL

REVENIMIENTO

CONTRATISTA MACSA

CONCRETO BOMBEABLE, $f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$

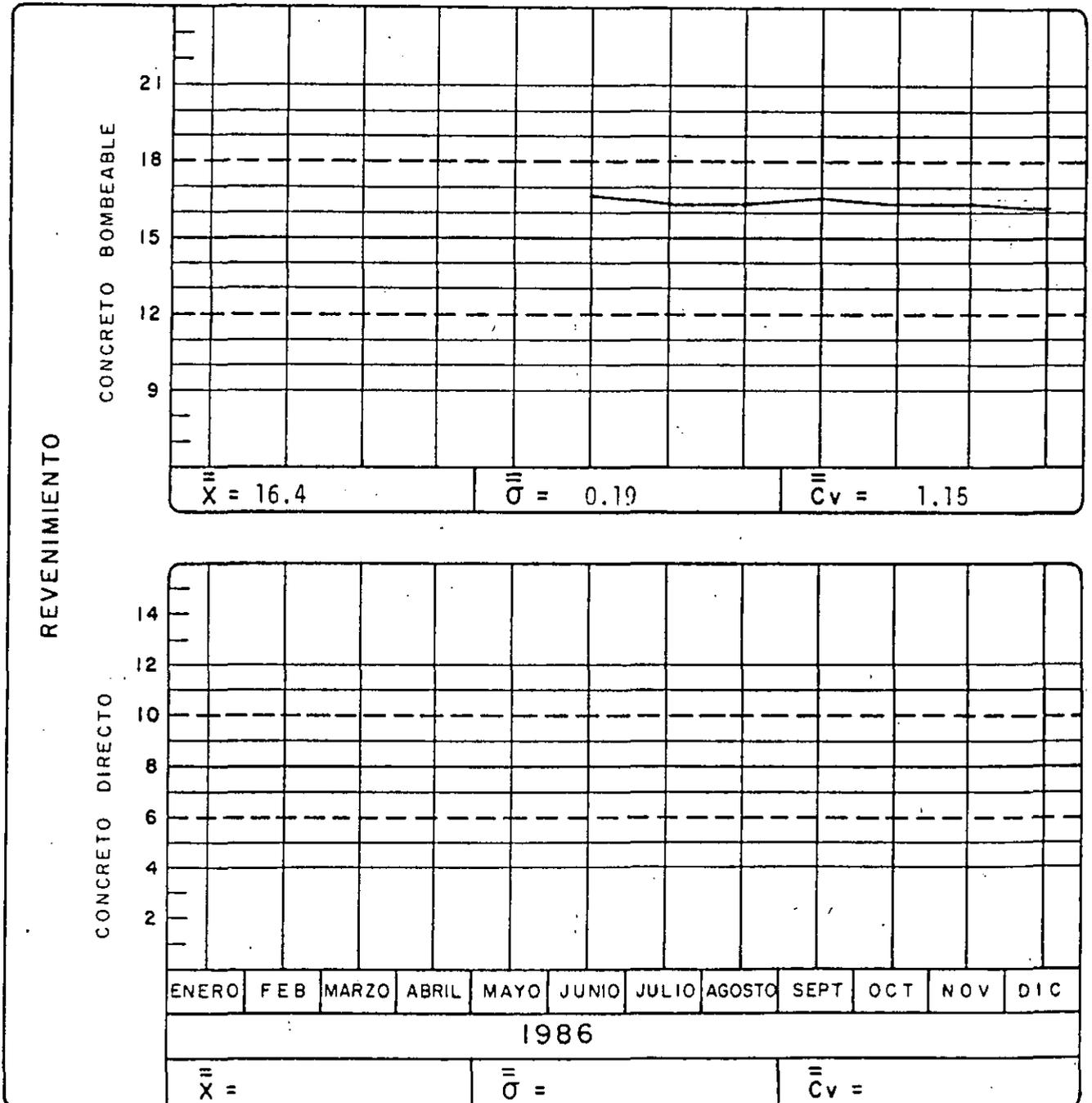


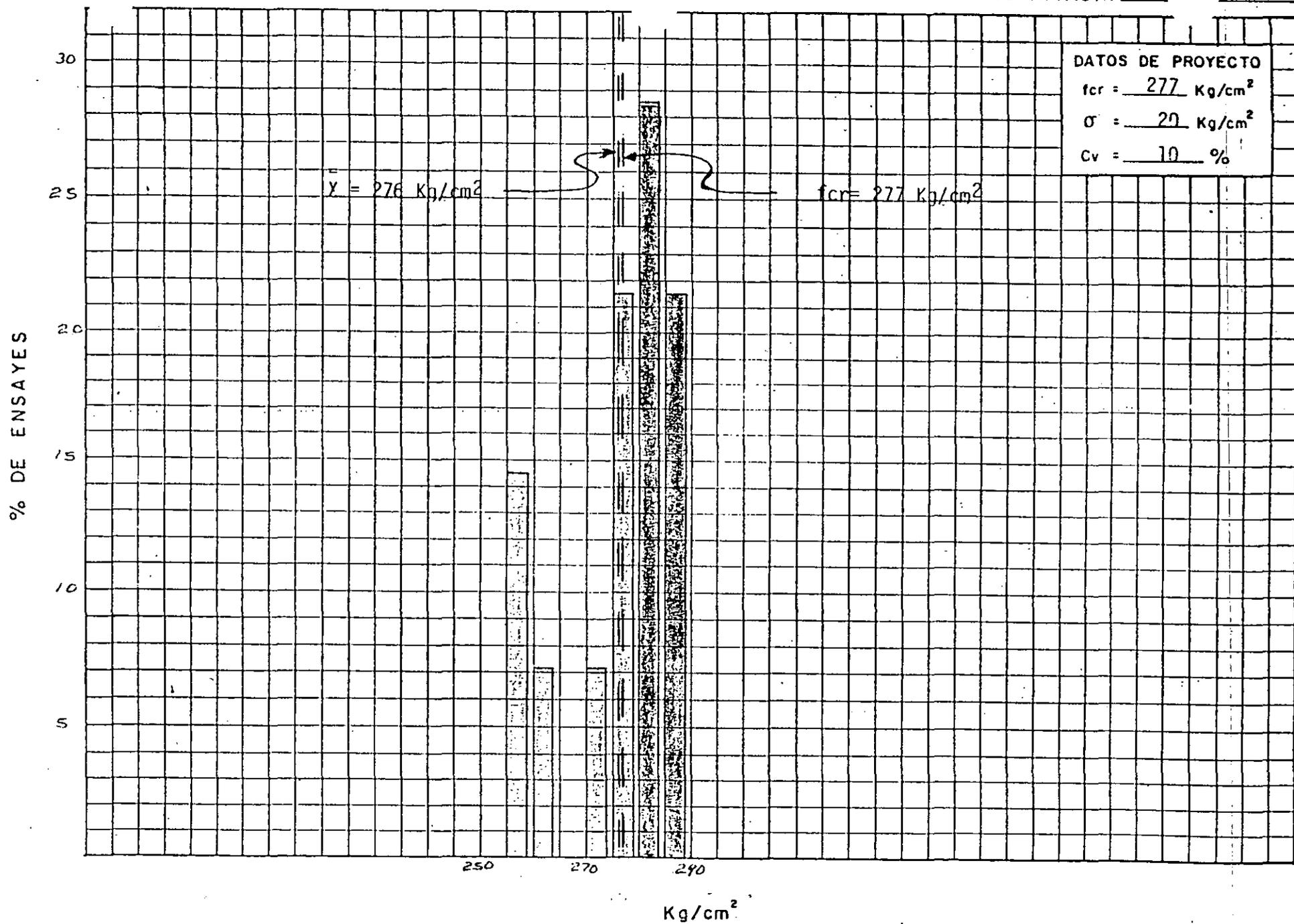


CARTA DE ANALISIS
REVENIMIENTO

DATOS DE PROYECTO
 CONCRETO DIRECTO 8 ± 2 cm
 CONCRETO BOMBEABLE 15 ± 3 cm

$f'c = 250$ Kg/cm² CONTRATISTA MACSA





$\bar{x} = 276 \text{ Kg/cm}^2$ $\bar{\sigma} = 9.8 \text{ Kg/cm}^2$ $\bar{C}_v = 3.6 \%$ Julio 1986

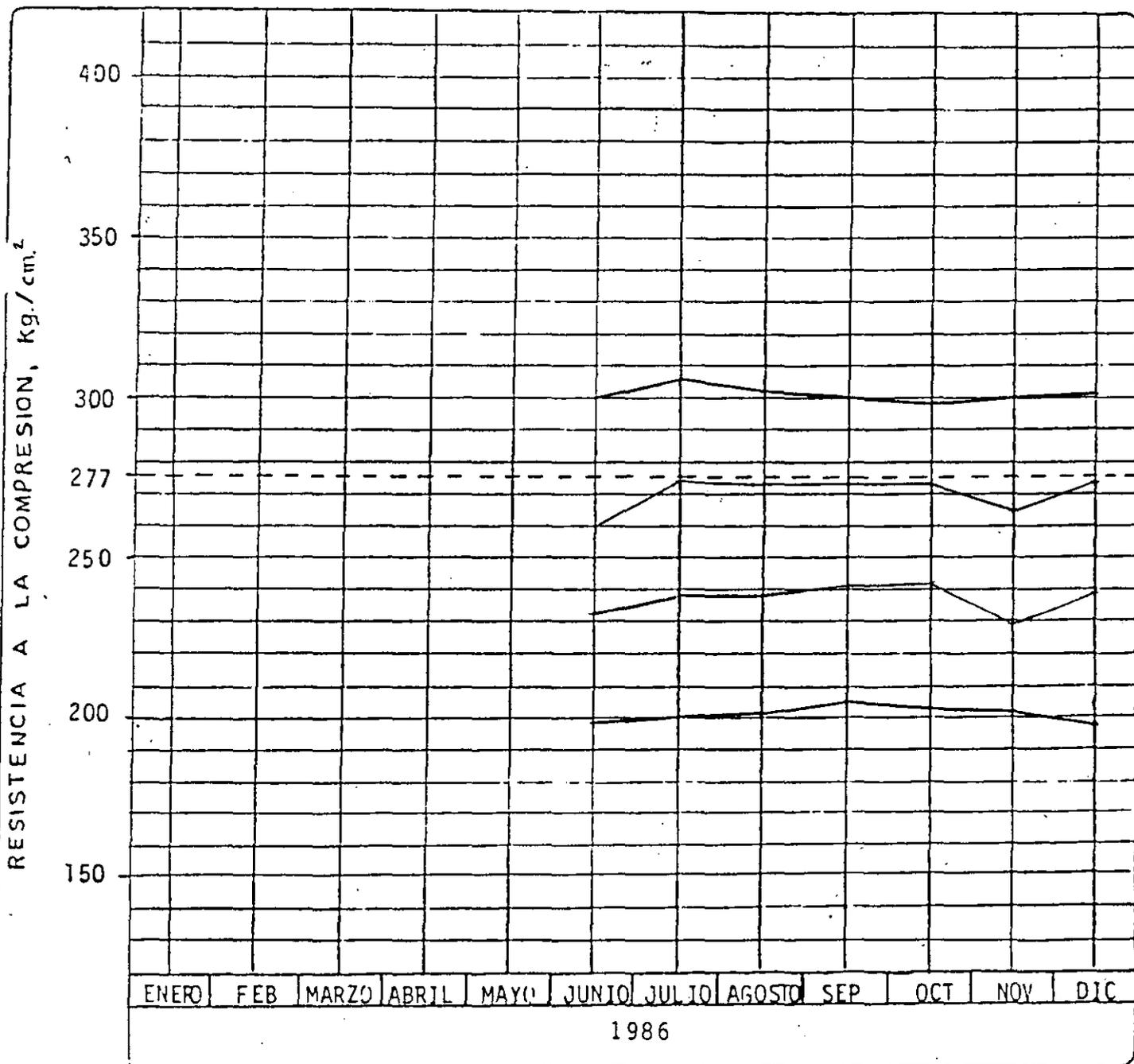


CARTA DE ANALISIS
RESISTENCIA A LA COMPRESION

CONTRATISTA MACSA

DATOS DE PROYECTO
fcr = 277 Kg/cm
 σ = 20 Kg/cm
C_v = 10 %

7 DIAS DE EDAD 
14 DIAS DE EDAD 
28 DIAS DE EDAD 
45 DIAS DE EDAD 



1986



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS TERRACERIAS Y PAVIMENTOS

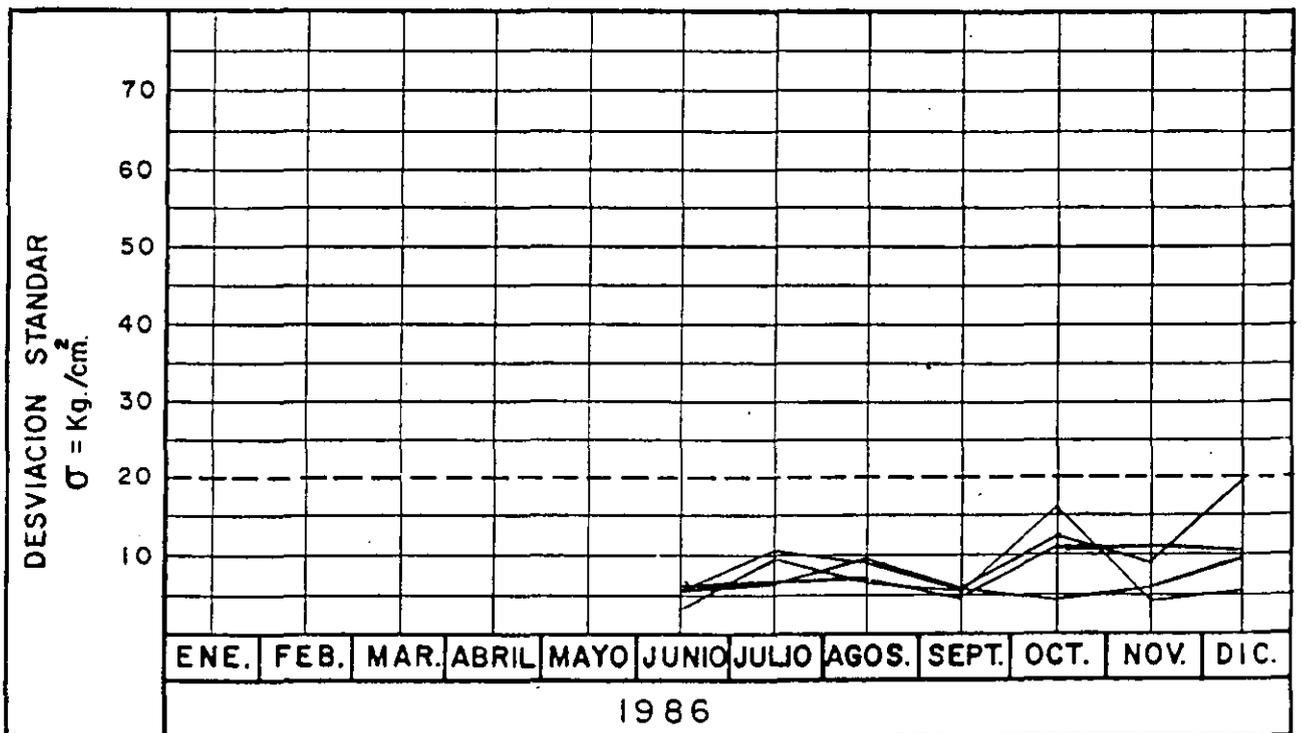
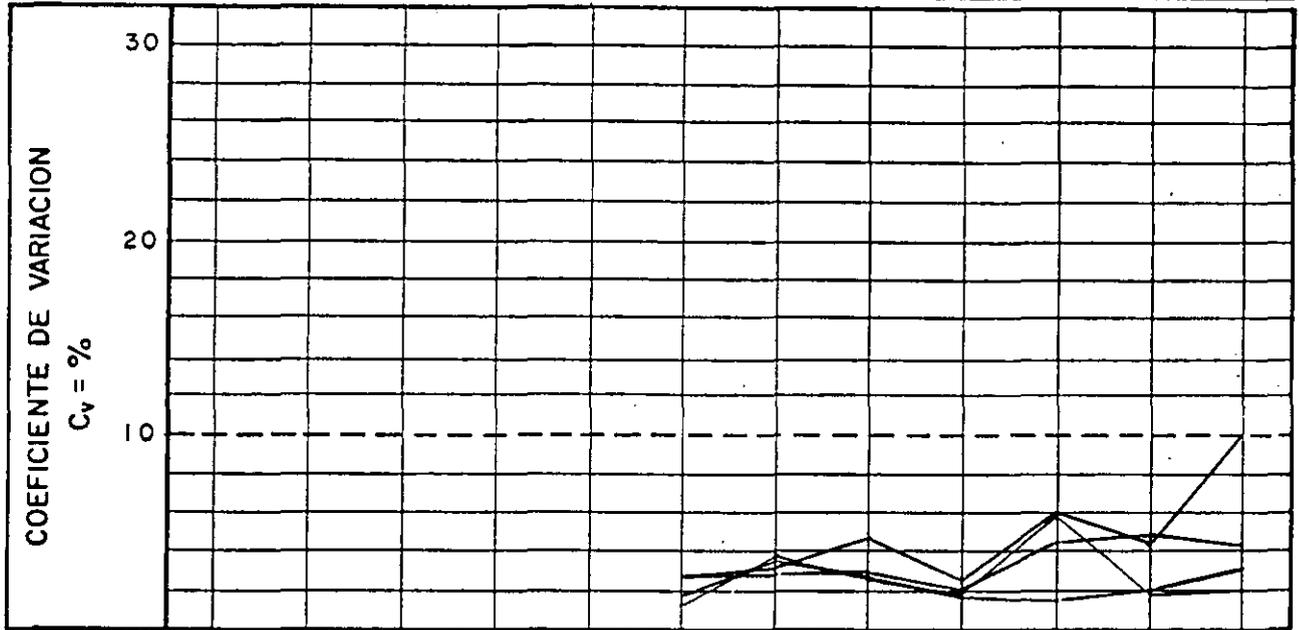
CARTA DE ANALISIS
DESVIACION STANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACION

$f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$

$f_{cr} = 277 \text{ Kg/cm}^2$

CONTRATISTA MACSA

7 DIAS DE EDAD	
14 DIAS DE EDAD	
28 DIAS DE EDAD	
45 DIAS DE EDAD	





LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS TERRACERIAS Y PAVIMENTOS

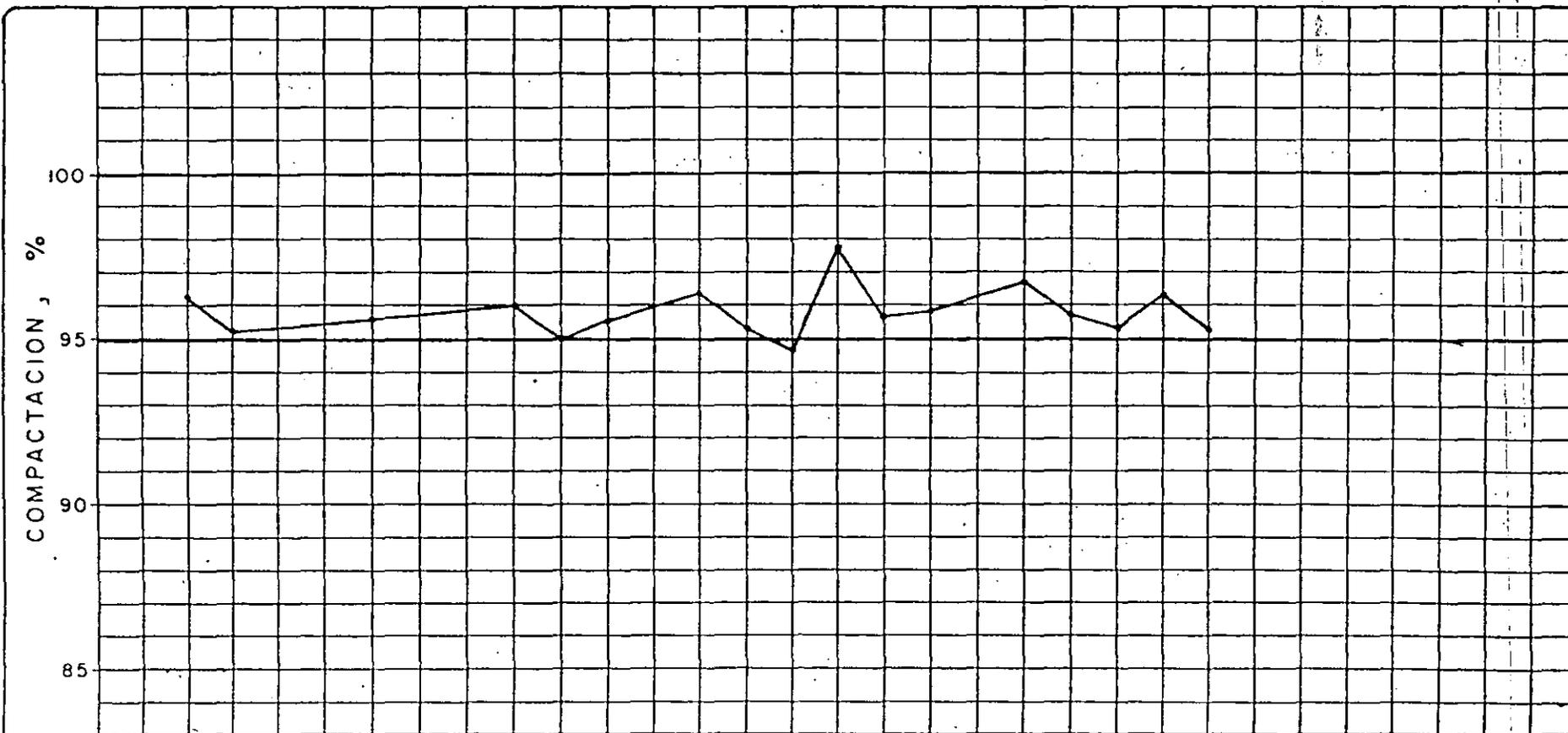
CARTA DE ANALISIS

COMPACTACION

PROYECTO: PLANTA ESDE II

AREA 200 TREN B

ESPECIFICACION
95 %



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

NUMERO DE PRUEBAS

INDIVIDUAL

AGRUPADAS

POR DIA

$\bar{X} = 95.8$ %	$\bar{\sigma} = 0.74$ %	$\bar{C}_v = 0.8$ %	Enero 1986
--------------------	-------------------------	---------------------	------------

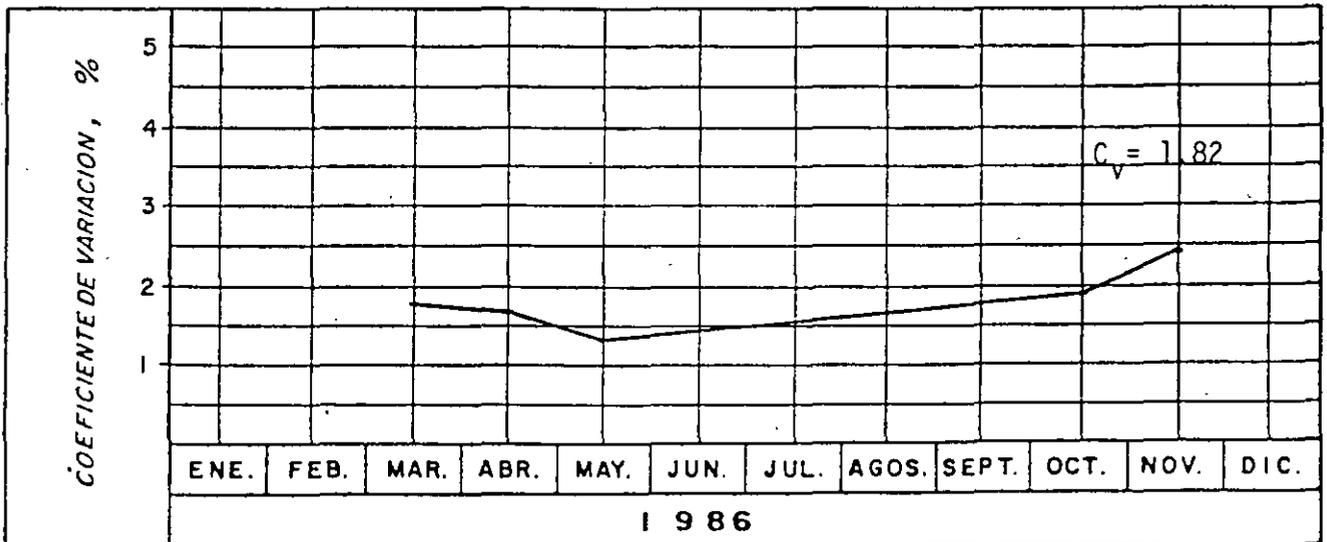
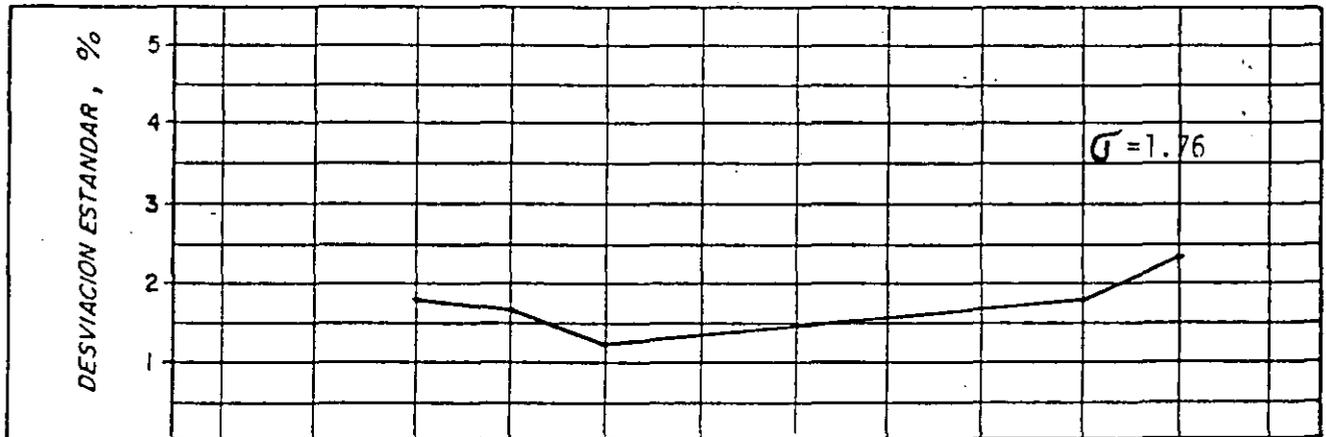
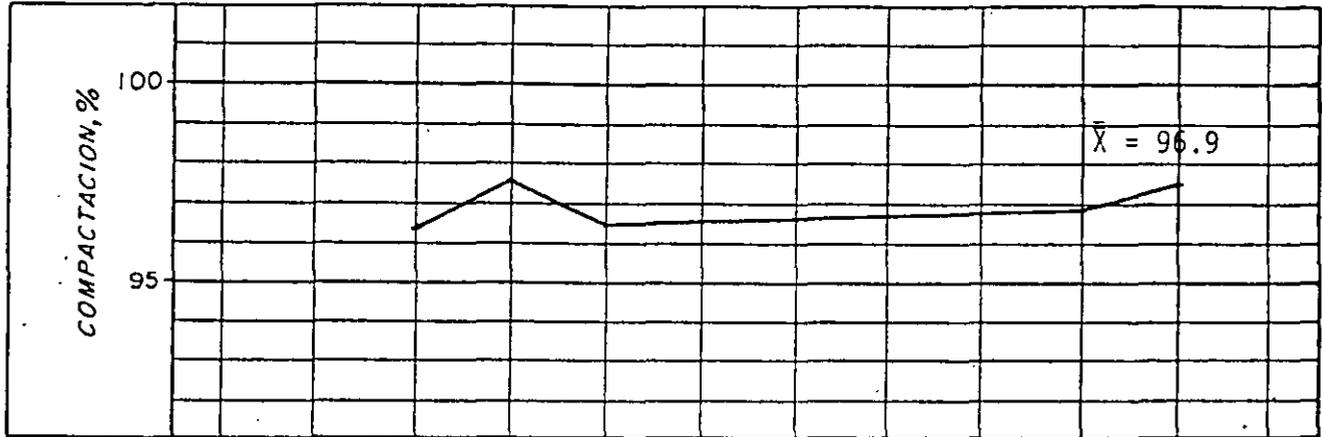


CARTA DE ANALISIS COMPACTACION

PROYECTO : PLANTA ESDE II

AREA: 200 TREN A

ESPECIFICACION
95 %





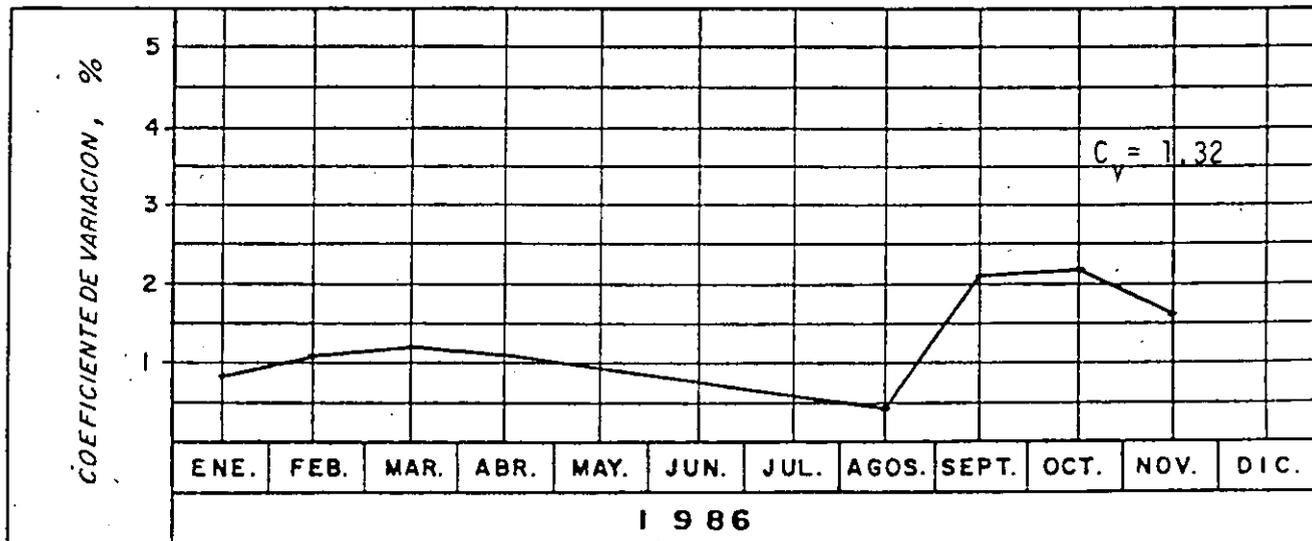
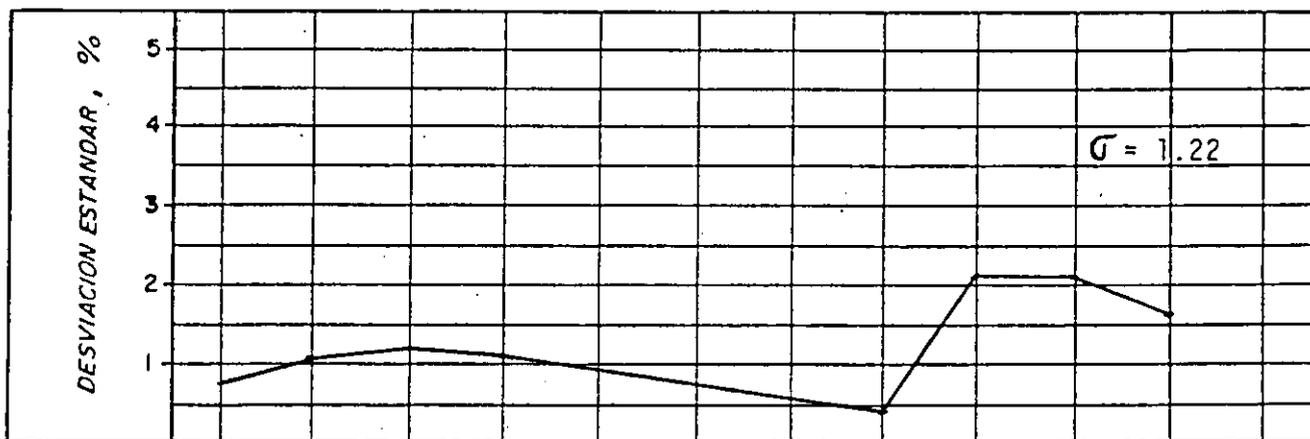
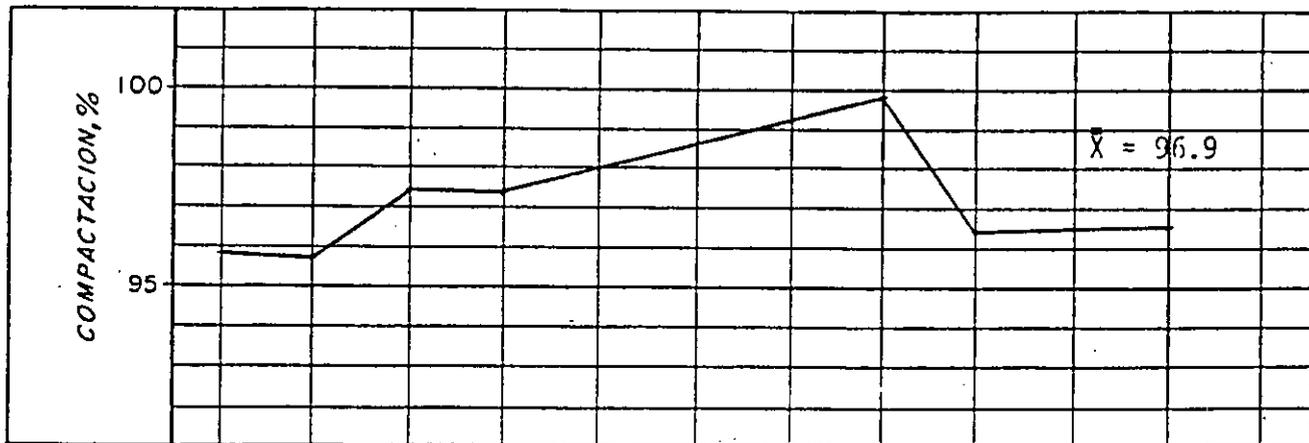
CARTA DE ANALISIS COMPACTACION

PROYECTO : PLANTA ESDE II

AREA : 200 TREN
"B"

ESPECIFICACION

95 %



LA ESTANDARIZACION Y SU ABUSO

Normas Inteligentes contra Inteligencia Normalizada

“ Al niño deben enseñarse las palabras que corresponden a las cosas; en muchas ocasiones los profesionistas de la ingeniería se han olvidado de las cosas que corresponden a las palabras.”

Hardy Cross

Algunas personas hacen de las definiciones una idolatría, pero definir los conceptos no necesariamente nos conduce a ideas precisas. una de estas definiciones con respecto a la Ingeniería Civil nos dice:

“ La Ingeniería Civil tiene por finalidad proveer, a los individuos y a la sociedad, de satisfactores útiles, económicos y seguros, que tiendan a mejorar su calidad de vida. Para alcanzar esta meta utiliza tanto el MEDIO AMBIENTE, al que modifica, y las CIENCIAS EXACTAS y SOCIALES, tanto como el INGENIO, el SENTIDO COMUN, y la EXPERIENCIA de quien la profesa.”

Lo que sí es evidente que la ingeniería es el arte que trata sobre la aplicación de los materiales y de las fuerzas materiales y que el objeto de la ingeniería es dar servicio a la humanidad.

La ciencia pura analiza problemas que involucran invariablemente un menor número de variables que las relacionadas con la ingeniería y, en general, abarca rangos de variación más estrechos que los que se encuentran en los problemas de esta última. La ciencia, como tal, no tiene nada que ver ni con el aprovechamiento ni con la conveniencia. La ciencia investiga las realidades acerca de los materiales y de los hechos. Las autoridades en la materia expresan la opinión

que los grandes hombres de ciencia no siguen los mismos procedimientos cuando hacen sus descubrimientos que los aplicados posteriormente para demostrar la veracidad de los mismos.

Quiere decir que cuando la ciencia es creativa se distingue con claridad en ella un elemento de arte, en la misma forma que en el arte casi siempre hay algo de ciencia o, por lo menos, algún tipo de sistema o sistematización. En el fondo, en las mentes creadoras altamente desarrolladas, ambas se confunden, pero en los escritos convencionales y en los asuntos ordinarios, las dos pueden más o menos distinguirse. El procedimiento sistematizado y formalista que se conoce como ciencia, y que se considera que de una manera inevitable nos conduce a resultados incuestionables, contrasta con el instinto creador, flexible e independiente que es el productor del arte. Otra diferencia es que la ciencia busca la verdad, y que debe comprobarse a sí misma sólo con la verdad. El arte concierne a su propio objetivo, ya sea el de la belleza o el de aprovechamiento. Usa todos los medios convenientes para alcanzar sus fines.

Siempre ha sido importante que se comprenda con claridad la naturaleza de los problemas, el tipo de ellos y los procedimientos usados por los ingenieros, quienes aprovechan cualquier hecho o teoría de la ciencia sin importar cuál sea su

estado de adelanto, con tal de que contribuya a su arte. Si el conocimiento de las ciencias (matemáticas, física, química, etc.) es de utilidad para lograr los límites fijados, los ingenieros se tomarán las molestias necesarias con objeto de dominar esas ciencias para satisfacer sus requisitos.

Existen aseveraciones como: UNA PRUEBA VALE MAS QUE UNA DOCENA DE OPINIONES EXPERTAS, o bien, NINGUNA PRUEBA ES DIGNA DE CREDULIDAD A MENOS QUE ESTE RESPALDADA POR UNA TEORIA ADECUADA. Los ingenieros pueden ver y sopesar la verdad sobre estos puntos de vista en conflicto, excepto en el caso de que se adopte una visión distorsionada y estrecha del conocimiento; sin embargo, no son básicamente científicos. Si es necesario clasificarlos, deben considerarse más humanistas que hombres de ciencia.

Aquellos que dedican su vida a la ingeniería es probable que tomen contacto con casi todas las fases de la actividad humana. No Sólo necesitan tomar decisiones importantes sobre las características físicas de los materiales a utilizar en determinadas etapas de una obra, o sobre los lineamientos mecánicos de las estructuras y las máquinas, sino además, se ven confrontados con problemas de relaciones humanas ante el universo, y constantemente involucrados en problemas legales, económicos y sociológicos. Es una verdadera fortuna que los ingenieros casi nunca se molestan en enredar estos

problemas de relaciones humanas con designaciones técnicas y académicas.

Los ingenieros se guían por los datos y resultados de los hombres de ciencia, pero sus respuestas no están controladas sólo por la realidad física. Tratan de aprovechar los hechos, de manejarlos si se quiere, de ensamblarlos para formar nuevas relaciones. No ha habido un punto de vista más falso que aquél que visualiza a los ingenieros llegando inevitablemente a una solución única de sus problemas por medio de las matemáticas o de procedimientos de laboratorio; sus soluciones raramente son únicas. La ingeniería no es ciencia matemática aunque sí aprovecha muchos de los procedimientos matemáticos. A este respecto, es prudente recordar que, en asuntos de ingeniería un sano juicio y una experiencia razonable son, casi siempre, preferibles a los sistemas que dependen, de manera fundamental, de métodos mecánicos o matemáticos. O dicho de distinta forma, en toda investigación de ingeniería, se llega a un punto en el cual el buen juicio debe ser el factor determinante para adoptar decisiones.

Casi en todas partes y en todos los tiempos los ingenieros han tenido una característica que los identifica: quieren anotar algunos datos, hacer una gráfica, dibujar un plano. Los ingenieros toman muchos datos, pero lo hacen como una guía para sus razonamientos, no como respuesta a sus problemas.

Ellos desean obtener pruebas, conocer las proporciones de problema; quieren alguna forma de plano respecto hacia adonde van y que es lo que probablemente suceda cuando lleguen allí. El trabajo del ingeniero es sintético por naturaleza y consiste en agrupar fragmentos de las relaciones humanas, de las ciencias, las artes y los oficios para producir nuevos montajes. Hacer solamente un análisis de todos los elementos, o anotar la totalidad de los datos del problema, no quiere decir que se ha obtenido la solución. Los datos deben agruparse, ligarse para formar un nuevo montaje que involucre una gran cantidad de imaginación, colocarse con el debido respeto hacia la importancia de los elementos que intervengan y de la probabilidad de ocurrencia simultánea; todo lo cual necesita hacerse con cierta visión intuitiva de que es lo que se quiere y se desea obtener. Entonces y sólo entonces, se llegará a una solución de un problema de ingeniería.

Siempre ha habido muchas formas de construir, y varias maneras de salvar obstáculos. Algunas son mejores que otras bajo el punto de vista de la economía de los materiales, o de la mano de obra, o del tiempo requerido. Algunas se prefieren porque el producto es el más útil, y otras porque el resultado se apega de la mejor manera a las demandas de la conveniencia.

Este aspecto de la ingeniería no es aquél con el que se han familiarizado la mayor parte de las personas; ellas creen que

las obras de ingeniería se hacen en forma perfectamente mecánica; que esta disciplina es el resultado de la aplicación inflexible de fórmulas a los fenómenos físicos; tienen la impresión que en esta especialidad las leyes científicas se conocen con certeza y sin excepciones. Según piensan, estas leyes están contenidas en diagramas, tablas y ecuaciones, y representan hechos sobre los cuales no hay dudas, y de las que se deducen conclusiones con precisión infalible. Quienes han examinado con detalle la manera de pensar en la ingeniería saben que casi todos los diagramas están revestidos con signos de interrogación, y que, en la mayor parte de las ocasiones, las fórmulas son tan sólo la base para la discusión.

La gloria de la adaptación de la ciencia a las relaciones humanas pertenece a la ingeniería, de hecho, causa daño la falta de distinción entre ésta y la ciencia. El ingeniero no puede sustraerse a la necesidad delegar al detalle de todo aquello que proyecta y construye, a pesar del esfuerzo que se requiere, aún cuando, a veces, se trate de trabajos rutinarios y tediosos. Claro está que la concepción general de cualquier proyecto es lo más importante del mismo, pero las obras no se realizan basadas tan sólo en conceptos generales; es menester estudiar todos los detalles con anticipación, primero en planos que muestren lo que se ha ideado, y después, en el plan de construcción para materializar aquello que se indica en el papel. Es un grave error pretender resolver parte de los

problemas "SOBRE LA MARCHA" cuando hay posibilidades de analizarlos con la debida anticipación para lograr la solución satisfactoria de ellos. No confundamos estos conceptos; es preciso comenzar con los planteamientos globales, las ideas generales, los grandes planes, la elección de alternativas, pero antes de iniciar las obras, es necesario llegar al detalle de ellas, tanto en los dibujos como en los procedimientos de construcción.

En la actualidad, una de las obsesiones de muchas personas es la antítesis que conciben entre el individualismo y la reglamentación. El ingeniero llega a comprender, a medida que madura, que no necesariamente hay tal antítesis, que puede haber mucha libertad dentro de una estricta reglamentación, que ésta es mala si destruye la originalidad, y que la originalidad, cuando no se comprueba por medio de la evidencias del pasado y por el sentido común en el presente, podría mejor quedar limitada por alguna reglamentación.

Ante tales razonamientos demos entonces la definición de Ingeniería presentada por el Prof. Hardy Cross en su obra " Los Ingenieros y las Torres de Marfil " :

" La Ingeniería es, en esencia, una artesanía". "La gloria de los ingenieros es que son ARTESANOS, ARTISTAS Y CIENTIFICOS, por lo que siguen métodos sistemáticos y

ordenados y son altamente resistentes y antagonistas hacia el exceso de reglamentación “.

Los ingenieros demandan libertad ante su arte, libertad para volver a crear, para ordenar de nuevo. Ellos piensan que se debe dar un grado de énfasis variable a la importancia de las relaciones humanas, al génesis, al análisis, a la síntesis, a la creación de nuevos conceptos, al estudio de fenómenos conocidos, o a ensamblar cosas antiguas para hacer otras mejores.

La mayor parte de los escritos en ingeniería y sobre todo en ingeniería civil, tratan sobre resistencia y estabilidad por la razón muy cierta de que si una construcción no tiene la resistencia suficiente, poco importa qué otros atributos tenga; casi puede llegar a decirse que la resistencia es esencial y lo contrario carece de importancia. Varias fuentes ayudan al ingeniero para dictaminar sobre la estabilidad; ninguna de ellas es más importante que la otra: El análisis, los ensayos, la experiencia y el sentido común intuitivo que pueda desarrollar cada ingeniero en particular sobre la acción y el trabajo de una estructura. Todos son auxiliares pero también pueden ser peligrosamente contradictorios. Es muy frecuente que un ingeniero “ calcule “ una estructura y basado en ese cálculo, afirme la mayor de las aberraciones, aún cuando la realidad proclame a gritos otra cosa. Algunas especialidades técnicas

han servido a la larga, para aumentar sin necesidad los coeficientes de seguridad en la materia; si ese es el caso, se estaría mejor sin la técnica que con ella.

Es conveniente que los materiales por emplear sean de manufactura industrial; aquí la ventaja de la estandarización debe ser evidente para todos. Las cargas de proyecto, los métodos de análisis, los esfuerzos permisibles; es recomendable que todos ellos se adapten en lo posible a alguna norma, que para algunos tipos de trabajos está circunscrita de una manera estrecha, y para otros deja una considerable latitud al proyectista. Es propio estandarizar la construcción y sus métodos así como los materiales, los sistemas de fabricación y el criterio sobre la estabilidad y resistencia.

Pero la estandarización tiene otro propósito, aquí y en la mayor parte de las ramas de la ingeniería; se debe pensar en esta última distinguiendo sus rasgos creativos de sus técnicas rutinarias. Es evidente que en todos los tiempos han existido hombres que promovieron adelantos físicos, no importa que nombres hayan recibido. A medida que aumentaba la complejidad de los proyectos, llegó el momento en el cual había más trabajo por hacer que individuos para efectuarlo o tiempo para pensar sobre los problemas. Resultó deseable y aún necesario, hacer en el campo intelectual, lo que ya antes

se había llevado a cabo en el de la manufactura: establecer una serie de procedimientos rutinarios para el análisis y el proyecto; que se tradujo en la elaboración de una serie de fórmulas, reglas y normas que podían seguirse dentro de ciertos límites por hombres entrenados en su vocación, por personas que habían aplicado la fórmula en la misma forma una y otra vez hasta duplicar los resultados satisfactoriamente. Con estas fórmulas estandarizadas y con especificaciones y métodos fue posible el empleo de un mayor número de individuos, de personas con menos entrenamiento, para producir obras de ingeniería. Apareció entonces lo que de hecho es una línea de ensamble intelectual; tenía la ventaja de que los profesionistas podían seguir las normas y llegar a los mismos resultados sin importar que se emplearan en México o cualquier otro lugar del mundo, y cualquiera que fuese su condición de salud o su estado de ánimo cuando hacían sus cálculos. En otras palabras el trabajo podía revisarse.

En este punto, algo que originalmente era inteligente: recolectar y sopesar los datos y pensar sobre criterios de estabilidad y resistencia se había estandarizado como una línea de montaje; los hombres podían hacer en ella repetidamente la misma operación en forma clara y definida.

Sin líneas de montaje, y sin el uso de mentes mecánicas, sería imposible obtener todo el volumen de trabajo que producen en

la actualidad las empresas de ingeniería. Al mismo tiempo, la mayor parte de los ingenieros están totalmente familiarizados con el resultado trágico de la estandarización cuando se usa sin discernimiento o sin control.

Lo importante aquí es que algunos tipos de planificación, proyecto y experimentación pueden colocarse en una línea de ensamble, y otros solamente en la línea de ensamble de mentes entrenadas, pero que gran parte del trabajo trascendental no es posible hacerlo siguiendo reglas fijas, fórmulas estandarizadas o métodos rígidos.

La línea de montaje nunca puede sustituir a la mente que ha creado. Una vez establecido un sistema, sus partidarios más entusiastas pretenden hacer del mismo una panacea, y lo que inicialmente es un remedio pasa a ser una enfermedad; en este aspecto, la ingeniería no es la excepción y ha sufrido una serie de enfermedades crónicas: en un tiempo fue la **CALCULITIS AGUDA**; después vino la **LABORATORITIS** y en estos días la **COMPUTADORITIS**.

Las máquinas, los métodos y los sistemas jamás podrán tomar el lugar de los hombres, algunas veces será necesario cambiar las técnicas antiguas, y otras abandonarlas, debiendo elaborar procedimientos originales. Si se quiere crear técnicas nuevas,

es preciso que los ingenieros se entrenen con anticipación; la profesión debe perfeccionar sus herramientas y tenerlas listas antes de que surja la emergencia, lo que quiere decir que es necesario disponer de alguna medida de estandarización.

El esfuerzo para obtener resultados inteligentes por medio de la estandarización se ha llevado demasiado lejos en la ingeniería civil. En el concreto hidráulico reforzado, por ejemplo, ha sido necesario desarrollar normas muy elaboradas y de ellas se obtuvo una serie de procedimientos estrechamente circunscritos que llamamos " **LA TEORIA DEL CONCRETO REFORZADO**".

En la ingeniería no deben existir intentos de estandarizar a menos que se tengan razones para ello; algunos, no obstante, desean implantar normas en lugares en donde no se obtiene verdadera ventaja en hacerlo. Sin embargo, la estandarización como una manera de exponer a los ineptos y a los corruptos, o de establecer una línea de montaje intelectual, ha servido bien al mundo de la ingeniería.

La situación empeora cuando muchos ingenieros resultan " más papistas que el Papa ". Por ejemplo, las cargas vivas

utilizadas en el proyecto de puentes para ferrocarril, las más usadas fueron establecidas por Teodoro Cooper, allá por el año de 1880; si Cooper reviviese y se diese cuenta que sus cargas siguen empleándose después de haber pasado casi 120 años, cuando ya no se fabrican locomotoras de vapor, cuando en la actualidad las cargas vivas reales que obran en las estructuras de ferrocarril son totalmente distintas que las que él consideró al elaborar sus especificaciones, no se dudaría que fuera él el primero en rechazarlas.

Por desgracia los objetivos de la estandarización con frecuencia se han concebido en forma errónea y fuera del mundo de la ingeniería. Estandarizar a ciegas y en gran escala en cualquier rama de la ingeniería no conduce a resultados positivos. Cuando se resuelve algún problema y la respuesta se conoce en forma definida, ya es tiempo de investigarlo de nuevo, porque probablemente lo que se conoce del problema, corresponda sólo a ciertos materiales en particular. Pero la novedad no debe seguirse por sí misma. Algunas veces lo novedoso consiste sólo en hacer otra cosa casi en la misma forma que se había hecho antes. Por ningún motivo podemos considerar como novedoso el uso de modelos mecánicos; el principio involucrado en el medidor de deformaciones se remonta al siglo pasado; la mecánica de suelos es un nombre relativamente moderno, pero el estudio de las cimentaciones,

de presiones en los suelos, de su resistencia, no es cosa nueva.

En general, los objetivos de la ingeniería son la flexibilidad del diseño y la simplicidad de la construcción. El proyecto debiera buscar la conveniencia, o el uso, o la belleza del contorno, para obtener una construcción simple y económica. El perfeccionamiento de una solución puede deberse al conocimiento especializado del ingeniero de la especialidad de que se trate, o a la habilidad de un constructor para diseñar y aplicar los procedimientos constructivos. Algunas veces se justifica acreditar una solución a la gracia del fabricante del equipo, o quizá a un hombre dedicado a realizar obras en las que es capaz de mezclar un buen concreto.

La historia de la ingeniería, de cualquier especialidad, representa el avance paralelo de cuatro elementos: **LOS MATERIALES, LOS METODOS USADOS EN LAS OBRAS Y EN LOS TALLERES, LOS CONCEPTOS USADOS EN EL DISEÑO, Y AQUELLAS ILUSTRACIONES QUE HACEN MAS DEFINIDOS Y CLAROS LOS ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO**

Por último, y con el fin de terminar nuestra intervención en esta sesión, citaremos las ideas sobre este tema vertidas por el Profesor Hardy Cross, en su obra: LOS INGENIEROS Y LAS TORRES DE MARFIL.

En muchas especialidades, incluyendo la ingeniería civil y por supuesto la ingeniería de vías terrestres, ha llegado el tiempo de hacer un inventario. Existe una continua producción de herramienta analítica, una acumulación constante de datos y ensayos, una construcción incesante de máquinas y estructuras que se supone son más grandes y mejores. Pero ahora se requiere hacer el inventario de lo que conocemos, de lo que ignoramos, de lo que debemos conocer y por qué es necesario conocerlo. Hacemos mal en continuar indefinidamente agregando, agregando, agregando a los útiles del conocimiento, sin la debida combinación y eliminación.



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

C U R S O S A B I E R T O S .

SUPERVISION DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y REHABI-
LITACION DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA.

FECHA: DEL 1o. AL 5 DE MAYO DE 1995.

TEMA: GEOMETRIA DE LA VIA.

TRADUCTOR Y EXPOSITOR.

ING. ISAAC MOSCOSO LEGORRETA.

I N D I C E

- 1.- GEOMETRIA DE LA VIA.
- 2.- PLANEACION APOYADA EN LA GEOMETRIA DE LA VIA, PRIMERA PARTE.
- 3.- PLANEACION APOYADA EN LA GEOMETRIA DE LA VIA, SEGUNDA PARTE.
- 4.- INDICES DE CALIDAD DE LA VIA, PRIMERA PARTE - ESTADISTICAS.
- 5.- INDICES DE CALIDAD DE LA VIA, SEGUNDA PARTE - ALTERNATIVAS.
- 6.- EFECTO DE LA CARGA POR EJE, EN LAS MEDICIONES CON CARRO - GEOMETRICO.
- 7.- PLANIACION DEL MANTENIMIENTO - CAMBIOS EN LA PLANEACION.
- 8.- PRONOSTICOS DE NECESIDADES DE MANTENIMIENTO.
- 9.- NECESIDADES DE REPOSICION DE VIA, COMO UNA FUNCION DE LA DENSIDAD DE TRAFICO.
- 10.- PLANEACION DE MANTENIMIENTO DE VIA Y DEGRADACION DE SUS COMPONENTES (RT&S, DIC/92).
- 11.- CUADROS.

SECCIÓN

GEOMETRÍA DE LA VÍA

EL MANTENIMIENTO DEL SOPORTE APROPIADO Y DE LA GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA, ES ESENCIAL PARA CONSERVAR LA UNIFORMIDAD DE LA VÍA.

DEFINIR LA CALIDAD DEL SOPORTE O ESTABILIDAD DE LA VÍA ES UN OBJETIVO BASTANTE COMPLEJO, DADA LAS MÚLTIPLES SITUACIONES E INTERPRETACIONES DE ESTE CONCEPTO.

LA DETERMINACIÓN Y EMPLEO DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE VÍA (ICV), PARA MEDIR Y DEFINIR LA CONDICIÓN DE LA VÍA Y DE SU GEOMETRÍA ES UNA TÉCNICA DE RECIENTE APARICIÓN, CONSTITUYE UNA HERRAMIENTA DE CONSIDERABLE VALOR PARA LA PLANEACIÓN Y DESARROLLO DE PROGRAMAS DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y RECONSTRUCCIÓN DE VÍAS.

QUE SE ENTIENDE POR "CALIDAD DE VÍA".

LA IMPORTANCIA DE CONTAR CON UN BUEN APOYO O "CIMENTACIÓN" DE UNA VÍA ES MUY OBVIO PARA LOS INGENIEROS DE VÍA: SIN EMBARGO EL ARTE DE DETERMINAR LA ADECUACIÓN DE ESTE SOPORTE, ESPECIFICAMENTE LA DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES DEL BALASTO, SUBBALASTO Y CAPA DE SUBRASANTE, HA SIDO HISTORICAMENTE UN CONCEPTO VAGO Y SUBJETIVO.

LA DEGRADACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA VÍA EN SU ASPECTO GEOMÉTRICO, QUE ES EL RESULTADO DE LAS DEFORMACIONES DE LAS CAPAS QUE LE SUBYACEN, CON FRECUENCIA SIRVE PARA MONITOREAR LAS CONDICIONES DE SOPORTE; ESTO ES PARTICULARMENTE VÁLIDO CON EL USO, CADA VEZ MÁS EXTENDIDO DE LOS CARROS GEOMÉTRICOS (VÍA), QUE PROPORCIONAN UNA INFORMACIÓN RELATIVAMENTE SENCILLA DE LA DEGRADACIÓN DE LA SUPERFICIE (NIVEL Y LÍNEA) DE LA VÍA.

UNA VIEJA Y UTIL DEFINICIÓN.

UNA DEFINICIÓN DE LAS CONDICIONES DE SOPORTE O APOYO DE LA VÍA, DE HECHO HA EXISTIDO, DESDE HACE UNOS 100 AÑOS, SE TRATA DE UN MODELO TEÓRICO QUE SUPONE QUE LA VÍA SE COMPORTA COMO UNA VIGA CONTINUA: EL RIEL CONSTITUYE LA VIGA Y LOS DURMIENTES LOS APOYOS, DESCANSANDO DE UNA CAPA UNIFORME Y ELÁSTICA: ESTE CONCEPTO CON FRECUENCIA SE CITA COMO "VIGA SOBRE APOYO ELASTICO", TEORIA SUSTENTADA Y DEFENDIDA POR WIKLER EN 1986 Y AMPLIAMENTE EXTENDIDA POR EL PROFESOR TALBOT EN SU "COMITE ESPECIAL SOBRE ESFUERZOS EN LA VÍA".

EL MODELO INTRODUCE UN TÉRMINO " μ ", MODULO VERTICAL DE LA VÍA O "MODULO DE ELASTICIDAD DEL SOPORTE DEL RIEL: EN REALIDAD " μ " ES UNA MEDIDA DE LA RIGIDEZ VERTICAL DEL SOPORTE DEL RIEL; DICHO SOPORTE ESTÁ CONSTITUIDO POR: DURMIENTES, CAPA DE BALASTO, CAPA SUBBALASTO Y CAPA DE SUBRASANTE (TERRACERIA); TAMBIEN SE PUEDE AFIRMAR QUE " μ " ES UN COEFICIENTE QUE RELACIONA LA DEFLEXION DE LA VÍA CON LA CARGA Y ES,

RELATIVAMENTE INDEPENDIENTE DE LA SECCIÓN O CALIBRE DEL RIEL; ESTO SE PUEDE OBSERVAR EN LA GRAFICA DEL CUADRO # 1, QUE MUESTRA LA RELACIÓN ENTRE EL " MÓDULO DE VÍA" Y LA DEFLEXIÓN VERTICAL DEL LA VÍA.

UN GRAN NÚMERO DE PRUEBAS REALIZADAS POR EL "COMITÉ TALBOT" Y OTROS INVESTIGADORES, HAN DESARROLLADO RELACIONES ENTRE LA CONFIGURACIÓN DE LA VÍA Y LOS VALORES DEL MÓDULO DE VÍA CON ESTOS VALORES HAN DEFINIDO, EN FORMA CUANTITATIVA, LAS CONDICIONES DE SOPORTE O APOYO DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA. EXISTE OTRO CÚMULO DE DATOS BASADOS EN PRUEBAS DE CAMPO ESTÁTICAS PARA DIFERENTES TIPOS DE VÍA.

COMO SE PUEDE OBSERVAR EN LA FIGURA DEL CUADRO #1, A VALORES BAJOS DEL MODULO DE VÍA CORRESPONDEN MALAS CONDICIONES DE VÍA, DICHO DE OTRA FORMA: A BAJOS VALORES DE APOYO DE LA VÍA CORRESPONDEN FUERTES DEFLEXIONES DEL RIEL, BAJO CARGAS.

INVESTIGACIONES SUBSECUENTES HAN MOSTRADO QUE ES DESEABLE CONTAR CON ALTOS VALORES DEL MODULO DE VÍA: EN VÍA TRADICIONAL VALORES DEL ORDEN DE 2,500 LBS/PULG/PULG., SON MUY ACEPTABLES. EN VÍAS CON DURMIENTE DE CONCRETO Y RIEL SOLDADO CONTINUO SE HAN MEDIDO VALORES DEL ORDEN DE LAS 7,000 LBS/PULG/PUG, SIN EMBARGO ESTOS VALORES TAN ALTOS PRODUCEN VÍAS DEMASIDADO RÍGIDAS, DAÑINAS PARA EL EQUIPO Y PARA LA PROPIA VÍA, POR EL EFECTO DINÁMICO RUEDA-RIEL.

INTEPRETACIÓN DINAMICA.

EL MODULO DE VÍA, QUE HA SIDO UNA HERRAMIENTA DE MUCHA UTILIDAD, HA SIDO DETERMINADO POR MEDIO DE PRUEBAS ESTATICAS .

ALGUNAS INVESTIGACIONES MÁS RECIENTES, SE HAN PREOCUPADO POR DETERMINAR EL VALOR O VALORES DE ESTE MODULO BAJO CONDICIONES DE CARGA MÓVIL; OTRAS ACCIONES DE INVESTIGACIÓN EN LA MATERIA, HAN CONFIRMADO LA FACTIBILIDAD DE OBTENER ESTA INFORMACIÓN A TRAVÉS DE VEHÍCULOS EN MOVIMIENTO, ESTAS CONSIDERACIONES POTENCIALES, OBTENIDAS CON AMPLIAS PRECISIONES DE MEDICIÓN, DE FORMA EFECTIVA Y EFICIENTE, COMO PUEDEN SER LOS VEHÍCULOS MEDIDORES DE LA GEOMETRÍA, OPERANDO EN RANGOS DE VELOCIDADES MUY ACEPTABLES.

PLANEACION APOYADA EN LA GEOMETRIA DE LA VIA - PRIMERA PARTE

PLANEACION APOYADA EN LA GEOMETRIA DE LA VÍA.-

PRIMERA PARTE.

LA HABILIDAD PARA IDENTIFICAR Y PRONOSTICAR EL DETERIORO DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA, ASÍ COMO EL USO DE ESTA INFORMACIÓN, COMO PIEDRA ANGULAR EN LA PLANEACIÓN DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO, PUEDE SER DE GRAN VALOR PARA UN SISTEMA FERROVIARIO, EN EL CONJUNTO DE SUS ACCIONES DE MANTENIMIENTO.

ESTA ENCAMINADO AL PROPOSITO DE PRONOSTICAR EL COMPORTAMIENTO DE TODOS LOS COMPONENTES CLAVE DE LA VÍA. AQUI EL OBJETIVO SERA EL DATO DE LA GEOMETRIA DE LA VÍA, PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES Y PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.

EL TÉRMINO "GEOMETRIA DE LA VÍA", COMO SE EMPLEARÁ AQUI, SE REFERIRÁ A LA GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA, EN EL ESPACIO Y EN UN DETERMINADO LAPSO DE TIEMPO.

LOS ELEMENTOS BÁSICOS DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA INCLUYEN:

-SUPERFICIE O PERFIL.- QUE ES LA DESVIACIÓN VERTICAL DE LA VÍA.

-ALINEAMIENTO.- QUE ES LA DESVIACIÓN LATERAL U HORIZONTAL DE LA VÍA.

-ESCANTILLÓN.- QUE ES LA DISTANCIA ENTRE CARAS INTERIORES DE RIELES.

-NIVEL TRANSVERSAL O SOBRE-ELEVACIÓN, EN VÍA CURVA.- QUE ES LA DIFERENCIA DE ELEVACIONES ENTRE LOS DOS RIELES. Y

-ALABEO.- LA VARIACIÓN, EN SENTIDO CONTRARIO DEL NIVEL TRANSVERSAL.

EL MONITOREO CONSTANTE DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA PROPORCIONA UNA INFORMACIÓN DEL ESTADO DE LA VÍA, CUANDO SE LE COMPARA CON LAS NORMAS O ESTÁNDARES PREVIAMENTE ESTABLECIDOS. ESTAS NORMAS REPORTAN LAS DIFERENCIAS MÁXIMAS PERMISIBLES O TOLERANCIAS, PARA UNA VÍA CON UN TRÁFICO DADO Y OTRAS CONDICIONES DE OPERACIÓN, PUDIENDO VARIAR SIGNIFICATIVAMENTE PARA OPERACIÓN DE TRENES DE CARGA O DE PASAJEROS.

LA GEOMETRÍA DE LA VÍA SE PUEDE COMPROBAR POR METODOS MANUALES O VISUALES; MÁS RECIENTEMENTE POR MEDIO DE "CARROS GEOMÉTRICOS".

EL PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN POR MEDIO DE VEHÍCULOS MEDIDORES, EL CUAL HA SIDO DE USO AMPLIO Y COMÚN EN LOS FERROCARRILES NORTEAMERICANOS, ESPECIALMENTE CON CON TRÁFICO DE CARGA, HA PROBADO SER UNA TÉCNICA EFECTIVA, PARA MEDIR UNIFORME Y CONSISTENTEMENTE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS, DE TODA UNA RED FERROVIARIA.

EN LA MEDIDA QUE SE INCREMENTA EL USO DE LOS "CARROS MEDIDORES" Y CONSECUENTEMENTE LA HABILIDAD DE OBTENER LOS DATOS GEOMÉTRICOS CON RAZONABLE EXACTITUD, TAMBIÉN SE INCREMENTA EL USO DE TAL INFORMACIÓN EN LOS PRONÓSTICOS DE LA DEGRADACIÓN, PARA ASOCIARLOS CON EL MANTENIMIENTO DE LA VÍA.

TRES APLICACIONES DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA

LOS DATOS OBTENIDOS DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA PUEDEN USARSE EN TRES VERTIENTES, COMO SE DESCRIBE EN EL CUADRO #2:

LA PRIMERA REPRESENTA LA APLICACIÓN MÁS COMÚN, LA BUSQUEDA DE EXCEPCIONES DE NORMAS ESPECÍFICAS. ESTE PROCEDIMIENTO SE DISEÑA PARA LOCALIZAR UNA CORRECCIÓN INMEDIATA, DEFECTOS DE LA VÍA QUE NORMALMENTE SE PRESENTAN, INCLUYENDO DEFECTOS POTENCIALMENTE PELIGROSOS QUE EXCEDEN LAS TOLERANCIAS ESTABLECIDAS POR LOS FERROCARRILES O LAS NORMAS DE SEGURIDAD FIJADAS POR ORGANISMOS GUBERNAMENTALES.

LA SIGUIENTE APLICACIÓN O USO, COMO UNA EXTENSIÓN DE LA PRIMERA, ES LA PLANEACIÓN INMEDIATA DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO, TAMBIÉN APLICA ÍNDICES O CRITERIOS DE CALIDAD, COMO PUEDE SER EL "ÍNDICE DE CALIDAD DE LA VÍA" ($ICV = TQI$), QUE SE BASA EN LAS MEDIDAS GEOMÉTRICAS REALES.

EL "ÍNDICE DE CALIDAD DE LA VÍA" SIRVE AL PERSONAL ENCARGADO DEL MANTENIMIENTO, PARA ANALIZAR, EVALUAR Y ESTABLECER PRIORIDADES, PARA SEGMENTOS O TRAMOS DE VÍA, CON EL FIN DE ASIGNARLES RECURSOS.

INVESTIGACIONES MUY IMPORTANTES HAN SIDO ENCAMINADAS A DESARROLLAR ÍNDICES ADECUADOS DE CALIDAD DE LA VÍA, UN GRUPO DE ELLOS SE CONSIGNAN EN EL CUADRO #3.

ESOS ÍNDICES DE CALIDAD ESTAN RELACIONADOS DIRECTAMENTE A MEDICIONES REALIZADAS CON EL CARRO MEDIDOR. OTRAS FORMAS MUY VARIADAS DE "ICV" HAN SIDO DESARROLLADAS TANTO PARA UN PARÁMETRO INDIVIDUAL DE VÍA, COMO PARA UNA COMBINACIÓN DE ELLOS.

EL TERCER USO O APLICACIÓN DE LOS DATOS DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA ES LA DE PREDECIR VARIACIONES EN LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS VÍAS, PARA LA ELABORACIÓN DE PRONÓSTICOS Y PLANES A LARGO PLAZO.

CUADRO #2.- EMPLEO DE LA INFORMACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA.

USO.	DATOS Y ANALISIS	ACCIONES Y RESULTADOS.
1.- EXCEPCIONES	ANALISIS, MANUALES O AUTOMATICOS PARA PROPORCIONAR LA UBICACIÓN Y NATURALEZA DE LA EXCEPCION.	CORRECCION DEL DEFECTO PARA REDUCIR O ELIMINAR EL RIESGO DEL ACCIDENTE A LA VÍA O A LOS TRENES.
2.- ESTADO ACTUAL DE LAS CONDICIONES DE LA VÍA.	ANÁLISIS AUTOMÁTICO PARA PROPORCIONAR "ÍNDICES DE CALIDAD DE LA VÍA", PARA SEGMENTOS DETERMINADOS DE VÍA.	USO EN PLANES DE MANTO. PARA GUIAR EL ESFUERZO DE MANTO. PARA REDUCIR COSTOS Y RIESGOS DE EMERGENCIAS.
3.- PREDICCIÓN DE CAMBIOS EN LAS CONDICIONES DE LA VÍA.	EL "ÍNDICE DE CALIDAD DE LA VÍA" CAMBIA CON EL TIEMPO, CON EL TRÁFICO, LA ESTRUCTURA DE LA VÍA Y LOS DATOS DE MANTENIMIENTO.	USO PARA ESTABLECER PLANES DE MANTENIMIENTO A LARGO PLAZO, ENTENDIENDO LAS CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN DE LA VÍA Y EVALUANDO LA EFECTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO.

CUADRO #3 ÍNDICES DE CALIDAD DE VÍA (ICV)

VARIABLE	CÓDIGO	NOMBRE	UNIDAD
y1	GAMN	ESCANTILLON PRINCIPAL	CM.
y2	GASD	DESVIACION ESTANDAR DEL ESCANTILLON	CM.
y3	GA99	99% DEL ESCANTILLON	CM.
y4	GA3M	TERCER MOMENTO DEL ESCANTILLON	CM3/1000
y5	GA4M	CUARTO MOMENTO DEL ENCAMILLÓN.	CM4/1000.
y6	XLDV	DESVIACIÓN ESTANDAR DEL NIVEL TRANSVERSAL	CM.
y7	WASD	DESVIACION ESTANDAR DEL ALABEO.	CM.
y8	WA99	99% DEL ALABEO.	CM.
y9	PRSD	DESVIACION ESTANDAR DEL PERFIL EN CURVA	CM.
y10	PRSM	DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA ORDENADA MEDIA (CUERDA CORTA) DEL PERFIL	CM/1000.
y11	PR99	99% DEL <u>MCO</u> INTERMEDIO DEL PERFIL	CM.
y12	ALSD	DESV. ESTANDAR DEL ALINEAMIENTO EN CURVA	CM.
y13	ALSM	DESVIACIÓN ESTANDAR DEL <u>MCO</u> CORTO DEL ALINEAMIENTO.	CM/1000.
y14	BSEL	VALOR <u>RMS</u> DE LA DESVIACIÓN DEL NIVEL TRANSVERSAL DE LA SOBRELEVAC. DE EQUILIBRIO	CM.

NOTA.- MCO.- ORDENADA MEDIA (CUERDA CORTA)

PLANEACION APOYADA EN LA GEOMETRIA DE LA VIA - SEGUNDA PARTE

PLANEACIÓN APOYADA EN LA GEOMETRÍA DE LA VÍA

SEGUNDA PARTE

PARA LA PLANEACIÓN DE LARGO PLAZO, LOS DATOS OBTENIDOS DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA, REQUIEREN UN NIVEL DE PROCESO ADICIONAL, COMO SE ILUSTRAN EN LA FIGURA DEL CUADRO #4.

DOS VARIABLES

EXISTEN DOS VARIABLES BÁSICAS EN EL EMPLEO DE LOS DATOS PARA PRONOSTICAR LA DEGRADACIÓN O ALTERACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA.

LA PRIMERA VARIABLE REQUIERE SOLAMENTE LA INFORMACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE VÍA, EN SI MISMA, RECAE EN LA ACUMULACIÓN DE DATOS DE LA GEOMETRÍA A TRAVÉS DE UN PERÍODO DE TIEMPO DETERMINADO, PERO OBTENIENDO DISTINTOS INTERVALOS DE TIEMPO U HORIZONTES, DADO UN PERÍODO DE TIEMPO SUFICIENTE Y EL DESARROLLO DE RELACIONES ÍNTIMAS ENTRE LOS PARÁMETROS CLAVE DE LA GEOMETRÍA DE VÍA O ÍNDICES BASADOS EN LA GEOMETRÍA, COMO PUEDEN SER LOS "ÍNDICES DE CALIDAD DE LA VÍA" (ICV), EN ESTA FORMA EL DETERIORO DE LA VÍA PUEDE PRONOSTICARSE.

A LA FECHA, SIN EMBARGO, SOLAMENTE SE HAN HECHO APLICACIONES ESPORÁDICAS DE ESTE MÉTODO: UN MODELO DE ESTE TIPO SE HA DESARROLLADO E IMPLEMENTADO POR LOS MÁS IMPORTANTES FERROCARRILES DEL ESTE DE LOS ESTADOS UNIDOS DE N.A.; EN ESTAS APLICACIONES LA INFORMACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE VÍA ES TRADUCIDA A "ÍNDICES DE CALIDAD" (ICV), QUE, EN CIERTA FORMA REPRESENTAN EL "ESTADO DE LA VÍA".

ESTOS DATOS SON CONJUNTADOS, EN GRUPOS DE VARIOS PARÁMETROS AFINES, CONSTITUYENDO SERIES MATEMÁTICAS REPRESENTATIVAS DE LOS "ICV", DEL SEGMENTO O TRAMO DE VÍA QUE SE PRETENDE ANALIZAR; ESTAS PRODUCEN UNA "ECUACIÓN DEL ESTADO DE LA VÍA", PARA ESE TRAMO DE VÍA, EN UN INSTANTE DE TIEMPO DADO.

DESPUÉS DE LA OBTENCIÓN DE TALES "ECUACIONES DE ESTADO"; A DIFERENTES HORIZONTES DE TIEMPO SE PUEDE OBTENER UNAS SERIES MATEMÁTICAS PARA ESOS "ICV", CON REFERENCIA AL TIEMPO Y AL ESPACIO. ESTAS SERIES MATEMÁTICAS SE EMPLEAN PARA LOS PRONOSTICOS DEL "DETERIORO DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA". MIENTRAS EL CONCEPTO ES MATEMÁTICAMENTE COMPLEJO, LAS APLICACIONES REALES PUEDEN SER RELATIVAMENTE SENCILLAS, CUANDO SE COMPARA CON EL MANEJO DE GRANDES CANTIDADES DE DATOS.

COMBINANDO LA INFORMACIÓN:

LA SEGUNDA VARIACIÓN EN EL USO DE LA INFORMACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA, PARA PRONOSTICAR EL DETERIORO DE LA VÍA, IMPLICA LA COMBINACIÓN DE LA INFORMACIÓN (DATOS) EN SI MISMA (POR LO MENOS UN LOTE DE DATOS, EN UN HORIZONTE DE TIEMPO), CON EL TRÁFICO ESPECÍFICO Y LOS PARÁMETROS DE LA VÍA QUE AFECTAN EL DETERIORO DE LA MISMA. ESTA APROXIMACIÓN COMPRENDE EL DESARROLLO DE MODELOS EMPÍRICOS PARA LA DEGRADACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE VÍA, BASADOS EN AMBOS DATOS: LAS MEDICIONES REALES Y LOS PARÁMETROS QUE SE RELACIONAN CON EL DETERIORO DE LA VÍA.

EL CUADRO #5 MUESTRA UNA LISTA DEL TRÁFICO, VÍA Y PARÁMETROS DE MANTENIMIENTO QUE HAN SIDO EXAMINADOS PARA USARSE EN TALES "MODELOS DE DEGRADACIÓN COMBINADOS".

SE HAN DESARROLLADO VARIAS PREDICCIONES MEDIANTE ESTA APLICACIÓN.

EN ALGUNOS CASOS MAS QUE PRONOSTICAR EL DETERIORO FÍSICO DE LA VÍA EN SÍ, SE PRETENDE PREDECIR LOS "ÍNDICES DE CALIDAD DE LA VÍA CRÍTICOS", ESTO ESTA RELACIONADO DIRECTAMENTE CON LAS MEDICIONES QUE SE REALIZAN CON "EL CARRO GEOMÉTRICO".

LAS RELACIONES DE DEGRADACIÓN REAL DESARROLLADAS A PARTIR DE ANÁLISIS DE REGRESIÓN ESTADÍSTICA, PARA UN DETERMINADO CONJUNTO DE DATOS.

SIN EMBARGO LAS DOS APROXIMACIONES MENCIONADAS SELECCIONAN LOS "ICV" QUE SON MÁS SENSIBLES A LA DEGRADACIÓN, AMABOS USAN "ICV" QUE REPRESENTAN LA GEOMETRÍA MEDIDA, EL TRÁFICO DE TRENES, ASÍ COMO LA VÍA Y LOS PARÁMETROS DE MANTENIMIENTO. (CUADRO #5).

EN GENERAL, NO TODOS LOS PARÁMETROS DEFINIDOS EN EL CUADRO #5, O USADOS EN LAS "ECUACIONES DE DEGRADACIÓN", FUERON DE ALGUNA SIGNIFICACIÓN PARA PRONOSTICAR LOS FUTUROS ÍNDICES DE CALIDAD DE LAS VÍAS (ICV), LA ÚNICA EXCEPCIÓN IMPORTANTE A LO ANTERIOR, ES EL ÚLTIMO VALOR DEL JCV QUE SIEMPRE ES DE SIGNIFICADO ESTADÍSTICO.

PARA LAS OTRAS VARIABLES, EL SIGNIFICADO ESTADÍSTICO VARIÓ CONSIDERABLEMENTE, SIN EMBARGO, EN AMBOS CASOS SE ENCONTRÓ QUE ESTADÍSTICAMENTE LA ECUACIÓN DE PREDICCIÓN ES VÁLIDA PARA QUE LA GEOMETRÍA DE VÍA PUDIERA DESARROLLARSE CON ÍNDICES DE CALIDAD DE VÍA CLAVES, MEDIANTE EL USO DE LA ÚLTIMA MEDICIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA Y DE ADECUADOS PARÁMETROS DERIVADOS DE LA VÍA Y EL TRÁFICO.

LO MAS SIGNIFICATIVO DE ESTOS ESTUDIOS FUE LA CONCLUSIÓN DE QUE RELACIONES DE PREDICCIÓN PARA CONDICIONES DE VÍA, PUEDEN DESARROLLARSE.

BASADAS EN LA INFORMACIÓN DE LA GEOMETRÍA DE VÍA, (MEDIDA), SON MUY ÚTILES PARA PRONOSTICAR EL DETERIORO DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA, CON EL TRÁFICO Y EL TIEMPO Y ESTO CONSTITUYE LAS BASES PARA LOS PLANES DE LARGO PLAZO, EN LOS SISTEMAS FERROVIARIOS.

CUADRO #5.- PARÁMETROS CAUSALES DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA.

CATEGORIA.	PARÁMETROS CAUSALES	UNIDAD	ANALISIS USADO EN	
			FASES I Y II	FASE III
TRÁFICO	TONELAJE ACUMULADO	MTB	X	X
	CARGAS POR EJE.	%	X	X
	VELOCIDAD DE OPERACION	KM/H	X	
	VELOC. DE OPERAC. MODIFIC	KM/H		X
ESTRUCTURA DE VÍA	CURVATURA.	G.	X	X
	CALIBRE DE RIEL.	KGS/M	X	X
	TIPO DE RIEL	SOLD/EMP	X	X
	EDAD DEL RIEL	AÑOS		X
	TIPO DE BALASTO.	ÍNDICE FIN		X
	ESTADO DEL BALASTO	LIMPIO/SUCIO	X	X
	CONDIC. DEL DRENAJE	BUENO/MALO	X	X
	PERFIL DEL RIEL	% VENCIDO		X
	TIEMPO DE HABER NIVELADO	MESES	X	
MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO BASICO	NIVELES:		
		0, 10, 20, 30%	X	
	PRODUC. EN MANTENIMIENTO	NIVELACIÓN Y CAMBIO DTES, CAMBIO DE RIEL		X

INDICES DE CALIDAD DE LA VIA, PRIMERA PARTE - ESTADISTICAS

ÍNDICES DE CALIDAD DE LA VÍA (ICV).-

PRIMERA PARTE.- ESTADÍSTICAS.-

EL USO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA A PARTIR DE LAS MEDICIONES CON VEHÍCULO GEOMÉTRICO, HA LLEGADO A SER UN HÁBITO COMÚN DE LOS TRABAJOS DE INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE VÍAS DE UN GRAN NÚMERO DE SISTEMAS FERROVIARIOS LA APLICACIÓN ESPECÍFICA DE ESTE TIPO DE INFORMACIÓN INCLUYE:

- EL CONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES GEOMÉTRICAS E INDIRECTAMENTE FÍSICAS DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA.
- EL PUNTO CENTRAL DE LA UBICACIÓN DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO ESPECÍFICAS.
- PLANEACIÓN DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO Y/O REHABILITACIÓN, A CORTO Y LARGO PLAZOS, UN ÁREA DE APLICACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA DE LOS CARROS GEOMÉTRICOS, HA SIDO EL DESARROLLO Y USO DE LOS "ÍNDICES DE CALIDAD DE LA VÍA" (ICV), MISMO QUE SON HOY POR HOY, LA HERRAMIENTA INDISPENSABLE PARA EVALUAR LAS CONDICIONES DE LA VÍA.

LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE LA VÍA VIENEN A SER LA REPRESENTACIÓN NÚMERICA DE LOS VALORES DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA EN UN TRAMO O SECCIÓN, PROPORCIONA UN ESTATUS MÁS GENERAL EN COMPARACIÓN CON UN SIMPLE REPORTE DE VÍA.

COMPARACIONES..-

ADICIONALMENTE AL CARÁCTER CÓMODO DE LA INFORMACIÓN DE GRANDES LONGITUDES DE VÍA, LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE VÍAS (ICV) TAMBIÉN PROPORCIONAN UN AMPLIO PANORAMA DE LAS CONDICIONES DE VÍA, EN COMPARACIÓN CON UN ESCUETO REPORTE DE APROBACIÓN O RECHAZO, ADEMÁS LOS "ICV" PUEDEN DETERMINAR QUE TAN CERCA, LA VÍA EN CUESTIÓN, ESTA DENTRO DE LAS NORMAS ESTABLECIDAS, O QUE TAN FUERA SE ENCUENTRA DE ESOS ESTÁNDARES ASIMISMO LOS "ICV" PUEDEN PERMITIR COMPARATIVOS DE CALIDAD ENTRE DOS O MÁS SEGMENTOS DE VÍA.

EN ESENCIA LOS "ICV" SON EL MEDIO DE CONDENSAR UN GRAN VOLUMEN DE DATOS DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA, PARA PRESENTARLOS COMO PARÁMETROS O GRUPOS DE PARÁMETROS ÚTILES, QUE REPRESENTAN LAS CONDICIONES DE LA VÍA. LA ESTADÍSTICA ES LA RAMA DE LAS MATEMÁTICAS QUE TIENE LA FUNCIÓN DE COLECTAR ANALIZAR, INTERPRETAR Y PRESENTAR MASAS DE DATOS NUMÉRICOS, POR LO TANTO TÉCNICAS EN ESTA MATERIA SE HAN EMPLEADO EN EL DESARROLLO DE "ICV", ALGUNOS DE LOS MÁS COMUNMENTE USADOS SON LOS SIGUIENTES:

- A).- LA MEDIA.- QUE ES LA REPRESENTACIÓN DEL PROMEDIO DE ESOS DATOS.
- B).- LA DESVIACIÓN STANDAR.- QUE ES UNA MEDIDA DE LA VARIACIÓN DE ESOS PARÁMETROS ALREDEDOR DE LA MEDIA. PUEDE INDICAR LA VARIACIÓN DE LA SEVERIDAD DEL PARAMETRO ESPECÍFICO, AL CUAL SE APLICA.
- C).- VALOR PORCENTUAL 99% ; EL VALOR INFERIOR EN EL CUAL RESIDE EL 99% DE LAS MUESTRAS INDIVIDUALES (DATOS) PUEDE REPRESENTAR LAS PEORES CONDICIONES DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA, EN UN TRAMO DE SEGMENTO DETERMINADO.

LOS FACTORES ESTADÍSTICOS MENCIONADOS MIDEN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS.

LA INFORMACIÓN, ENTONCES PUEDE SER CONVERTIDA A PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PARA PRESENTAR INFORMACIÓN COMPRENSIBLE, ACERCA DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA.

LA TABLA DEL CUADRO #6 ILUSTRÁ UN CONJUNTO DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS CON TIPOS DE FALLAS Y CAUSAS ASOCIADAS REPORTANDO TAMBIÉN PARÁMETROS ESTADÍSTICOS ASOCIADOS CON LOS TIPOS DE FALLAS. DE LA OBSERVACIÓN DEL PRIMER RENGLÓN SE PODRÁ COMPRENDER QUE LA DESVIACIÓN STANDAR DEL "ALINEAMIENTO", ES UNA MEDIDA DE LOS DEFECTOS DE LA LÍNEA Y ESTA ÍNTIMAMENTE RELACIONADAS CON FUERZAS Y ACELERACIONES LATERALES DEL VEHÍCULO.

LA TABLA PRESENTA TAMBIÉN CORRELACIONES PARA OTROS "ICV".

ACTUALMENTE, DIFERENTES PARÁMETROS ESTADÍSTICOS PUDIERAN ATRIBUIRSE A CUALQUIER CARACTERÍSTICA DE LA VÍA, POR LO TANTO CON FRECUENCIA ES NECESARIO SELECCIONAR EL "MEJOR" PARÁMETRO ESTADÍSTICO PARA REPRESENTAR UNA PARTICULAR CONDICIÓN DE LA VÍA, PERO DENTRO DE ESOS LOS MÁS COMUNMENTE USADOS, EN LA INDUSTRIA FERROVIARIA, SON LA DESVIACIÓN ESTANDAR Y EL VALOR PORCENTUAL 99.

CUADRO # 6 ÍNDICES DE CALIDAD DE VÍA. (ICV)

TIPO DE FALLA	CAUSA	PARÁMETRO DE GEOMETRÍA DE VÍA.	ÍNDICE DE CALIDAD DE VÍA.	No. ICV
COMPONENTES DE DESGASTE. RUEDA DESCARRILADA	"GOLPES" DE LÍNEA.	ALINEAMIENTO.	DESVIACIÓN ESTAND.	1
DAÑO POR CARGA	ACELERAC. LAT.	ALINEAMIENTO	DESVIAC. ESTANDAR DE FLECHA (CUERDA CORTA).	2
COMPONENTE DE DESGASTE	"GOLPES" DE NIVEL.	PERFIL	DESVIAC. ESTANDAR	3
DAÑO POR CARGA	ACELERAC. VERT.	PERFIL	DESVIAC. ESTANDAR FLECHA (CUERDA CORTA)	4
COMPONENTE DE DESGASTE.	JUNTAS "BAJAS"	PERFIL.	DESVIAC. ESTANDAR FLECHA (CUERDA INTERMEDIA =16 PIES)	5
COMPONENTE DE DESGASTE	"GOLPES" DE NIVEL	NIVEL TRANSV.	DESVIAC. ESTANDAR	6
DEFICIENCIA EN PERALTE	SOBRE ELEVACION INADECUADA.	NIVEL TRANSV.	DESVIAC. ESTANDAR PARA SOBREV. BALANCEADA	7
COMPONENTE DE DESGASTE	SUPERFICIE ELEVADA	ALABEO (20')	DESVIAC. ESTANDAR	8
BAMBOLEO	JUNTAS BAJAS	ALABEO (20')	VALOR PORCENT 99°	9
FALTA DE APOYO	ESCANT. ABIERTO	ESCANTILLÓN	MEDIA	10
FALTA DE APOYO	" "	" "	DESVIAC. ESTANDAR	11
FALTA DE APOYO	" "	" "	VALOR PORCENT 99°	12

INDICES DE CALIDAD DE LA VIA, SEGUNDA PARTE - ALTERNATIVAS

ÍNDICES DE CALIDAD DE LA VÍA.- 2A. PARTE.- ALTERNATIVAS.-

EXISTEN OTRAS ALTERNATIVAS DE "ÍNDICES DE CALIDAD DE VÍAS" QUE HAN SIDO DESARROLLADAS POR DIFERENTES ORGANIZACIONES DE INVESTIGACIÓN Y POR ALGUNAS EMPRESAS FERROVIARIAS, ESPECIALMENTE EN ESTADOS UNIDOS DE N.A.

ALGUNOS DE ESTOS TIPOS DE ÍNDICES DE CALIDAD CON FRECUENCIA MUY SENSIBLES A RESPUESTAS PARTICULARES DE TREN / VÍA, SE DISCUTIRAN A CONTINUACIÓN:

LA DETERMINACIÓN DE ALGUNAS DE ESTAS ALTERNATIVAS DE ÍNDICES DE CALIDAD, EMPLEA MEDICIONES DEL CARRO GEOMÉTRICO, PARA CALCULAR ACELERACIONES INSTANTANEAS DEL VEHÍCULO; ESTAS ACELERACIONES SON TRADUCIDAS EN FUERZAS, TANTO EN LA DIRECCIÓN VERTICAL COMO EN LA HORIZONTAL, VALORES QUE VAN ÍNTIMAMENTE RELACIONADOS CON LAS VARIACIONES DE LA LÍNEA Y EL PERFIL DE LA VÍA.

EN ESTA OPCIÓN LAS ACELERACIONES SE CALCULAN A PARTIR DE LA MASA DEL VEHÍCULO, MOVIENDOSE A LO LARGO DE LA TRAYECTORIA DE VÍA IMPERFECTA; LOS CALCULOS POR COMPUTADORA SE REALIZAN POR SEPARADO, UNOS PARA ACELERACIONES LATERALES Y OTROS PARA ACELERACIONES VERTICALES.

EL EFECTO DE LA SOBREELEVACIÓN INTERVIENE EN EL CALCULO DE LAS FUERZAS VERTICALES.

ELIMINANDO LA MASA O PESO DEL VEHÍCULO, SE OBTIENE UN JUEGO DE ÍNDICES DERIVADOS DEL ALINEAMIENTO, PERFIL DE RIEL INFERIOR Y PERFIL DE RIEL SUPERIOR; ESTOS VALORES SE PUEDEN MANEJAR EN FORMA INDIVIDUAL O COMBINÁNDOLOS, SI ES QUE SE DESEA OBTENER UN SOLO "ÍNDICE DE CALIDAD DE VÍA".

RELACIÓN DIRECTA CON DESCARRILAMIENTOS.-

UNA APROXIMACIÓN EXITOSA ES AQUELLA QUE CORRELACIONA EL ÍNDICE DE CALIDAD DE LA VÍA (ICV) CON LA OCURRENCIA DE DESCARRILAMIENTOS DE UN CONVOY, EN UN FERROCARRIL EN PARTICULAR.

ESTE METODO EMPLEA UN ANÁLISIS DE REGRESIÓN PARA CORRELACIONAR VARIOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS CON EL FENÓMENO DEL DESCARRILAMIENTO, OBTENIENDOSE FINALMENTE UN SOLO PARÁMETRO "TASADO" (TGR), A PARTIR DE ESTE SE OBTIENE UN ÍNDICE DE CALIDAD BASADO EN LA SEGURIDAD DEL TRÁFICO.

EL PARAMETRO "TASADO" FINAL (TGR) USADO, SE HA BASADO EN UNA COMBINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE "ALABEO" Y "ALINEAMIENTO", ESTE PARÁMETRO GEOMÉTRICO TASADO (TGR) ES UN DATO QUE PROPORCIONA, ADICIONALMENTE UN CARRO GEOMÉTRICO MEDIDOR, PARA LA EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE LA VÍA. SE HA DESARROLLADO UNA RELACIÓN ADICIONAL ENTRE ESTE PARÁMETRO GEOMÉTRICO TASADO (TGR) Y UNA ORDEN DE PRECAUCIÓN EN LA VÍA, EMPLEANDO LA MISMA APROXIMACIÓN BÁSICA.

ÍNDICES DE CALIDAD DE VÍA (ICV) DEL CENTRO DE SISTEMAS DE TRANSPORTACIÓN (TSC - TQIS).-

LA OBTENCIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD DE VÍA, BASADOS EN LA SEGURIDAD DEL MOVIMIENTO DE TRENES, ES UNA DE LAS METAS MÁS ÁMBICIOSAS DEL PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN DE ESPECIFICACIONES DEL COMPORTAMIENTO DE LA VÍA, ESTE ESFUERZO SE REALIZA EN EL CENTRO DE SISTEMAS DE TRANSPORTACIÓN (TST), EN CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS, EN ESTE PROGRAMA EL ÍNDICE DE CALIDAD DE LA VÍA ESTA BASADO, ESPECIFICAMENTE EN VARIACIONES CONSECUTIVAS DE NIVEL TRANSVERSAL.

EL NÚMERO DE "JUNTAS BAJAS" CONSECUTIVAS, POR EJEMPLO AQUELLOS CON DEFECTOS EN SU NIVEL TRANSVERSAL, PARTICIPAN EN EL CALCULO EN ESTRECHA RELACIÓN CON LA AMPLITUD O DEFECTOS DE NIVEL TRANSVERSAL DE LAS JUNTAS (EMPLANCHUELAS O SOLDADAS).

ÍNDICE DE NIVEL TRANSVERSAL. (INT).-

LOS ÍNDICES DEL CENTRO DE SISTEMAS DE TRANSPORTACIÓN NO SE BASAN ÚNICAMENTE EN LA "AMPLITUD", QUE ES LA TRADICIONAL TOLERANCIA GEOMÉTRICA, REPORTADA POR LAS NORMAS DE SEGURIDAD DE LA VÍA, EDITADAS POR LA ADMINISTRACIÓN LABORAL DE FERROCARRILES (FRA, USA), MAS BIEN EL ÍNDICE SE REFIERE AL NIVEL TRANSVERSAL Y ADOPTA EL NOMBRE DE "ÍNDICE DE NIVEL TRANSVERSAL" (INT), O ALTERNATIVAMENTE COMO "ÍNDICE-MODIFICADO DE NIVEL TRANSVERSAL", ESTA EN ARMONÍA PARA SER, PARTICULARMENTE RESPONSABLE DE AQUELLOS DEFECTOS DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA, PROVOCADOS POR EL MOVIMIENTO ARMONICO TRADICIONAL DEBIDO A BAJAS VELOCIDADE DE OPERACIÓN O EL MOVIMIENTO LATERAL DE BAMBOLEO, PROVOCADO POR EL EQUIPO DE CARGA, PARTICULARMENTE POR LOS CARROS-TOLVA CUBIERTOS CON CENTROS DE GRAVEDAD MUY ALTOS.

LA FIGURA DEL CUADRO #7 ILUSTRAS COMO UN SOLO VALOR DEL ÍNDICE DE NIVEL TRANSVERSAL (INT) PUEDE REPRESENTAR UN CONJUNTO DE DIFERENTES COMBINACIONES DE "JUNTAS" CONSECUTIVAS Y AMPLITUDES DE DEFECTOS QUE VAN ENCAMINADOS A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD EN EL MOVIMIENTO DE LOS TRENES.

LA OCURRENCIA DE UN DESCARRILAMIENTO, COMO SE HA EXPERIMENTADO DURANTE LAS RESPUESTAS DEL "BAMBOLEO" DESCRITAS, ES LA BASE TEÓRICA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE VALORES DE LOS ÍNDICES DE NIVEL TRANSVERSAL (INT), AUNQUE DE RECIENTE ORIGEN, "LOS ÍNDICES DE NIVEL TRANSVERSAL" DETERMINADOS EN EL CENTRO DE SISTEMAS DE TRANSPORTACIÓN, REPRESENTAN AÚN, OTRA APROXIMACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE VÍA (ICV).

POR LO TANTO, SE PUEDE ASÍ ESTABLECER ÍNDICES DE CALIDAD DE LA VÍA QUE PROPORCIONEN UNA CORRELACIÓN ADICIONAL ENTRE LAS MEDICIONES DIRECTAS DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA Y DIFERENTES TIPOS DE INDESEABLES FENÓMENOS PROVOCADOS POR EL EQUIPO (CARROS), ASOCIADOS CON LA GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA. DE ESTA FORMA, LOS VALORES DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE LA VÍA (ICV) SIRVEN COMO UNA HERRAMIENTA ADICIONAL PARA EL INGENIERO RESPONSABLE DEL MANTENIMIENTO DE LA VÍA, EN LA IDENTIFICACIÓN DE AQUELLAS UBICACIONES QUE ESTAN DEMANDANDO INTERVENCIÓN INMEDIATA. ESTOS MISMOS ÍNDICES PUEDEN JUGAR TAMBIEN UN IMPORTANTE PAPEL EN LABORES DE PLANEACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE CONSERVACIÓN DE VÍAS.

EFFECTO DE LA CARGA POR EJE, EN LAS MEDICIONES CON CARRO GEOMETRICO

EFFECTO DE LA CARGA POR EJE EN LAS MEDICIONES CON CARRO GEOMETRICO.-

LAS MEDICIONES EFECTUADAS POR MEDIO DE CARROS GEOMÉTRICOS, ES UNA TÉCNICA USADA Y BIEN ESTABLECIDA EN LA MAYORÍA DE LOS FERROCARRILES DE USA; LA CARGA APROPIADA, POR EJE A LA FECHA ES UN ASUNTO QUE PERMENECE EN DISCUSIÓN Y ANALISIS.

MIENTRAS ES DE ACEPTACIÓN GENERAL QUE LAS DE FLEXIONES DE LA VÍA ESTAN EN RELACIÓN DIRECTA CON EL VALOR DE LA CARGA APLICADA, TODAVÍA NO SE ESTABLECE SI LOS DEFECTOS DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA, SON TAMBIÉN PROPORCIONALES A LA APLICACIÓN DE ESAS CARGAS, LO CUAL HA MOTIVADO UNA ACTIVA LABOR DE INVESTIGACIÓN. DE HECHO, AUNQUE EXISTEN NORMAS QUE INDICAN QUE LOS DEFECTOS GEOMÉTRICOS DEBEN MEDIRSE BAJO EL "EFECTO DE LAS CARGAS". LA MAGNITUD EXACTA DE ESTAS, TODAVÍA ESTA INDEFINIDA, EN INVESTIGACIONES RECIENTES SE HA TRATADO DE ENCONTRAR LAS RELACIONES ENTRE EL VALOR DE LOS DEFECTOS GEOMÉTRICOS Y LAS CORRESPONDIENTES CARGAS POR EJE DEL VEHICULO. ADICIONALMENTE, SE HA INTENTADO MEDIR LOS CAMBIOS O VARIACIONES DE LOS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS CLAVE, CON LAS CARGAS APLICADAS POR LOS VEHÍCULOS EMPLEANDO INSTRUMENTOS INSTALADOS LATERALMENTE A LA VÍA.

LA REALIZACION DE TRES MEDICIONES.-

EL ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN EXPLORO LA VARIACIÓN O EL COMPORTAMIENTO DE DOS PARÁMETROS CLAVE: ESCANTILLÓN Y NIVEL TRANSVERSAL, CON LA APLICACIÓN DE DIVERSAS CARGAS POR EJE, PARA ELLO SE ELIGIÓ UNA SECCIÓN DE VÍA, CLASE 3, CON RIEL EMPLANCHUELADO, EVIDENCIA DE MOVIMIENTO DE RIEL Y CON ALGUNAS JUNTAS (DE RIEL) "VENCIDAS".

LA APLICACIÓN DE LAS CARGAS POR EJE (VEHICULO MEDIDOR), VARIARON DE UN MINIMO DE: 136.4kgs (300'lbs), A 15,000 kgs (33,000 lbs).

LAS FIGURAS DE LOS CUADROS #5, 8, Y 9, ES EL RESULTADO DE LA GRAFICACIÓN DE ESAS PRUEBAS FÍSICAS: TRES GRUPOS DE PRUEBAS, PARA LA MEDICIÓN DEL ESCANTILLÓN Y EL NIVEL TRANSVERSAL, DE UN CONJUNTO DE 250 PRUEBAS, EN SITIO.

ESTAS MEDICIONES COMPARARON LA GEOMETRÍA DE VÍA DESCARGADA, CON VÍA CARGADA USANDO VEHÍCULOS MEDIDORES LIGEROS (R-3, CON CARGA POR EJE DE 1, 818 kgs) Y CON VEHICULO DE MEDICIÓN PESADO (T-6, CON CARGA POR EJE DE 9,091 kgs) QUEDO EVIDENCIADO QUE TANTO EL VEHICULO LIGERO COMO EL PESADO, DETECTARON LA PRESENCIA DE DEFECTOS GEOMÉTRICOS, ASÍ COMO, SUS GRÁFICAS MOSTRARON CONFIGURACIONES SEMEJANTES, AUNQUE DE DISTINTO VALOR, LO ANTERIOR FUE MAS EVIDENTE EN LOS SITIOS CON DEFECTOS MÁXIMOS, COMO SE OBSERVA EN LA ESTACIÓN "#7" DE AMBAS FIGURAS: LAS VARIACIONES FUERON DE 1.02cms (0.4") EN EL PARÁMETRO ESCANTILLÓN Y DE 1.27cms. (0.50") EN EL NIVEL TRANSVERSAL.

SE PUEDE CONCLUIR QUE FUE DETECTADA LA PRESENCIA DE DEFECTOS DE LA VÍA, TANTO CON EL VEHÍCULO LIGERO DE MEDICIÓN, COMO POR EL VEHÍCULO PESADO, EL PROBLEMA POTENCIAL CONSISTE EN DETERMINAR, CUAL DE ESOS VALORES ES REAL, PARA OTROS FINES.

MEDICIONES IN SITU.-

PARA EXAMINAR DIRECTAMENTE EL EFECTO DEL VALOR DE LA CARGA POR EJE EN LAS VARIACIONES DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA, SE HAN LLEVADO A CABO MEDICIONES FÍSICAS EN TRAMOS DE VÍA EXPERIMENTAL (IN SITU), EL CUADRO #10 REPORTA UNA DE TALES COMPARACIONES PARA EL PARAMETRO: NIVEL TRANSVERSAL (NIVEL Σ), TOMADA DE UNA MEDICIÓN ESPECIFICADA (ESTAC. #7), EN EL EJE VERTICAL DE LA GRÁFICA SE REPRESENTAN LOS CAMBIOS DEL PARÁMETRO NIVEL TRANSVERSAL.

COMO SE PUEDE OBSERVAR, DE LA GRÁFICA, EXISTE UNA IMPORTANTE DIFERENCIA EN EL VALOR DEL PARÁMETRO ENTRE LAS MEDIDAS HECHAS CON VEHÍCULO MEDIDOR LIGERO Y VEHÍCULO MEDIDOR PESADO, CON UN VALOR MÁXIMO QUE APARECE PARA UNA CARGA POR EJE, DEL ORDEN DE LOS 6,364 KBS (14,000LBS), SIN EMBARGO PARA CARGAS POR EJE ARRIBA DE ESTE VALOR (14,000 LBS) LA MEDIDA DEL NIVEL TRANSVERSAL, APARENTEMENTE PERMANECE CONSTANTE. ALGO SIMILAR OCURRIÓ PARA EL PARÁMETRO "ESCANTILLÓN", AUNQUE CON UNA MAYOR VARIACIÓN DE LA CARGA, EL COMPORTAMIENTO DEL ESCANTILLÓN, EN UNA VÍA EN CURVA, POR LOS ESFUERZOS LATERALES DEL VEHÍCULO MEDIDOR, PUDIERA INCREMENTARSE.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS REPRESENTAN SOLO UNA SERIE DE CONDICIONES DE VÍA Y DE OPERACIÓN Y NO PODRÍAN EXTRAPOLARSE A OTROS PARÁMETROS GEOMÉTRICOS Y OTRAS CONDICIONES DE MEDICIÓN, PERO SI SE PUEDE CONCLUIR QUE A ESTAS MEDICIONES LAS AFECTAN TANTO EL TIPO DE VEHÍCULO MEDIDOR COMO EL VALOR DE LA CARGA TRANSMITIDA A LA VÍA.

PLANEACION DEL MANTENIMIENTO - CAMBIOS EN LA PLANEACION

PLANEACION DEL MANTENIMIENTO.-

CAMBIOS EN LA PLANEACIÓN.-

LOS FERROCARRILES HAN LLEGADO A CRECER Y A COMPLICARSE. COMO CONSECUENCIA HAN TENIDO QUE DESARROLLAR HABILIDADES PARA DESARROLLAR ADECUADAMENTE AMPLIOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO DE VÍAS.

LOS ANTIGUOS PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS DE PLANEACIÓN, BASADAS EN INSPECCIONES VISUALES Y REPORTES ESCRITOS DE CAMPO Y SU CONCENTRACIÓN A LAS RESIDENCIAS O SUPERINTENDENCIAS DE VÍAS, ES UNA ACTIVIDAD SUPERADA A LA FECHA, EN LA GRAN MAYORÍA DE LOS FERROCARRILES DE NORTEAMERICA (USA Y CANADA).

NO ES SUFICIENTE O ADECUADO DEPENDER SOLAMENTE DE LOS JUICIOS CUALITATIVOS DERIVADOS DE LOS REPORTES DE CAMPO, PARA ELABORAR PRONÓSTICOS DE MANTENIMIENTO A CORTO Y LARGO PLAZOS; ESTA SURGIENDO MAS BIEN, UNA GRAN NECESIDAD PARA ELABORAR PLANES DE MANTENIMIENTO BASADOS EN INSPECCIONES OBJETIVAS, PERO CON LAS HERRAMIENTAS ADECUADAS PARA LA PLANEACIÓN. ESTA NECESIDAD SE MANIFIESTA POR LOS ESFUERZOS INDIVIDUALES DE LOS FERROCARRILES, ASI COMO TAMBIÉN POR LAS ASOCIACIONES DE INDUSTRIALES, ENCAMINADOS AL DESARROLLO DE TÉCNICAS ESPECIALES.

PLANEACION COORDINADA.-

POR OTRA PARTE EL DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE PLANEACIÓN, EL OBJETIVO ÚLTIMO, ES LA CONSOLIDACIÓN DE ESAS HERRAMIENTAS EN ACTIVIDADES COORDINADAS DE PLANEACIÓN. UNO DE ESOS PLANES DE MANTENIMIENTO (SISTEMAS) FUE USADO PARA FUNDAMENTAR LOS PROGRAMAS DE PLANEACIÓN DE LA INDUSTRIA DEL MANTENIMIENTO DE VÍAS.

ESTE SISTEMA LO FORMAN TRES COMPONENTES BÁSICOS:

- 1.- UNA BASE DE DATOS CONSOLIDADA.
- 2.- ANÁLISIS, PLANEACIÓN E INVENTARIOS.
- 3.- SISTEMAS DE CONTROL.

CADA UNA DE ESTOS ELEMENTOS ENGLOBAN

UN GRAN NÚMERO DE ACTIVIDADES, QUE DEBERAN SER INCLUIDOS EN LA FUNCIÓN TOTAL DE PLANEACIÓN.

LA FIGURA DEL CUADRO # 11 REPRESENTA UN PROGRAMA, MÁS ESPECÍFICO, ES UNO RELATIVO AL ASUNTO DE LA PLANEACIÓN DE UN SOLO COMPONENTE DE LA VÍA: EL RIEL. ALLI SE PODRAN LOCALIZAR LOS 3 ELEMENTOS CITADOS CON ANTERIORIDAD INCLUIDOS EN EL PROGRAMA.

OBSERVANDO ESTE DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA MANERA LIGERAMENTE DIFERENTE, SE PODRA VER QUE ESTAN INCLUIDOS EN EL SISTEMA DE PLANEACIÓN COORDINADA, LOS SIGUIENTES ELEMENTOS BÁSICOS:

A).- DATOS DE INSPECCIÓN DE VÍA. TANTO VISUALES (SUBJETIVOS), COMO MEDIDOS (OBJETIVOS), ESTE TIPO DE DATOS O INFORMACIÓN SE DERIVAN DEL EMPLEO DE VEHÍCULOS DE INSPECCIÓN PARA LA GEOMETRÍA DE LA VÍA, DETECCIÓN DE FLUJO, FATIGA DEL RIEL Y OTROS.

B).- BASE DE DATOS DE LA VÍA.-

UNA CONSOLIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE VÍAS, REPORTES DE INSPECCIÓN E HISTORIA DEL MANTENIMIENTO DE LA VÍA, ASÍ COMO OTRA INFORMACIÓN, QUE SE DEBE TENER DISPONIBLE EN UNA COMPUTADORA CENTRAL; ACCESIBLE.

C).- ANÁLISIS DEL DETERIORO DE LA VÍA.-

RELACIONES QUE PRONOSTIQUEN EL DETERIORO Y / O FALLA DE LOS COMPONENTES BÁSICOS DE LA VÍA Y SUBSISTEMAS BASADOS EN LA INFORMACIÓN ANTERIOR: INCISOS A) Y B).

D).- PRONOSTICOS DE REQUISITOS DE MANTENIMIENTO.-

LA PRODUCCIÓN RESULTANTE DE LOS ANÁLISIS DE DETERIORO DE LA VÍA, APLICADOS A LOS SEGMENTOS DE VÍA EN DONDE SE OBTUVO LA INFORMACIÓN (BASE DE DATOS).

E).- POLÍTICAS Y CONTROLES.-

LINEAMIENTOS QUE DEFINEN LA APLICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PARA LOS REQUISITOS DE MANTENIMIENTO ARRIBA PRONOSTICADOS.

F).- COSTOS.-

RESTRICCIONES ECONÓMICAS Y FINANCIERAS IMPUESTAS A LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO:

G).- PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.-

PROGRAMAS DE TRABAJO A CORTO Y LARGO PLAZOS.

LA COMBINACIÓN DE TODOS ESTOS ELEMENTOS DENTRO DE UN AMPLIO SISTEMA CONSOLIDADO Y COMPUTARIZADO, ES AÚN UNA META POR ALCANZAR, SIN EMBARGO HAY UN CLARO RUMBO HACIA EL DESARROLLO DE MUCHOS DE ESTOS ELEMENTOS INDIVIDUALES. YA QUE, EN MUCHOS CASOS TIENEN VALORES COMUNES Y ÚNICOS.

UN CLARO EJEMPLO DE LO DICHO ES EL USO DE LOS VEHÍCULOS DE INSPECCIÓN DE VÍA EN LA MAYORÍA DE LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO DE FERROCARRILES.

ESTOS VEHÍCULOS COMO EL CARRO GEOMÉTRICO PROPORCIONAN INFORMACIÓN DE LA VÍA OBJETIVA Y CUANTITATIVA; CABE MENCIONAR QUE EL PAPEL ORIGINAL DE ESTOS VEHÍCULOS SE LIMITÓ A LA LOCALIZACIÓN DE DEFECTOS LOCALES O PARÁMETROS FUERA DE TOLERANCIAS. CASI TODOS LOS SISTEMAS MODERNOS GRABAN SU INFORMACIÓN DE MEDICIONES (DATOS), EN CINTA MAGNETICA, ESTO PERMITE INTRODUCIRLA A UNA COMPUTADORA PARA CONTAR CON UN BANCO DE DATOS COMPUTARIZADO, PROCESO QUE ALGUNAS EMPRESAS FERROVIARIAS HAN INICIADO.

EL BANCO DE DATOS ASÍ LOGRADO, PUEDE SER ANALIZADO Y COMPARADO PERIÓDICAMENTE CON INFORMACIÓN DEL ESTADO DE LA VÍA, ANTERIOR Y FUTURA.

EL SIGUIENTE PASO ES EL EMPLEO DE ESTA INFORMACIÓN PARA PRONOSTICAR EL DETERIORO O DEGRADACIÓN DE LA VÍA Y CON ELLO ELABORAR LOS PLANES DE MANTENIMIENTO (PASOS C Y E, ANTERIORES).

EN LA MEDIDA EN QUE SE VAYA AGREGANDO MÁS INFORMACIÓN A ESTA BASE DE DATOS, ASÍ COMO CON LA HABILIDAD PARA CAPITALIZAR ESTA INFORMACIÓN, EN LA PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO, REDUNDARÁ EN LA OBTENCIÓN DE PRONÓSTICOS Y PLANES CONFIABLES, LO QUE SE TRADUCIRÁ EN UN AHORRO SIGNIFICATIVO DE COSTOS.

PRONOSTICOS DE NECESIDADES DE MANTENIMIENTO

PRONOSTICOS DE NECESIDADES DE MANTENIMIENTO.-

EXISTEN VARIAS APLICACIONES ASOCIADAS CON TRABAJOS DE MANTENIMIENTOS QUE USA LA INFORMACIÓN GENERADA POR LOS CARROS MEDIDORES, SIN EMBARGO LIMITADAS A LOS ASPECTOS GEOMETRICOS, TALES COMO: ESCANTILLONADO, ALINEACIÓN Y NIVELACIÓN, EN CONTADAS OCASIONES EMPLEADAS PARA PRONOSTICAR. POR EJEMPLO, LA VIDA ÚTIL DE LOS COMPONENTES DE LA VÍA, COMO PUEDEN SER RIELES Y DURMIENTES.

UN SISTEMA INTEGRADO.-

UN TRABAJO DE INVESTIGACIÓN RECIENTE FUE ENFOCADO A LA CREACIÓN DE UN "SISTEMA DE PRONOSTICOS Y PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO" ESTE SISTEMA PERMITIRÁ A LOS RESPONSABLES DEL MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA FERREA DEFINIR SUS NECESIDADES PRESENTES Y FUTURAS, ASÍ COMO PRONOSTICAR FALLAS INMINENTES Y FUTURAS; TAMBIÉN EL GRADO DE DETERIORO DE LOS ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LA VÍA.

ESTE SISTEMA INTENTA, ASIMISMO, COMBINAR LA BASE DE DATOS DE LA VÍA CON LA BASE DE DATOS DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS, INTEGRANDO UN VERDADERO SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE VÍAS, MANEJANDO LAS RELACIONES DE DETERIORO POR FALLA DE UN ELEMENTO INDIVIDUAL O DE UN SEGMENTO DE VÍA. LO ANTERIOR PERMITIRÁ EL PRONÓSTICO DE UN AMPLIO ESPECTRO DE NECESIDADES., INCLUYENDO EL CORTO PLAZO (1 A 3 AÑOS), COMO EL LARGO PLAZO (3 A 10 AÑOS).

RELACIONES DE DETERIORO.-

COMO SE ANOTA EN EL ESTUDIO MENCIONADO LOS ELEMENTOS CLAVE DE ESTE TIPO DE SISTEMA DE PRONOSTICOS SERÁN LAS RELACIONES DE DETERIORO O DEGRADACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA VÍA, ESTAS RELACIONES SON ECUACIONES QUE PERMITEN LA TRADUCCIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DE LA VÍA A LA VIDA ÚTIL DE SUS PARTES COMPONENTES Y CORRELATIVAMENTE, LAS CONDICIONES PARA SU REPOSICIÓN.

SEGMENTO DE VÍA HOMOGENEOS;

LA APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS ANTERIORMENTE EXPUESTO REQUIEREN DE LA CLASIFICACIÓN DE SEGMENTOS DE VÍA QUE PRESENTEN GRUPOS DE PARÁMETROS GEOMÉTRICOS UNIFORMES, ASÍ COMO HISTORIAS DE CONSERVACIÓN SIMILARES, EN ESTA FORMA SE PODRÁN PREDECIR, NO YA LA FALLA O DETERIORO DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES, SINO EL DE TODO UN TRAMO O SEGMENTO DE VÍA, QUE ES EN REALIDAD EL OBJETIVO QUE SE PERSIGUE. CONCENTRANDO LA INFORMACIÓN DE TODOS LOS SEGMENTOS DE VÍA ANALIZADOS, SE PODRÁ CONTAR CON LA BASE DE DATOS DE UNA REGIÓN O DE TODA LA RED FÉRREA DE UN FERROCARRIL, PUDIENDOSE INVENTARIAR LAS NECESIDADES DE RIEL, DURMIENTES, FIJACIONES, CAMBIOS Y OTROS, EN BASE A PREDICCIONES ANUALES, CON LA DEBIDA ANTICIPACIÓN ESTE TIPO DE PRONOSTICOS SE ILUSTRAN GRÁFICAMENTE EN EL CUADRO #12 QUE MUESTRA LO PRONOSTICADO PARA LAS NECESIDADES DE REPOSICIÓN DE RIEL BASADO EN EL DESGASTE, PARA UNA EMPRESA FERROVIARIA PEQUEÑA, DEDUCIDO DEL MODELO DE MANTENIMIENTO RESPECTIVO.

LA GRÁFICA PRESENTA EL PRONÓSTICO DE LAS NECESIDADES DE RIEL PARA EL PERÍODO 1986-89, TAMBIÉN INCLUYE EL MANTENIMIENTO DIFERIDO.

ESTA INFORMACIÓN ES PROPORCIONADA POR UBICACIÓN Y CON UNA PRIORIDAD DE FECHAS. PRONÓSTICOS SIMILARES SE PUEDEN OBTENER PARA CUALQUIER OTRO COMPONENTE DE LA VÍA, DESARROLLANDO LAS RELACIONES DE FALLA CORRESPONDIENTES.

COMO SE DESCRIBIÓ ARRIBA, LOS TRES ELEMENTOS BÁSICOS DE UN "SISTEMA DE PRONÓSTICO EN LA PLANEACIÓN", SON:

- 1).- UNA BASE DE DATOS INTEGRADA PARA LA VÍA EN CUESTIÓN Y PARA CADA UNO DE SUS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS.
- 2).- SERIES DE RELACIONES PARA FALLA / DEGRADACIÓN DE LOS COMPONENTES.
- 3).- BASE DE DATOS PARA UN SISTEMA DE "ADMINISTRACIÓN DE VÍAS", QUE COMPRENDA:
 - A).- UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE REPORTE.
 - B).- UN SISTEMA DE PRIORIDADES, Y
 - C).- UN SISTEMA DE CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN PARA LAS RELACIONES FALLA/DEGRADACIÓN.

COMPUTADORA PERSONAL (PC) COMPATIBLE.-

PARA REDES FERROVIARIAS DEL ORDEN DE LOS 1, 600 Kms. (1000 MILLAS) O MENORES, SE PUEDE IMPLEMENTAR UN MICRO PROCESADOR CONVENCIONAL CON MEMORIA SUFICIENTE EN DISCO DURO, ESTO SE PUEDE LOGRAR CON UNA COMPUTADORA PERSONAL DE TIPO CONVENCIONAL, EL SISTEMA DE PLANEACIÓN PRONÓSTICO SERÁ ENTONCES MUY ECONÓMICO EN SU MANEJO A NIVEL REGIONAL O DIVISIONAL O AÚN A NIVEL DE RESIDENCIAS DE CONSERVACIÓN.

PARA REDES FERROVIARIAS DE MAYOR EXTENSIÓN SE PODRÁN EMPLEAR MINI- COMPUTADORAS DEPENDIENDO DEL TAMAÑO DE LA RED, ASÍ COMO DE LA CANTIDAD DE DATOS QUE SE PRETENDA ALMACENAR O PROCESAR.

NECESIDADES DE REPOSICION DE VIA, COMO
UNA FUNCION DE LA DENSIDAD DE TRAFICO.

NECESIDADES DE REPOSICIÓN DE VÍA COMO UNA FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE TRÁFICO.-

LAS NECESIDADES DE REPOSICIÓN DE UNA VÍA Y EN PARTICULAR LAS EXIGENCIAS DE RIELES DURMIENTES Y BALASTO, PUEDEN VARIAR SIGNIFICATIVAMENTE COMO UNA FUNCIÓN DEL TRÁFICO (DENSIDAD).

UNA GRAN MAYORÍA DE INGENIEROS DE MANTENIMIENTO CONSIDERAN AL RIEL COMO EL COMPONENTE DE MAYOR IMPORTANCIA, EN LO QUE SE REFIERE A SUS COSTOS DE ADQUISICIÓN Y REPOSICIÓN. LO QUE RESULTA CIERTO PRINCIPALMENTE EN LÍNEAS CON ALTAS DENSIDADES DE TRÁFICO (MTB/AÑO).

RECIENTEMENTE FUE REALIZADO UN ESTUDIO PARA EXAMINAR EL DETERIORO CON DIFERENTES NIVELES DE TRÁFICO, DETERMINANDO COSTOS DE CAMBIO Y/O REABILITACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA Y SUS COMPONENTES BASICOS: RIEL, DURMIENTE Y BALASTO (Y/O NIVELACIÓN-ALINEACIÓN) LOS RESULTADOS DE TAL ESTUDIO SE REPORTAN EN LA GRÁFICA DEL CUADRO #14 DONDE SE MUESTRAN LOS COSTOS DE REPOSICIÓN ACTUALIZADOS PARA 3 ELEMENTOS DE LA VÍA, COMO UNA FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DEL TRÁFICO. ESTOS COSTOS FUERON CALCULADOS PARA UN SEGMENTO DE VÍA EN PARTICULAR, CON Σ SUMA DE DEFLEXIONES Y VALORES DEPENDIENTES ASÍ COMO PARA UN TIPO DADO DE TRÁFICO: CARGA POR EJE Y VELOCIDADES DE OPERACIÓN, QUE DETERMINARON UN PERÍODO DE DURACIÓN DE LOS COMPONENTES Y DE LA PROPIA VÍA.

VÍA DE ALTA DENSIDAD DE TRÁFICO.-

DE LA OBSERVACIÓN DE LA GRAFICA DEL CUADRO #14 EL RIEL REPRESENTA EL ELEMENTO DE MÁS ALTO COSTO, DENTRO DE LOS TRES MÁS IMPORTANTES COMPONENTES DE UNA VÍA, CON ALTA DENSIDAD DE TRÁFICO.

SIN EMBARGO, PARA LAS VÍAS DE BAJA DENSIDAD DE CARGA, EL COSTO DE REPOSICIÓN DE DURMIENTES, ES MÁS IMPORTANTE QUE EL COSTO DE CAMBIO DE RIEL; ASIMISMO PARA VÍAS DE MUY BAJA DENSIDAD EL COSTO DE SUSTITUCIÓN DE DURMIENTE, BALASTO Y NIVELACIÓN, ES DE MÁS ALTO VALOR QUE EL COSTO DE SUSTITUCIÓN DE RIEL.

LO ANTERIOR ES DEBIDO A QUE EN VÍAS DE MUY BAJA DENSIDAD EL RIEL EN REALIDAD NO EXPERIMENTA DESGASTE SIGNIFICATIVO O FATIGAS ACELERADAS.

CON UN TRÁFICO ANUAL, POR EJEMPLO DE UN MILLÓN DE TONELADAS BRUTAS/ AÑO (MTBA), EN 100 AÑOS HABRA ACUMULADO EL TONELAJE FACTIBLE DE SER SOPORTADO; EL OTRO DEFECTO SUSTITUTIVO, SIN EMBARGO, PUEDE SER LA CORROSIÓN EXCESIVA, EN LUGARES HUMEDOS TROPICALES.

LOS DURMIENTES, POR OTRO LADO TENDERAN A DETERIORARSE MÁS RÁPIDAMENTE, POR DESTRUCCIÓN NATURAL LO QUE RESULTARÁ EN UN COSTO ANUALIZADO MAYOR DE SUSTITUCIÓN DE DURMIENTES, MÁS QUE DE RIEL.

LAS VÍAS DE BAJA DENSIDAD (MENOS DE 5 MILLONES DE TONELADAS BRUTAS/AÑO), QUE CONSTITUYE CASI EL 50% DEL TOTAL DE LA LONGITUD DE VÍAS EN LOS ESTADOS UNIDOS DE N.A. FIGURA DEL CUADRO #15.

VIRTUALMENTE TODOS LOS FERROCARRILES DE CLASE II Y CLASE III Y UN IMPORTANTE PORCENTAJE DE LINEAS CORTAS (PRIVADAS) Y FERROCARRILES DE BAJA DENSIDAD DE TRÁFICO LOS DURMIENTES Y LA NIVELACIÓN REPRESENTAN EL FOCO DE ATENCIÓN DE LOS INGENIEROS DE MANTENIMIENTO.

LO COMENTADO HA SIDO AMPLIAMENTE SOPORTADO POR UN ESTUDIO DE MANTENIMIENTO DE VÍAS, REALIZADO POR EL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DE LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE FERROCARRILES DE USA (F.R.A.), PARA PEQUEÑOS FERROCARRILES. LOS RESULTADOS LOGRADOS CON ESTE ESTUDIO, SE DESCRIBEN EN LA FIGURA DEL CUADRO #16, QUE MUESTRA LAS NECESIDADES DE REHABILITACIÓN REPORTADAS POR LOS FERROCARRILES CLASE II CLASE III. POR TIPO DE PROYECTO. COMO SE PUEDE OBSERVAR DE LA FIGURA, LOS DURMIENTES, EL BALASTO Y LA NIVELACIÓN, REPRESENTAN EL MÁS ALTO COSTO EN LABORES DE MANTENIMIENTO DE APROXIMADAMENTE EL 50% DE LAS NECESIDADES REPORTADAS.

TRADUCCIÓN Y ADAPTACIÓN: ING. ISAAC MOSCOSO LEGORRETA.

PLANEACION DE MANTENIMIENTO DE VIA Y
DEGRADACION DE SUS COMPONENTES
(RT&S, DIC. 92)

PLANEACIÓN DE MANTENIMIENTO DE VÍA Y DEGRADACIÓN DE SUS COMPONENTES; (RTES-DIC./92).-

EL RIEL REPRESENTA UN IMPORTANTE, POR NO DECIR EL MÁS IMPORTANTE RENGLÓN DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO POR LO QUE SE COMPRENDE MUY BIEN LOS GRANDES ESFUERZOS HECHOS POR LAS EMPRESAS FERROVIARIAS PARA DESARROLLAR MODELOS DE PREDICCIÓN DE VIDA O DURACIÓN DEL RIEL.

YA QUE EL RIEL SE PUEDE RETIRAR DEL SERVICIO POR CAUSAS MUY VARIADAS, ES NECESARIO DESARROLLAR RELACIONES MULTIPLES DE MECANISMOS ESPECIFICOS DE FALLAS QUE CORRESPONDEN A VARIAS CLASES Y TIPOS DE FALLA EN EL CASO QUE NOS OCUPA EL RIEL. PUEDE EXISTIR TANTOS COMO CUATRO MECANISMOS DE FALLA QUE SE PRESENTAN EN UNA VÍA PRINCIPAL (DONDE EL RIEL PUEDE FALLAR MECANICAMENTE, MÁS QUE POR CORROSIÓN, COMO ES COMÚN QUE OCURRA EN VÍAS CON TRÁFICO LIGERO).

ESTOS MECANISMOS SON:

- 1.- DESGASTE
- 2.- FATIGA INTERNA
- 3.- FATIGA SUPERFICIAL Y
- 4.- FALLA DE LOS EXTREMOS (EN JUNTA EMBLANCHUELADA COMO SOLDADA)

ATENTOS AL DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN EFECTIVO PROGRAMA DE SUSTITUCIÓN ES NECESARIO HACER USO DE UNO O MÁS MODELOS SIMULTANEAMENTE ESTO PERMITIRÁ LA PREDICCIÓN DE LA VIDA DEL RIEL, BASADA EN LA ACTUAL UBICACIÓN DE LOS MECANISMOS DE FALLA ESPECÍFICOS.

LA FIGURA DEL CUADRO #17 MUESTRA UNO DE TALES PLANES INTEGRADOS, PROCESO QUE CONBINA LA EVALUACIÓN DEL CAMPO DE LAS CONDICIONES DEL RIEL CON UN MODELO DE PRONÓSTICO DE VIDA POR FATIGA.

EN ESTA ACTIVIDAD DE PLANEACIÓN EL MODELO DE ANÁLISIS DE FATIGA DE RIEL SE USA PARA DETERMINAR GRADOS DE INCIDENCIA DE DEFECTOS, PRESENTES Y FUTUROS USANDO UN LÍMITE DEFINIDO DE INCIDENCIA DE DEFECTOS, GENERALMENTE ESPECIFICADO EN TÉRMINOS DE: DEFECTOS POR KILOMETRO Y POR AÑO; LA INCOGNITA A ENCONTRAR SERÁ LA FECHA (FUTURA) EN LA CUAL, ESE TRAMO O SECCIÓN DE VÍA (RIEL) DEBERA CAMBIARSE.

ESTA INFORMACIÓN PERMITIRÁ, A LOS GERENTES DE MANTENIMIENTO, DAR PRIORIDADES A SUS CAMBIOS DE RIEL POR FALLAS DE FATIGA, LO CUAL SE COMBINARÁ CON OTRAS CONSIDERACIONES, COMO PUEDEN SER:

DESGASTE DEL RIEL, RECURSOS Y DISPONIBILIDAD DEL ELEMENTO.

UNA APROXIMACIÓN SEMEJANTE SE PODRÁ REALIZAR SIMULTANEAMENTE, APLICANDO UN MODELO DE ANÁLISIS DESGASTE - FATIGA DEL RIEL; COMO SE HA COMENTADO EN OTROS CAPITULOS, PREVIAMENTE, SERA NECESARIO DIVIDIR LOS SEGMENTOS DE VÍA, EN VARIOS TRAMOS REPRESENTATIVOS, EN DONDE SE TENGAN PARÁMETROS DE VÍA Y DE TRÁFICO SEMEJANTES.

PARÁMETROS DE VÍA Y DE RIEL: CALIBRE DE RIEL; CURVATURA; LUBRICACIÓN DEL RIEL METALURGIA DEL RIEL DENSIDAD DE TRÁFICO, TIPO DE TRÁFICO, SENTIDO DE CARGADOS Y FECHA DE INSTALACIÓN DEL RIEL.

EN LA APLICACIÓN DE TAL ANÁLISIS, EN UN FERROCARRIL DE ESTADOS UNIDOS, UN DISTRITO DE 226Kms., FUE DIVIDIDO EN 1,100 TRAMOS (205 M POR TRAMO).

SI SE APLICA UN ANÁLISIS O CÁLCULO SEPARADAMENTE PARA DETERMINAR LA DURACIÓN (VIDA) DEL RIEL POR DESGASTE Y DURACIÓN POR FATIGA, PARA CADA TRAMO DE VÍA, SE LLEGARÁ A ENCONTRAR DOS FLECHAS DISTINTAS DE REPOSICIÓN DE RIEL, LÓGICAMENTE SE ADOPTARÁ PARA EL CAMBIO, LA FECHA MÁS PRÓXIMA.

ASI CUANDO LA DURACIÓN DEL RIEL POR DESGASTE SEA MENOR QUE LA DURACIÓN POR FATIGA, COMO ACONTECE EN TRAMOS MUY CURVADOS DE VÍA, LA PRIMERA DETERMINA EL CAMBIO DE RIEL; EN CASO CONTRARIO CUANDO LA DURACIÓN POR FATIGA ES MENOR QUE LA DURACIÓN POR DESGASTE, COMO OCURRE EN TRAMOS DE VÍA EN TANGENTE LA PRIMERA DURACIÓN DETERMINARÁ EL CAMBIO DE RIEL; TAL COMBINACIÓN DE ANÁLISIS DE CAMBIO DE RIEL SE ILUSTRÁ EN LA GRÁFICA DEL CUADRO # 18, QUE ES UN PRONÓSTICO DE CAMBIO DE RIEL, TRAMO POR TRAMO.

SIN EMBARGO SE HACE MENCIÓN QUE LA MAYORÍA DE LOS FERROCARRILES, EN ESTADOS UNIDOS DE N.A., COLOCARAN RIEL NUEVO EN LARGOS TRAMOS DE MUCHAS MILLAS.

COMO SE PUEDE OBSERVAR EN EL CUADRO #19, LOS SITIOS DE REPOSICIÓN DE RIEL ESTAN BIEN DEFINIDOS Y FORMAN UNA PROGRESIÓN A LO LARGO DEL TRAMO DE VÍA, PROPORCIONADO POR SI MISMO UN PLAN DE CAMBIO DE RIEL A LARGO PLAZO.

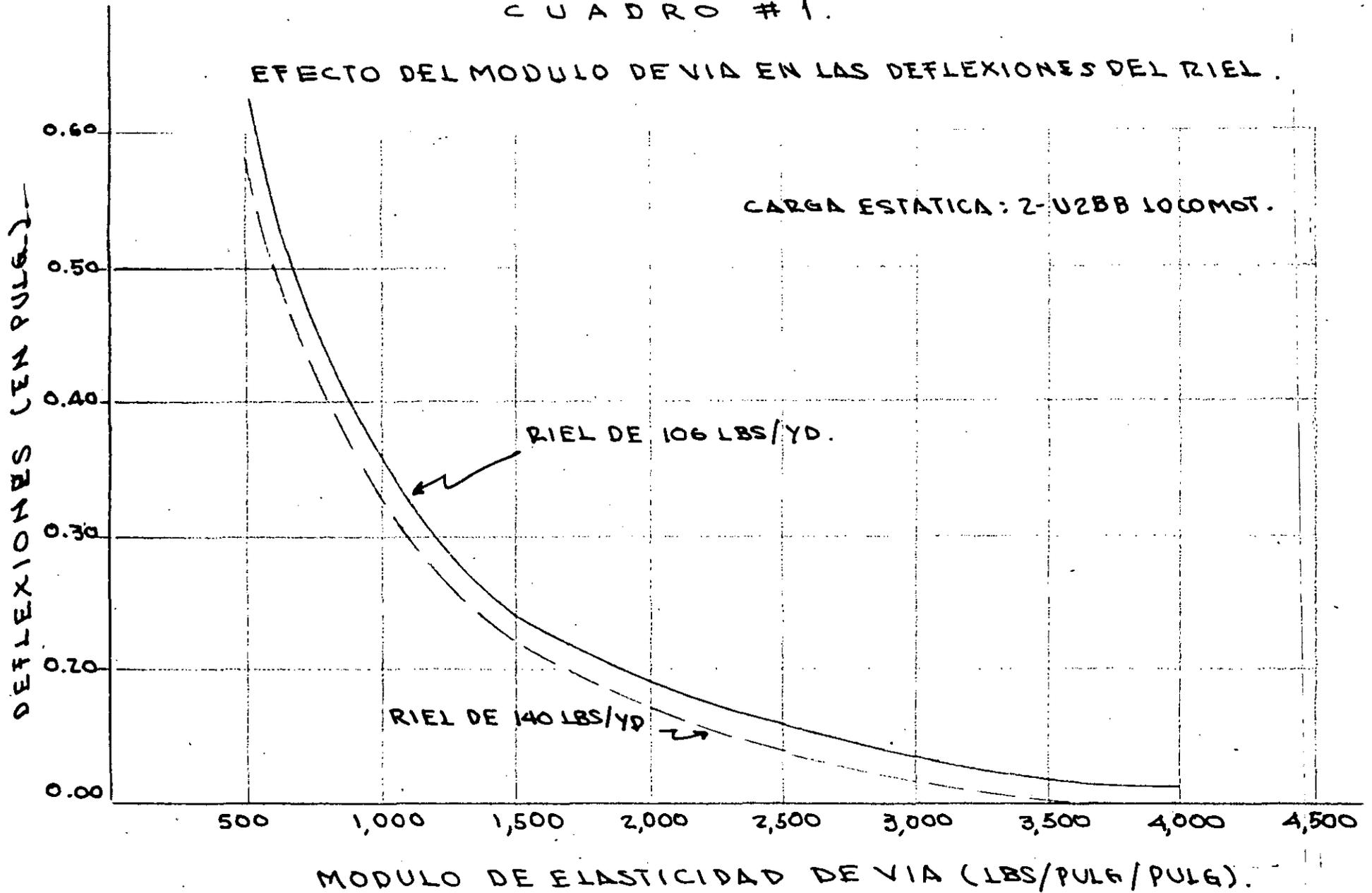
ESTAS PREDICIONES DE VIDA, POR OTRA PARTE, DAN UN AMPLIO PANORAMA DE LA ESTRUCTURA DE LA PLANEACIÓN EN EL MANTENIMIENTO, DE TAL FORMA DE PODER PRONOSTICAR LAS NECESIDADES, EN EL CORTO Y LARGO PLAZOS.

NOTA.- CUADROS AL FINAL DE LA LITERATURA

C U A D R O S

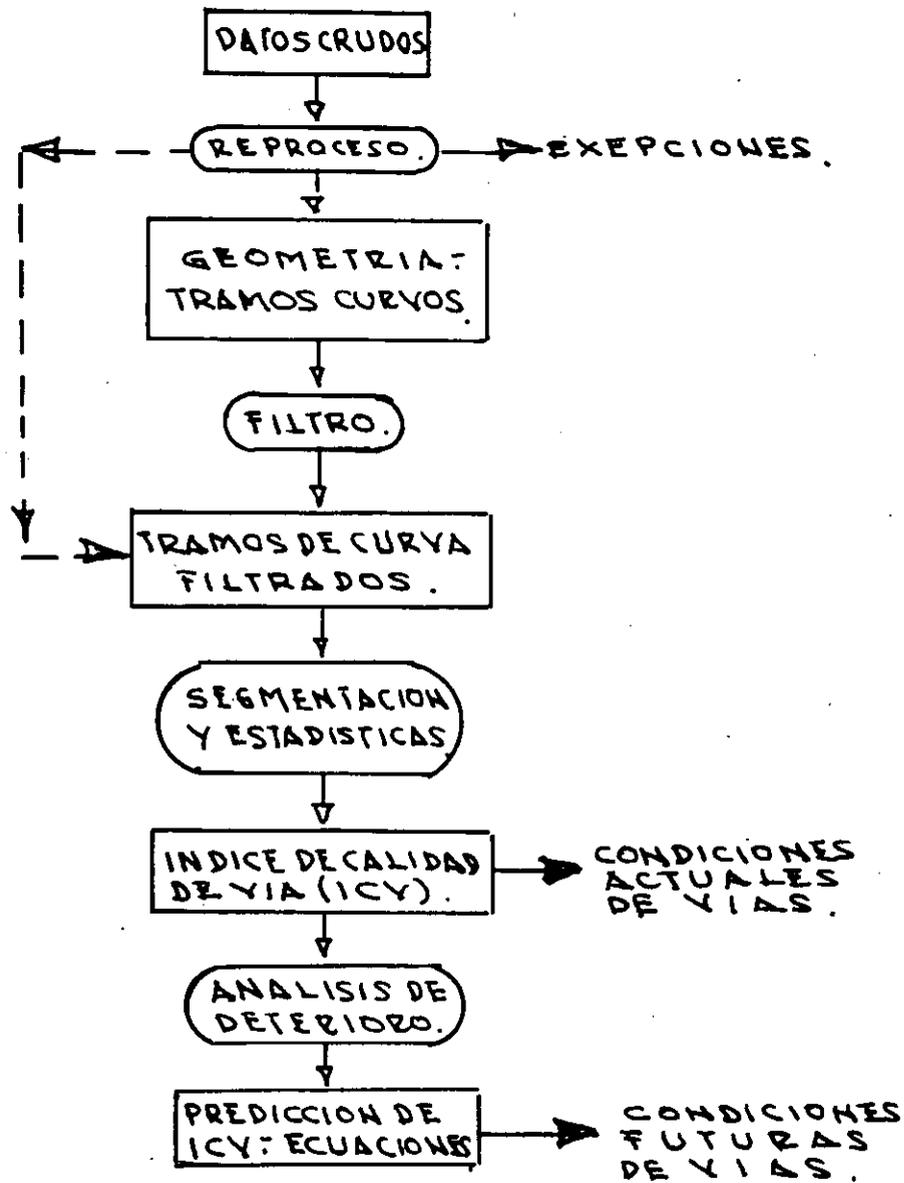
C U A D R O # 1.

E F E C T O D E L M O D U L O D E V I A E N L A S D E F L E X I O N E S D E L R I E L .



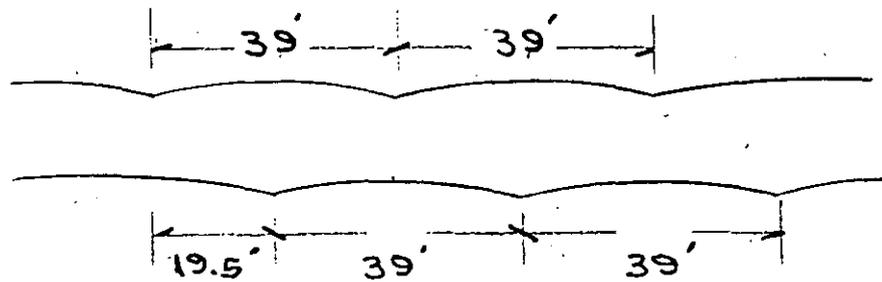
CUADRO # 4.

ANALISIS DE LA GEOMETRIA DE LA VIA.

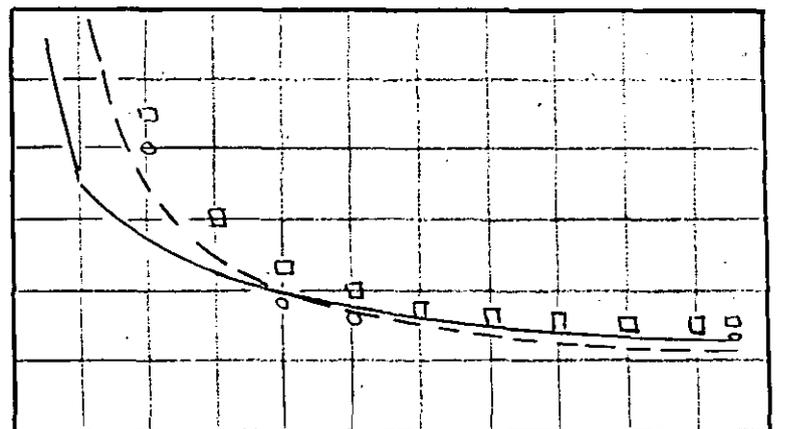


CUADRO #7.

VARIACION PERMISIBLE DE NIVEL TRANSV.
VS. NUMERO CONSECUTIVO DE JUNTAS BAJAS.



AMPLITUD DE JUNTAS (PULG.)



0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22
NUMERO DE JUNTAS BAJAS CONSEC.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
DISTANCIA (NUM. DE RIELES).

— INDICE ORIGINAL DE NIVEL TRANSV. = 0.30"

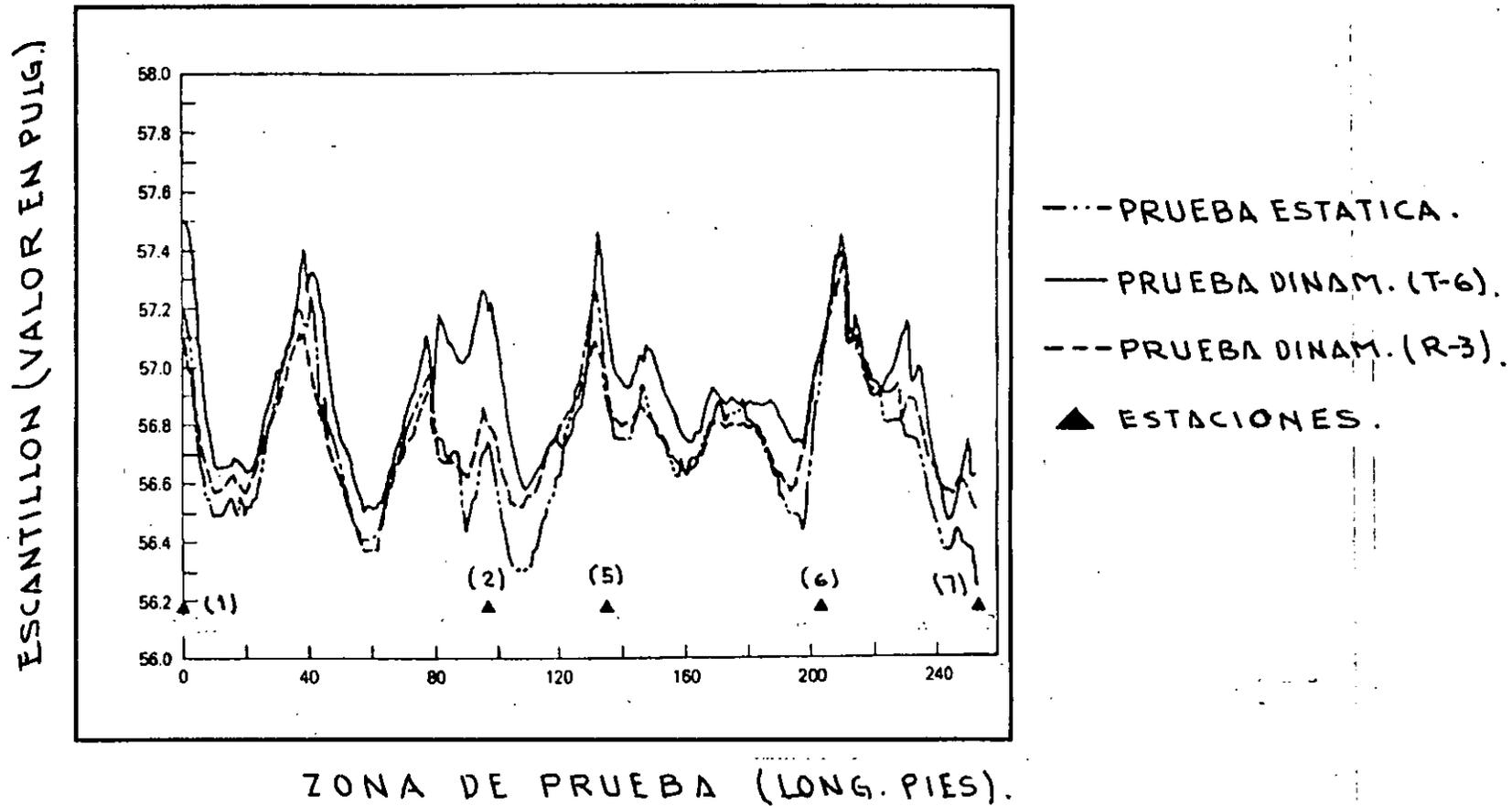
--- INDICE MODIFICADO DE NIVEL TRANSV. = 0.30"

□ CARRO-CAJA DE 70 TON
○ TOLVA DE 100 TON.

AMPLITUD DE JUNTA PRO-
DUCIENDO 0.50" DE LEVAH-
TE DE RUEDA (RESULTA-
DOS DE LA SIMULACION.

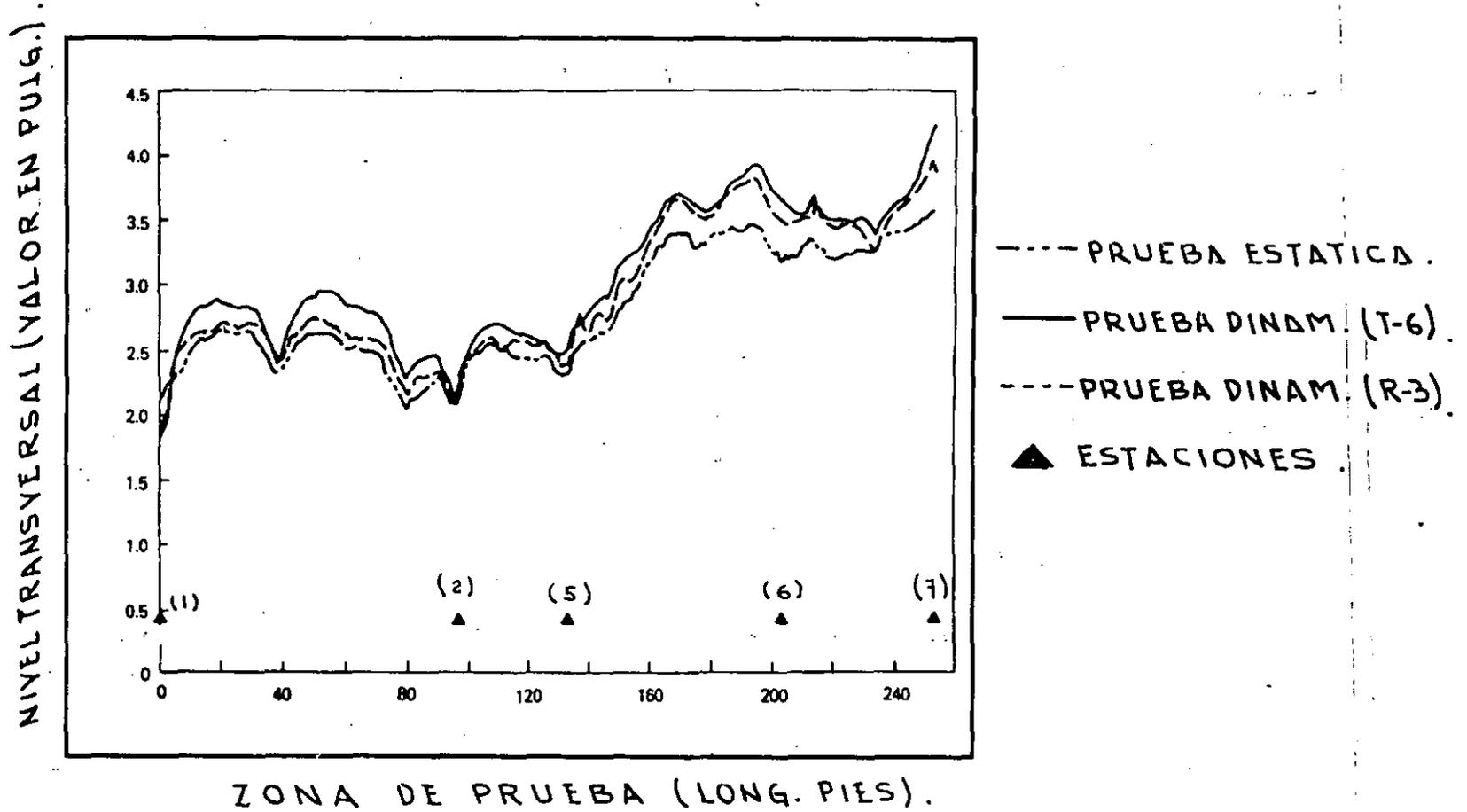
CUADRO # 8 .

PARAMETRO ESCANTILLON: VALORES COMPARATIVOS.



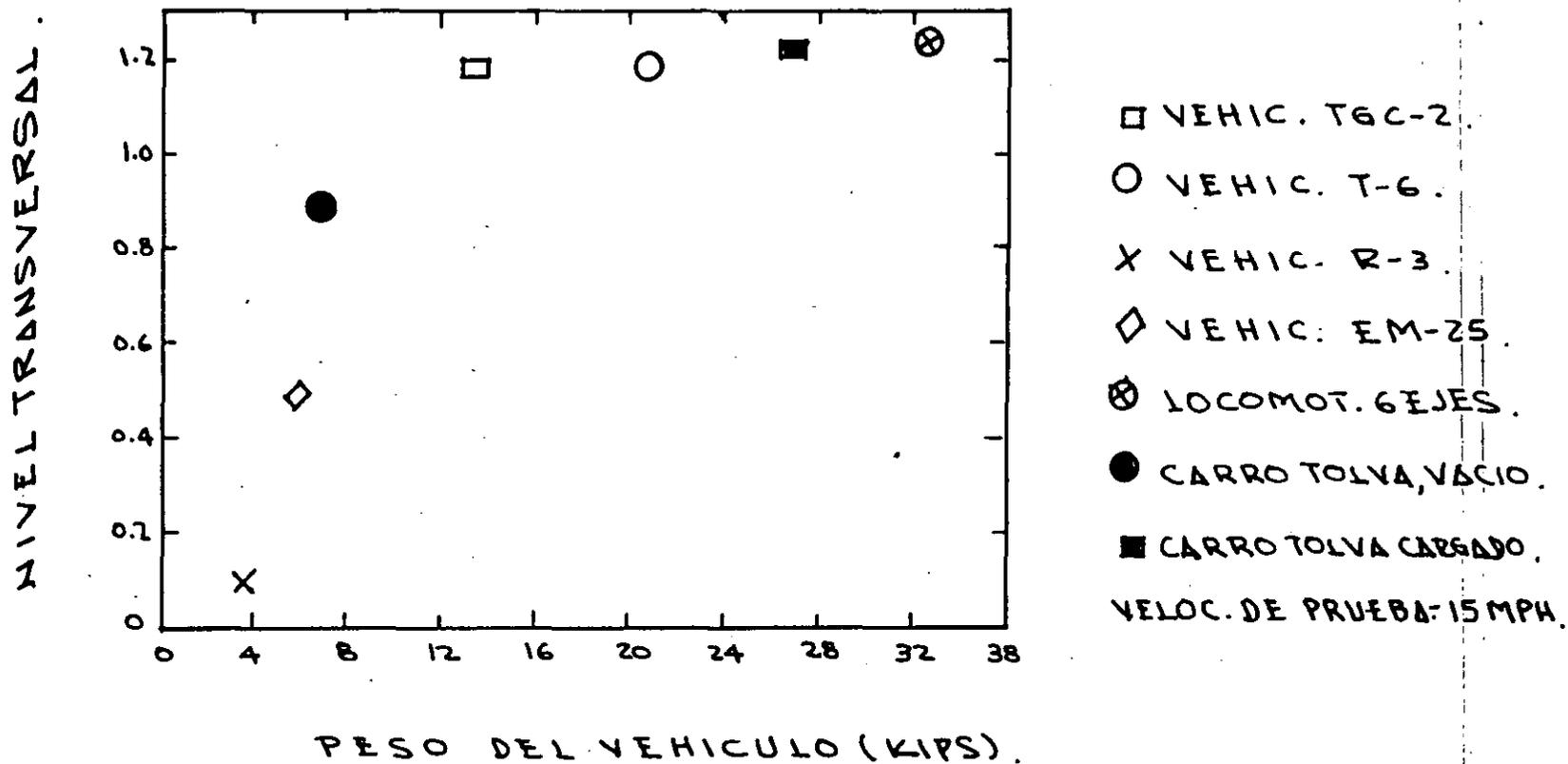
CUADRO # 9.

PARAMETRO NIVEL TRANSVERSAL - VALORES COMPARATIVOS.



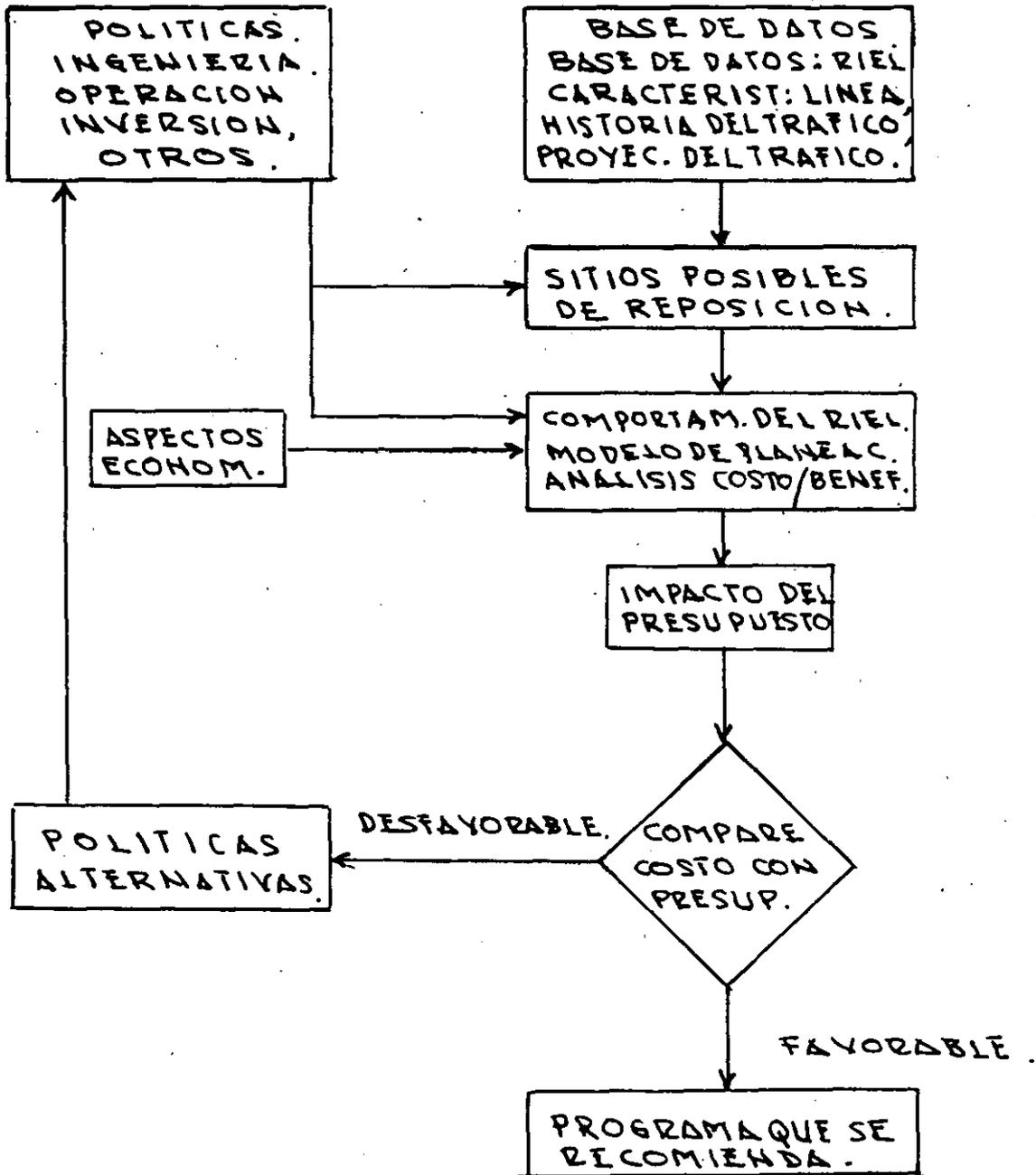
CUADRO # 10.

MEDICION DEL PARAMETRO: NIVEL TRANSVERSAL.



CUADRO # 11.

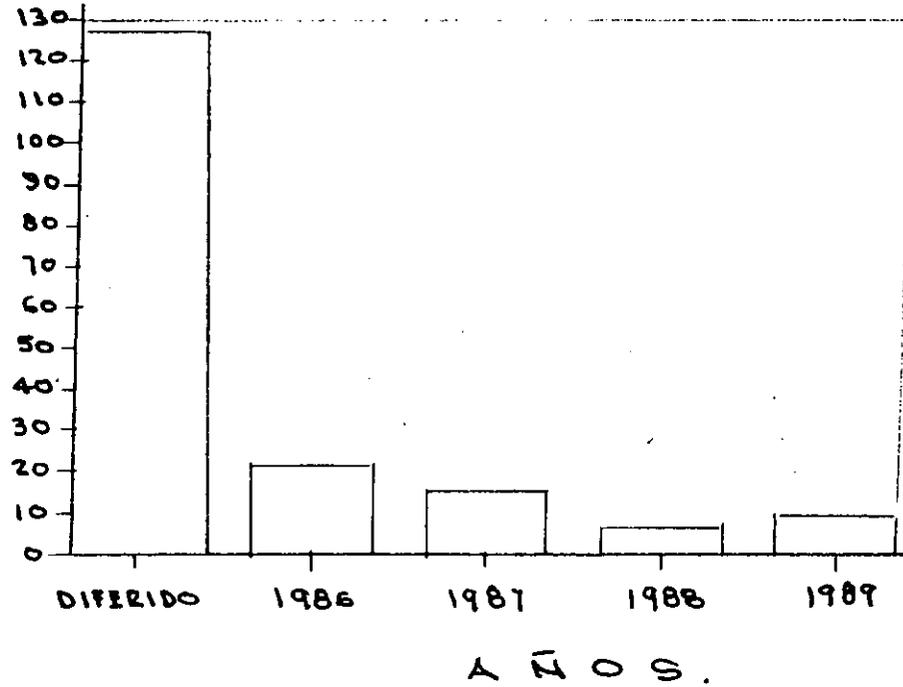
PROGRAMA DE PLANEAC. DE CAMBIO DE RIEL.



CUADRO # 12.

PRONOSTICOS DE NECESIDADES DE RIEL.

LONGITUD DE RIEL (MILES DE PIES).



CUADRO # 13.

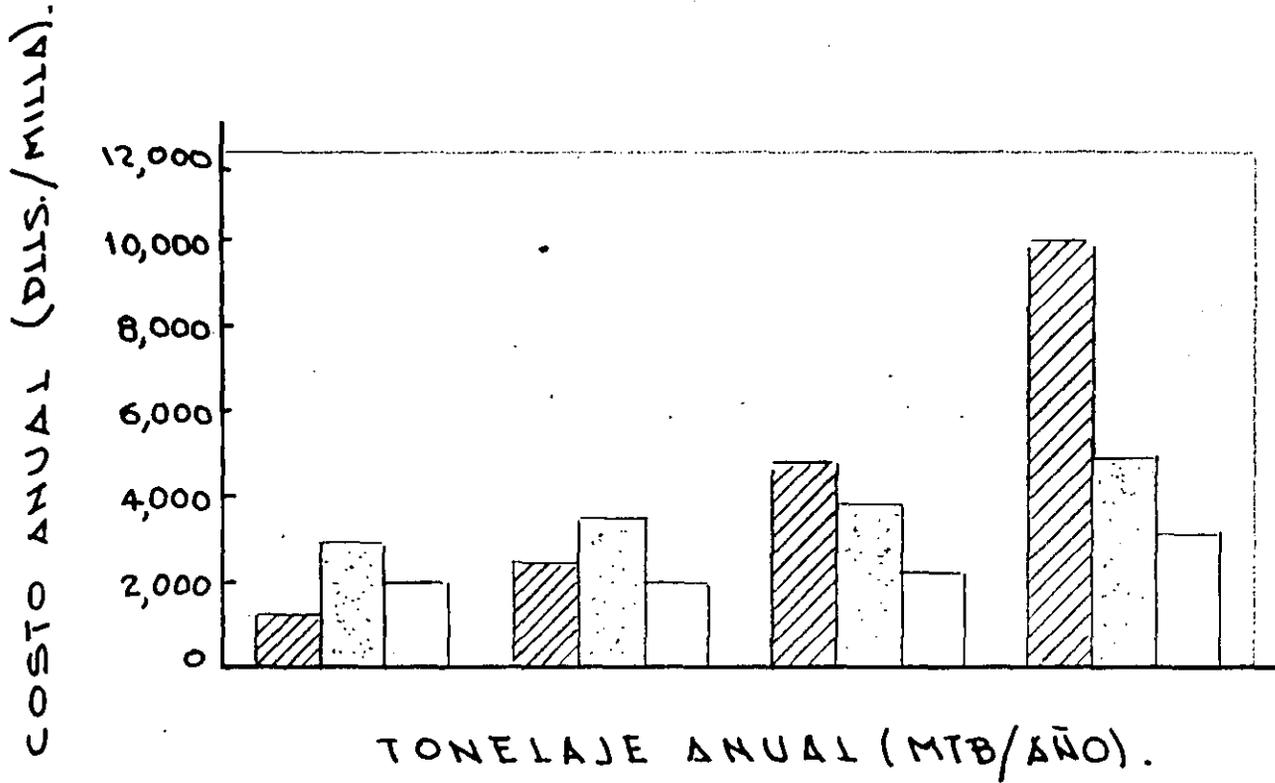
REPORE DE ANALISIS DE DEGRADACION DE VIAS.

MANTENIMIENTO PARA 1987.

TRACK-ID	STATION (100=ft.)	FOOT (ft.)	RAIL INSTALLATION DATE (yy - mm - dd)	RAIL USEFUL LIFE (yr.)	MAINTENANCE DUE DATE (yy - mm - dd)
IRT-MV-1	175	75	80 - 11 - 16	6.26	87 - 02 - 16
IRT-C -2	32	60	78 - 02 - 13	9.15	87 - 04 - 06
IRT-W -1	100	10	79 - 03 - 20	8.16	87 - 05 - 13
IRT-Y -1	140	10	79 - 12 - 14	7.72	87 - 08 - 31
IRT-B -2	20	0	77 - 08 - 23	10.04	87 - 09 - 04
IRT-C -3	100	10	78 - 03 - 20	8.47	87 - 09 - 04
IRT-B -3	20	0	77 - 08 - 24	10.04	87 - 09 - 05
IRT-B -1	20	0	77 - 08 - 25	10.04	87 - 09 - 06
IRT-MM-1	80	10	76 - 03 - 03	11.60	87 - 10 - 05
IRT-D -3	155	10	80 - 12 - 17	6.93	87 - 11 - 19
IRT-D -2	155	10	79 - 12 - 16	7.99	87 - 12 - 09

CUADRO # 14.

COSTOS ANUALES DE REPOSICION DE VIA (POR MILLA).



RIELES.



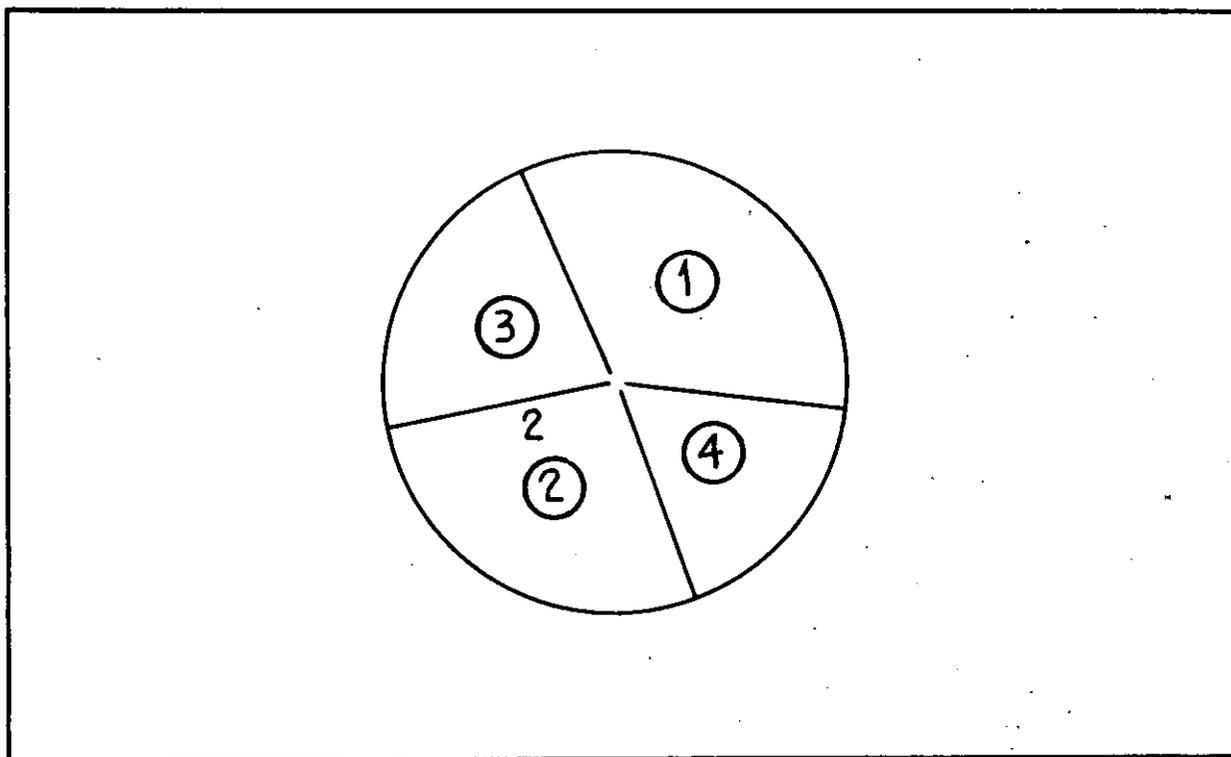
DURMIENTES.



NIVELACION-ALINEACION.

CUADRO # 15.

CLASIFICACION DE VIAS POR DENSIDAD DE TRAFICO (MTB/AÑO).



① = 32% DE LA LONG. DE LA RED: < 1 MTB/AÑO.

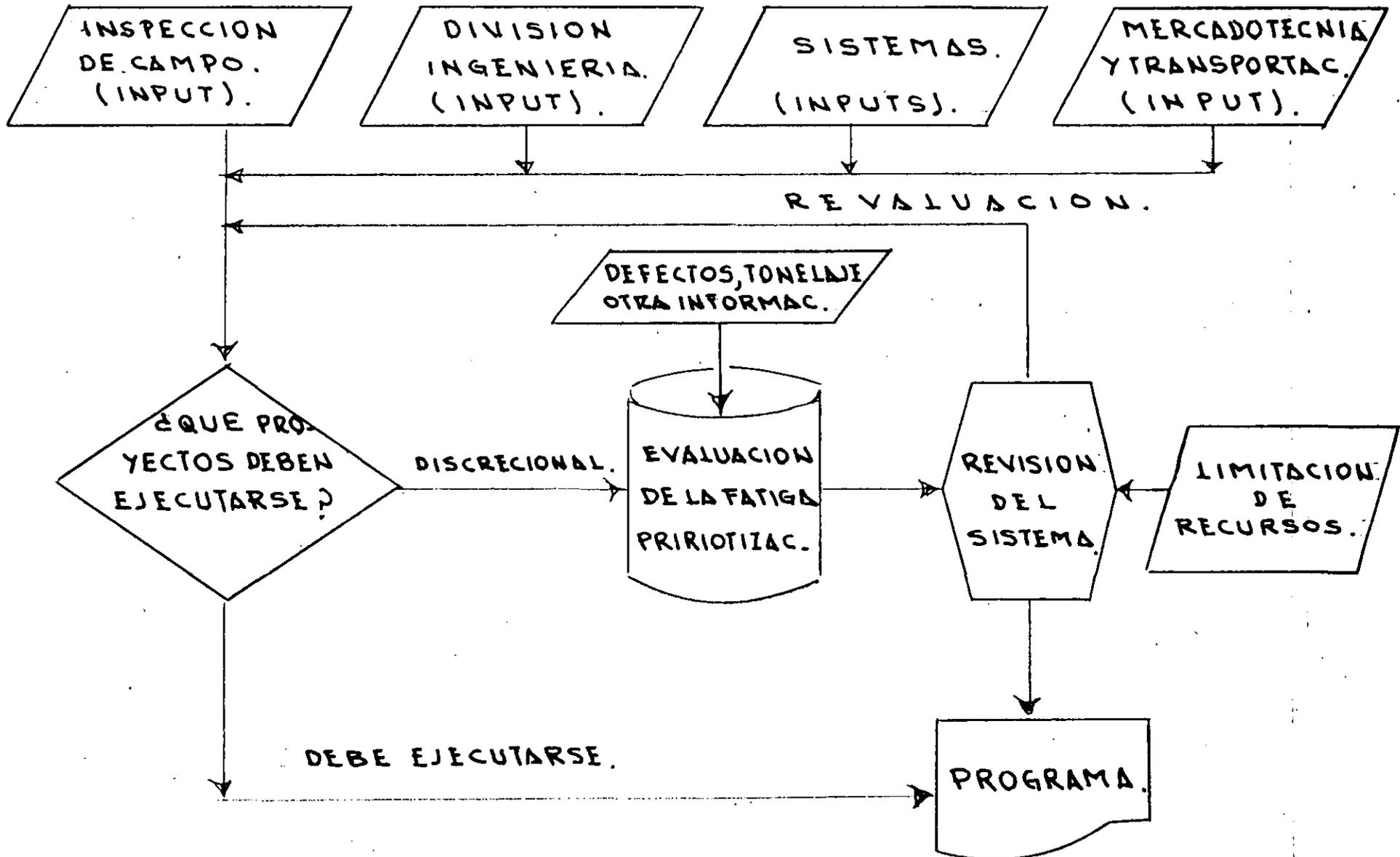
③ = 21% DE LA LONG. DE LA RED: 1 A 5 MTB/AÑO.

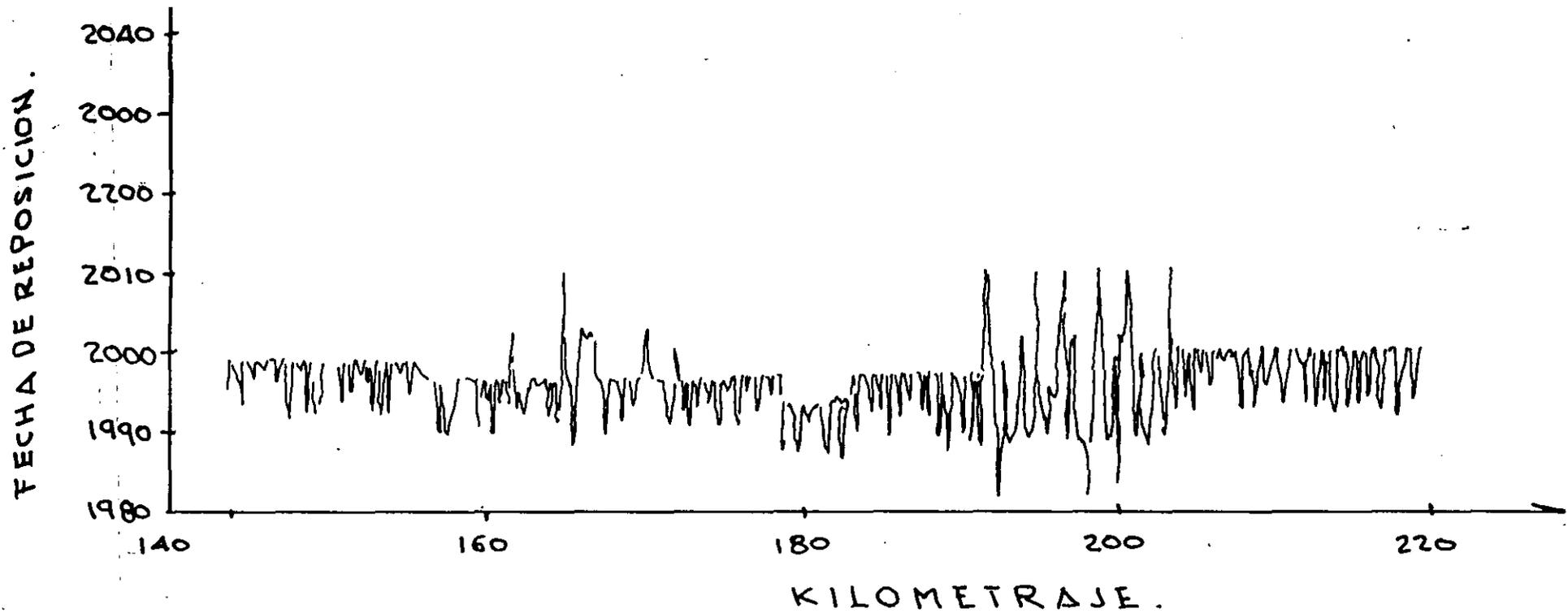
② = 28% DE LA LONG. DE LA RED: 5 A 20 MTB/AÑO.

④ = 19% DE LA LONG. DE LA RED: > 20 MTB/AÑO.

CUADRO # 17.

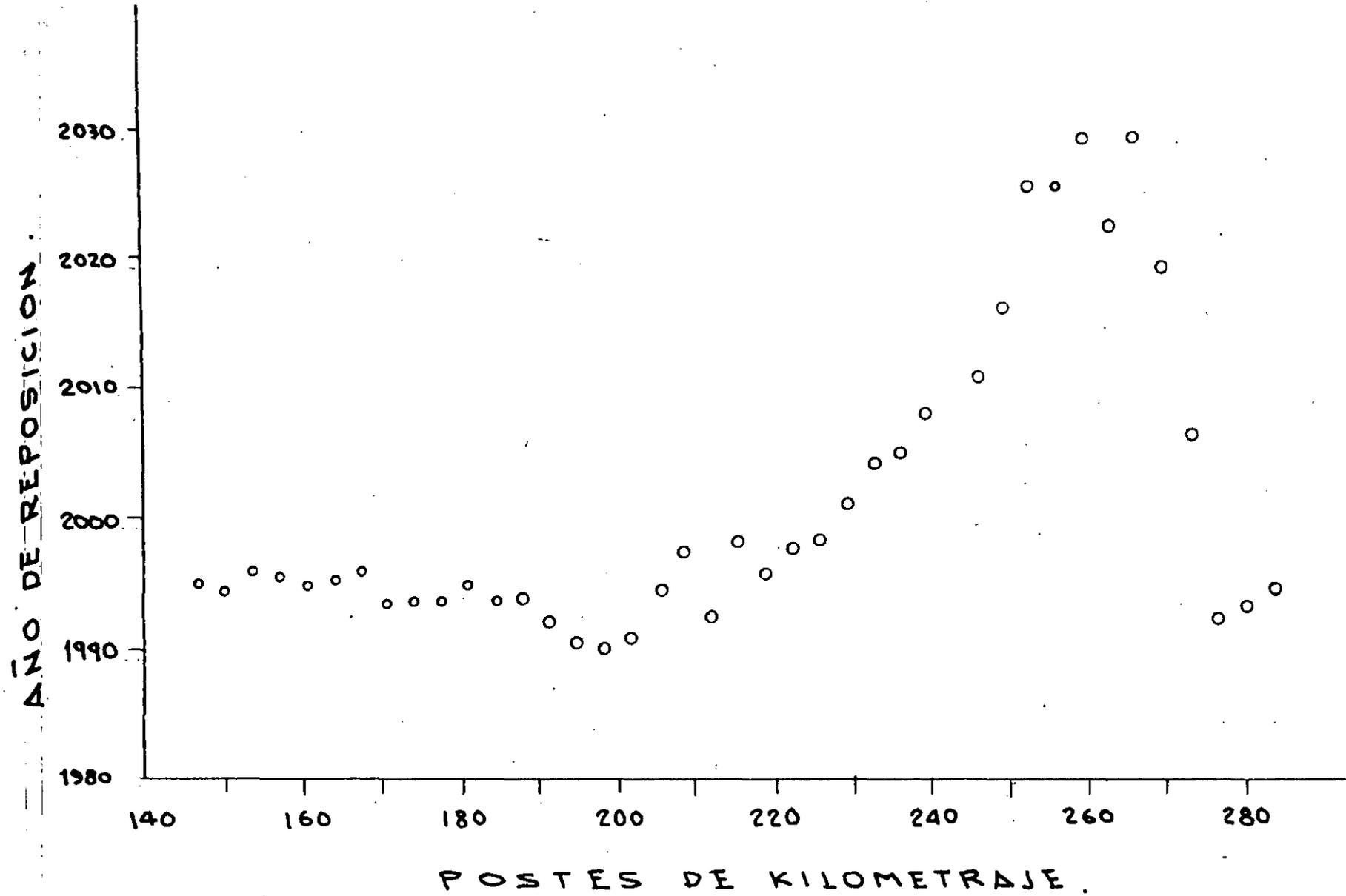
PROCESO DE PLANEACION PARA UN CAMBIO DE RIEL.
COMBINA CONDICIONES FISICAS DE RIEL, CON DURACION (VIDA) POR FATIGA.





CUADRO # 18.

PRONOSTICO ANUAL DE CAMBIO DE RIEL (TRAMOS HOMOGENEOS).



C U A D R O # 1 9 .

PRONOSTICOS DE REPOSICION DE RIEL (TRAMOS DE 5.6 KMS).



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

CURSOS ABIERTOS.

SUPERVISION DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA.

FECHA: DEL 1o. AL 5 DE MAYO DE 1995.

TEMA: NORMAS DE SEGURIDAD DE VIAS.

TRADUCTOR Y EXPOSITOR

ING. ISAAC MOSCOSO LEGORRETA.

ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE FERROCARRILES (F.R.A.)

NORMAS DE SEGURIDAD DE VÍAS . (REVISIÓN 1988.)

PARTE 213.- NORMAS DE SEGURIDAD DE VÍAS.

SUB-PARTE "A"- GENERALIDADES.

213.1.- ALCANCE.

ESTA PARTE PRESCRIBE REQUISITOS INICIALES DE MÍNIMA SEGURIDAD PARA VÍAS DE FERROCARRIL QUE FORMAN PARTE DE UN SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN POR FERROCARRIL. LOS REQUISITOS PRESCRITOS EN ESTA PARTE SON APLICABLES A CONDICIONES ESPECÍFICAS DE LA VÍA, EXISTIENDO SEPARADAMENTE. POR LO TANTO UNA COMBINACIÓN DE CONDICIONES DE VÍA, NINGUNA DE LAS CUALES INDIVIDUALMENTE SUMAN UNA DESVIACIÓN DE LOS REQUISITOS CONTENIDOS EN ESTA PARTE. PUEDE NECESITAR UNA ACCIÓN DE CORRECCIÓN PARA PROPORCIONAR OPERACIONES SEGURAS SOBRE ESTA VÍA.

213.3.- APLICACIÓN.

EXCEPTO A LO ESTIPULADO EN EL PÁRRAFO B) DE ESTA SECCIÓN. ESTA PARTE SE APLICA A TODAS LAS VÍAS DE ESCANTILLÓN STÁNDAR (1,435 mm.) EN UN SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN POR FERROCARRIL.

B) ESTA PARTE NO ES APLICABLE A VÍAS:

- 1) LOCALIZADAS DENTRO DE UNA INSTALACIÓN QUE NO FORMA PARTE DE UN SISTEMA GENERAL DE TRANSPORTACIÓN POR FERROCARRIL O
- 2) USADAS EXCLUSIVAMENTE PARA TRÁNSITO RÁPIDO EN ÁREAS METROPOLITANAS O SUBURBAS [49 FR-1988, ENERO 18 DE 1984.]

213.4.- VÍA EXCLUÍDA.

EL PROPIETARIO DE UNA VÍA PUEDE ELEGIR UN TRAMO DE VÍA COMO VÍA EXCLUIDA BAJO LOS SIGUIENTES CONSIDERANDOS:

- A).- QUE EL SEGMENTO DE VÍA SEA IDENTIFICADO EN EL HORARIO, INSTRUCCIONES ESPECIALES, ORDEN GENERAL U OTROS RÉCORDS APROPIADOS QUE ESTÉN DISPONIBLES PARA INSPECCIÓN DURANTE HORAS DE LABORES.
- B).- EL SEGMENTO IDENTIFICADO NO SE ENCUENTRE LOCALIZADO DENTRO DE LOS 15 M. (30') DE UNA VÍA ADYACENTE QUE PUEDA SER SUJETA A USO SIMULTÁNEO Y VELOCIDADES SUPERIORES A 10 Km./Hr.
- C).- QUE EL SEGMENTO IDENTIFICADO SEA INSPECCIONADO DE ACUERDO CON LA NORMA 213.233 c) A LA FRECUENCIA ESPECIFICADA PARA VÍAS DE CLASE I.

D) EL SEGMENTO IDENTIFICADO DE VÍA NO SE ENCUENTRE LOCALIZADO EN UN PUENTE, INCLUYENDO EL APROCHE, 30 m. (100') A CADA LADO, O LOCALIZADO EN UNA CALLE URBANA O CARRETERA, SI LOS FURGONES O CARROS CONTENIENDO MERCANCIAS REQUIEREN SER ANUNCIADOS POR LAS NORMAS DE MATERIALES PELIGROSOS (49 CFR. PART. 172) SON MOVIDOS SOBRE LA VÍA EN CUESTIÓN; Y

E).- LAS OPERACIONES DE FERROCARRIL EN CONVOY, EN EL SEGMENTO IDENTIFICADO, BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

1).- NINGÚN TREN DEBE OPERARSE A VELOCIDADES SUPERIORES A 16 km./Hr. (10 M.P.H.)

2).- NINGÚN TREN DE PASAJEROS QUE PRODUZCA GANANCIAS DEBE OPERARSE; Y

3).- NO DEBERÁ OPERARSE UN TREN CARGUERO INTEGRADO CON MAS DE CINCO CARROS QUE NECESITEN ANUNCIARSE CON LAS NORMAS O REGULACIONES DE MATERIALES PELIGROSOS (49 CFR. PART. 172.)

213.5.- RESPONSABILIDADES DE LOS PROPIETARIOS DE VÍAS.-

A).- EXCEPTO, COMO SE PREVEE EN EL PÁRRAFO B) DE ESTA SECCIÓN, NINGÚN PROPIETARIO DE VÍAS, A LAS CUALES SE APLIQUE ESTA PARTE, QUE SEPA O TENGA NOTICIA QUE LA VÍA NO CUMPLE CON LOS REQUISITOS DE ESTA PARTE, PODRÁ:

1).- LLEVAR LA VÍA A LA NORMA.

2).- DETENER LAS OPERACIONES SOBRE LA VÍA, U:

3).- OPERAR BAJO LA RESPONSABILIDAD DE UNA AUTORIDAD DESIGNADA BAJO LA REGLA 213.7 (A), QUIÉN CUENTE CON UN MÍNIMO DE UN AÑO EN LABORES DE SUPERVISIÓN DE TRABAJOS DE VÍAS DE FERROCARRIL, SUJETO A LAS CONDICIONES ENUNCIADAS EN ESTA PARTE.

FRA.- NORMAS DE SEGURIDAD DE VÍAS.

B).- SI EL PROPIETARIO DE LA VÍA AL CUAL SE LE APLICA ESTA PARTE, DESIGNARA UN TRAMO DE VÍA COMO "VÍA EXCEPTUADA", BAJO LAS PREVISIONES DE LA REGLA 213.4, LAS OPERACIONES DEBEN CONTINUARSE SOBRE ESA VÍA SIN CUMPLIR CON LO PREVISTO EN LAS SUBPARTES: B,C,D Y E.

C).- SI EL PROPIETARIO DE UNA VÍA AL CUAL SE LE APLICA ESTA PARTE ASIGNA RESPONSABILIDAD DE LA VÍA A OTRA PERSONA (POR EFECTO DE ARRENDAMIENTO U OTRO EVENTO), NINGUNA PARTE DE ESTA CESIÓN PODRÁ SOLICITAR A LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE FERROCARRILES (F.R.A.) RECONOCER A LA PERSONA A QUIEN ÉSTA RESPONSABILIDAD FUE ASIGNADA, PARA FINES DE OBSERVANCIA DE ESTA PARTE. TODA PETICIÓN DEBE SER POR ESCRITO, INCLUYENDO LO SIGUIENTE:

1.- NOMBRE Y DIRECCIÓN DEL PROPIETARIO DE LA VÍA.

2.- EL NOMBRE Y DIRECCIÓN DE LA PERSONA A QUIEN SE LE ASIGNA LA RESPONSABILIDAD (APODERADO.)

3.- UNA DESCRIPCIÓN EXACTA DE LAS RELACIONES ENTRE EL PROPIETARIO DE LA VÍA Y EL APODERADO.

4.- UNA IDENTIFICACIÓN PRECISA DE LA VÍA.

5.- UNA DEMOSTRACIÓN DE LA COMPETENCIA Y HABILIDAD DEL APODERADO PARA LLEVAR A CABO LAS FUNCIONES DEL PROPIETARIO, Y

6.- UN CONVENIO FIRMADO POR EL APODERADO RECONOCIENDO LA CESIÓN Y RESPONSABILIDAD, PARA LOS PROPÓSITOS DE OBEEDIENCIA DE ESTA PARTE.

D).- SI EL ADMINISTRADOR ESTÁ SATISFECHO Y CONVENCIDO DE QUE EL APODERADO ES COMPETENTE Y CAPAZ PARA LLEVAR LAS CARGAS Y RESPONSABILIDADES DEL PROPIETARIO, ÉL PODRÁ HACER LA PETICIÓN SUJETA A CUALQUIER CONDICIÓN QUE ÉL JUZGUE NECESARIA. SI EL ADMINISTRADOR HICIERA LA PETICIÓN, BAJO ESTA SECCIÓN, ÉL DEBERÁ ASÍ NOTIFICAR AL PROPIETARIO Y AL APODERADO. DESPUÉS EL ADMINISTRADOR CONCEDERÁ UNA PETICIÓN, ÉL PUEDE REPRESENTAR AL PROPIETARIO O AL APODERADO RESPONSABLE PARA OBEDECER ESTA PARTE Y SUJETARSE A LAS PENALIZACIONES CONTENIDAS EN LA REGLA 213.15.

E).- UN PORTEADOR COMÚN DE FERROCARRIL QUE ES DIRIGIDO POR LA COMISIÓN DE COMERCIO INTERESTATAL PARA PROPORCIONAR SERVICIOS SOBRE LA VÍA PROPIEDAD DE OTRO FERROCARRIL BAJO EL AMPARO DE LA NORMA 49 U.S.C. 11125, ES CONSIDERADO EL PROPIETARIO DE ESA VÍA PARA FINES DE APLICACIÓN DE ESTA PARTE, DURANTE EL PERÍODO DE LA ORDEN DE SERVICIO QUE PERMANEZCA EN EFECTO.

213.7.- DESIGNACIÓN DE PERSONA CALIFICADA PARA SUPERVISAR CIERTOS TRABAJOS DE RENOVACIÓN E INSPECCIÓN DE VÍAS.

CADA PROPIETARIO DE VÍAS AL CUAL SE LE APLIQUE ESTA PARTE, DESIGNARÁ PERSONAS CALIFICADAS PARA SUPERVISAR RESTAURACIONES O REHABILITACIONES DE VÍAS BAJO CONDICIONES DE TRÁFICO; LAS PERSONAS DESIGNADAS DEBEN TENER:

- 1).- AL MENOS :
 - i.- UN AÑO DE EXPERIENCIA EN SUPERVISIÓN DE MANTENIMIENTO DE VÍAS DE FERROCARRIL, ó
 - ii.- UNA COMBINACIÓN DE EXPERIENCIAS, TANTO EN MANTENIMIENTO DE VÍAS, COMO ENTRENAMIENTO A PARTIR DE CURSOS ESPECIALIZADOS A NIVEL DE ESCUELAS TÉCNICAS, RELATIVOS A TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DE VÍAS.
- 2).- DEMOSTRAR AL PROPIETARIO QUE ÉL:
 - i.- SABE Y ENTIENDE LOS REQUISITOS DE ESTA PARTE.
 - ii.- PUEDE DETECTAR DESVIACIONES A ESTOS REQUISITOS, y
 - iii.- PUEDE PRESCRIBIR O DICTAR ACCIONES CORRECTIVAS Y SEGURAS NECESARIAS, PARA COMPENSAR ESAS DESVIACIONES, y
- 3).- OBTENER AUTORIZACIÓN POR ESCRITO DEL PROPIETARIO DE LA VÍA PARA DICTAR ESAS MEDIDAS CORRECTIVAS, PARA CORREGIR O COMPENSAR SEGURAMENTE ESAS DESVIACIONES, ATENTOS A LO QUE EXIGE EN ESTA PARTE.

B.- ~~TODO~~ TODO PROPIETARIO DE VÍA AL CUAL SE LE APLIQUE ESTA PARTE, DESIGNARÁ PERSONAS CALIFICADAS PARA INSPECCIONAR DEFECTOS DE LA VÍA. LAS PERSONAS DESIGNADAS DEBERÁN TENER:

1).- POR LO MENOS :

i).- UN AÑO DE EXPERIENCIA EN INSPECCIÓN DE TRABAJOS DE FERROCARRIL, O

ii).- UNA COMBINACIÓN DE EXPERIENCIAS EN TRABAJOS DE INSPECCIÓN DE VÍAS Y ENTRENAMIENTO, A PARTIR DE CURSOS ESPECIALES EN LA MATERIA. A NIVEL TÉCNICO.

2).- DEMOSTRAR AL PROPIETARIO QUE ÉL:

i).- SABE Y ENTIENDE LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN ESTA PARTE,

ii).- PUEDE DETECTAR DESVIACIONES A ESTOS REQUISITOS Y

iii).- PUEDE DICTAR MEDIDAS CORRECTIVAS PRÁCTICAS Y SEGURAS PARA ENMENDAR O COMPENSAR CON SEGURIDAD ESTAS DEVIACIONES Y

3).- OBTENER AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL PROPIETARIO DE LA VÍA, PARA DICTAR ESAS ACCIONES CORRECTIVAS PARA COMPENSAR CON SEGURIDAD ESAS DESVIACIONES, DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO EN ESTA PARTE, HASTA SER REVISADA POR UNA PERSONA CALIFICADA, DESIGNADA BAJO EL PÁRRAFO A) DE ESTA SECCIÓN.

C).- CON RESPECTO AL NOMBRAMIENTO BAJO LOS PÁRRAFOS A) Y B) DE ESTA SECCIÓN, CADA PROPIETARIO DE VÍA DEBE LLEVAR RÉCORDS POR ESCRITO DE:

1).- CADA NOMBRAMIENTO EN EFECTO.

2).- LAS BASES DE CADA DESIGNACIÓN Y

3).- LAS INSPECCIONES DE VÍA REALIZADAS POR CADA PERSONA CALIFICADA DESIGNADA, COMO LO ESTABLECE LA REGLA 213.241.

ESTOS REPORTES (RÉCORDS) DEBERÁN ESTAR DISPONIBLES PARA SU CONSULTA O COPIADO POR LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE FERROCARRILES DURANTE HORARIOS DE LABORES.

213.9.-**CLASES DE VÍA: LÍMITES DE VELOCIDAD Y OPERACIÓN.**

A) EXCEPTO A LO ESTABLECIDO EN LOS PÁRRAFOS D) Y C) DE ESTA SECCIÓN Y LA 213.57 B), 213.59 A), 213.113 A) Y 213.137 B) Y C), OBSÉRVENSE LAS SIGUIENTES VELOCIDADES MÁXIMAS PERMISIBLES:

VÍA QUE CUMPLA CON LOS REQUISITOS PRESCRITOS EN ESTA PARTE, PARA:	VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE PARA TRENES DE CARGA Km./Hr.	VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE PARA TRENES DE PASAJEROS Km./Hr.
VÍA CLASE 1.	16.0	24.0
VÍA CLASE 2.	40.0	48.0
VÍA CLASE 3.	64.0	96.0
VÍA CLASE 4.	96.0	128.0
VÍA CLASE 5.	128.0	144.0
VÍA CLASE 6.	176.0	176.0

B).- SI UN TRAMO DE VÍA NO REÚNE LOS REQUISITOS PARA UNA CLASE DETERMINADA DE VÍA, SE RECLASIFICARÁ EN LA CATEGORÍA INMEDIATAMENTE INFERIOR, SIN EMBARGO SI EL SEGMENTO DE VÍA NO CUMPLE, POR LO MENOS CON LOS REQUISITOS DE LA VÍA CLASE 1, LAS OPERACIONES PUEDEN CONTINUAR A VELOCIDADES REPORTADAS, PARA ESA CLASE 1, POR UN PERÍODO QUE NO EXCEDERÁ DE MÁS DE 30 DÍAS, SIN PONER LA VÍA DENTRO A LAS ESPECIFICACIONES DE ESA CLASE 1, BAJO LA AUTORIZACIÓN DE UNA PERSONA DESIGNADA POR LA NORMA 213.7 (A), QUE TENGA, POR LO MENOS, UN AÑO DE EXPERIENCIA EN SUPERVISIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DE VÍAS DE FERROCARRIL, DESPUÉS DE QUE ESA PERSONA DETERMINE CUÁLES OPERACIONES PUEDEN CONTINUAR REALIZÁNDOSE CON SEGURIDAD Y SUJETAS A CONDICIONES ESPECÍFICAS DE OPERACIÓN.

C).- LAS VELOCIDADES MÁXIMAS DE OPERACIÓN NO EXCEDERÁN DE 176 Km. / Hr. (110 M.P.H.) SIN APROBACIÓN PREVIA DEL ADMINISTRADOR FEDERAL DE FERROCARRILES. LAS PETICIONES PARA ESTA APROBACIÓN DEBERÁN EN FORMA Y CONTENIDO APEGARSE A LO ESTABLECIDO POR LA NORMA 211.11 DE ESTE CAPÍTULO. TODA PETICIÓN DEBERÁ PROPORCIONAR SUFICIENTE INFORMACIÓN, RELATIVA AL COMPORTAMIENTO DE LA VÍA, SEÑALIZACIÓN, PROTECCIÓN DE CRUCEROS A NIVEL, CONTROL ERRÁTICO, DONDE ESTEN INCLUIDOS LOS USOS ESPECÍFICOS Y EL EQUIPO, ASÍ COMO TAMBIÉN TODO LO CONCERNIENTE A PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN DE VÍAS Y PROCEDIMIENTOS QUE DEBERÁN SEGUIRSE. PARA GARANTIZAR QUE EL LÍMITE DE VELOCIDAD PROPUESTA, ESTÁ SUSTENTADO EN LA SEGURIDAD.

213.11.- REHABILITACIÓN O REPARACIÓN DE VÍA, BAJO CONDICIONES DE TRÁFICO.

SI DURANTE UN PERIODO DE REHABILITACIÓN O REPARACIÓN, LA VÍA SE ENCUENTRA BAJO LA OPERACIÓN DE TRENES Y NO SE CUMPLE CON TODOS LOS REQUISITOS PREESCRITOS EN ESTA PARTE, EL TRABAJO DE VÍA DEBERÁ REALIZARSE BAJO SUPERVISIÓN CONTINUA DE UNA PERSONA DESIGNADA BAJO NORMA 213.7 A), QUE TENGA, POR LO MENOS, UN AÑO DE EXPERIENCIA EN SUPERVISIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DE LAS VÍAS.

EL TÉRMINO "SUPERVISIÓN CONTINUA", COMO SE USA EN ESTA SECCIÓN, SIGNIFICA LA PRESENCIA FÍSICA DE LA PERSONA EN EL SITIO DE TRABAJO, SIN EMBARGO, CONSIDERANDO QUE LOS TRABAJOS SE DESARROLLAN A LO LARGO DE UN TRAMO, NO ES NECESARIO QUE CADA FASE DEL TRABAJO SEA SUPERVISADA VISUAL Y DIRECTAMENTE POR TAL PERSONA.

213.13.- MEDICIÓN DE VÍAS SIN EL EFECTO DE LA CARGA.

CUANDO SE MIDE UNA VÍA SIN CARGA PARA DETERMINAR SI CUMPLE CON LOS REQUISITOS DE ESTA PARTE, LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO O DEFORMACIÓN DE RIEL QUE OCURRE CON VÍA CARGADA, DEBERÁ AGREGARSE A LAS MEDICIONES REALIZADAS CON VÍA DESCARGADA.

213.15.- SANCIONES CIVILES.

CUALQUIER PERSONA (INCLUYENDO FERROCARRILERO, GERENTE, SUPERVISOR, OFICIAL U OTRO EMPLEADO O AGENTE DE UN FERROCARRIL, CUALQUIER PROPIETARIO DE UNA VÍA DONDE OPERE UN FERROCARRIL O CUALQUIER PERSONA AUTORIZADA POR EL ADMINISTRADOR FEDERAL DE FERROCARRILES QUE SEA RESPONSABLE EN VIRTUD DE LA APLICACIÓN DE LA NORMA 213.5 D), QUE VIOLE CUALQUIER REQUISITO DE ESTA PARTE O PARTICIPE EN ESTA VIOLACIÓN, ES SUJETA A UNA PENA CIVIL COMPRENDIDA ENTRE 250 Y 10,000 DLS., EXCEPTO QUE: LAS MULTAS SEAN IMPUESTAS CONTRA INDIVIDUOS SOLAMENTE POR VIOLACIONES VOLUNTARIAS Y DONDE SE DEMUESTRE QUE HUBO NEGLIGENCIA MANIFIESTA O EVIDENCIA DE REPETICIÓN DE VIOLACIÓN, QUE PUEDA PROVOCAR UN INMINENTE PELIGRO DE MUERTE O DAÑOS A PERSONAS, O PUEDA CAUSAR MUERTE O LESIÓN, LA MULTA NO EXCEDERÁ DE 20,000 DLS. POR CADA VIOLACIÓN.

CADA DÍA DE VIOLACIÓN CONTINUA CONSTITUYE UN DELITO POR SEPARADO. CONSULTAR EL APÉNDICE "B" DE ESTA PARTE PARA UNA DECLARACIÓN DE POLÍTICAS DE MULTAS CIVILES.

213.17.- EXCEPCIONES (FRANQUICIAS.)

A).- CUALQUIER PROPIETARIO DE UNA VÍA, AL QUE SE LE APLIQUE LO ESTABLECIDO EN ESTA PARTE PUEDE INTERPONER RECURSO DE EXCEPCIÓN PARA UNO O TODOS LOS REQUISITOS PRESCRITOS EN ESTA PARTE.

B).- DICHA INTERPOSICIÓN DE RECURSOS PARA EXCEPCIONES COMPRENDIDAS EN ESTA SECCIÓN, DEBERÁN SER FORMULADOS Y PRESENTADOS SEGÚN SE REQUIERE POR LA NORMA 211.7 Y 211.9 DE ESTE CAPÍTULO.

C).- SI EL ADMINISTRADOR FEDERAL DE FERROCARRILES ENCUENTRA QUE TAL SOLICITUD DE EXCEPCIÓN ES DE INTERÉS PÚBLICO Y ADEMÁS COMPATIBLE CON LA SEGURIDAD DEL FERROCARRIL, ÉL PODRÁ CONCEDER LA EXCEPCIÓN SUJETA A CUALQUIER CONDICIÓN QUE ÉL ESTIME NECESARIA. NÓTESE QUE CADA EXCEPCIÓN CONCEDIDA ES PUBLICADA EN EL REGISTRO FEDERAL, JUNTAMENTE CON UNA DESCRIPCIÓN DE LAS RAZONES QUE MEDIARON PARA SU OTORGAMIENTO.

SUB-PARTE "B".- SUBRASANTE.

213.31.- ALCANCE.

ESTA PARTE PRESCRIBE LOS REQUISITOS MÍNIMOS QUE DEBE CUMPLIR LA SUBRASANTE DE UNA VÍA DE FERROCARRIL, ASÍ COMO LAS CAPAS INMEDIATAMENTE ADYACENTES.

213.33.- DRENAJE.

TODA TUBERÍA U OTRO ELEMENTO QUE PERMITA EL PASO DEL AGUA, BAJO O ADYACENTE A LA SUBRASANTE, DEBERÁ SER MANTENIDA Y LIMPIA DE TODA OBSTRUCCIÓN, PARA PERMITIR EL PASO DE GASTOS DE PROYECTO.

213.37.- VEGETACIÓN.

TODA PRESENCIA DE VEGETACIÓN, EN EL DERECHO DE VÍA DE UN FERROCARRIL, DEBERÁ SER CONTROLADA DE TAL FORMA QUE:

A).- NO LLEGUE A REPRESENTAR PELIGRO DE INCENDIO A LAS ESTRUCTURAS TÍPICAS DE VÍA.

B).- NO OBSTRUYA LA VISIBILIDAD DE SEÑALES Y SAÑALAMIENTOS DEL FERROCARRIL.

C).- NO INTERFIERA CON LOS MOVIMIENTOS Y DESPLAZAMIENTOS DE PERSONAL DEL FERROCARRIL, EN ÁREAS LATERALES A LA VÍA.

D).- NO IMPIDAN EL FUNCIONAMIENTO DE SEÑALES ELÉCTRICAS Y LÍNEAS DE COMUNICACIÓN, O

E).- NO IMPIDAN, A LOS EMPLEADOS DEL FERROCARRIL, LA INSPECCIÓN VISUAL DE LOS MOVIMIENTOS DEL EQUIPO EN SUS ACTIVIDADES NORMALES, EN PATIOS Y ESTACIONES.

SUB PARTE "C".- GEOMETRÍA DE LA VÍA.

213.51.- ALCANCE.

ESTA SUBPARTE PRESCRIBE LOS REQUISITOS PARA EL ESCANTILLÓN, EL ALINEAMIENTO Y NIVEL DE LA VÍA, ASÍ COMO LA ELEVACIÓN DEL RIEL EXTERIOR Y LAS LIMITACIONES DE VELOCIDAD DE UNA VÍA EN CURVA.

213.53.- ESCANTILLÓN.

A).- EL ESCANTILLÓN ES LA MEDIDA ENTRE LOS HONGOS DE RIEL, NORMAL A LA VÍA, TOMADA A UNA ALTURA DE 1.5875 mm. (5/8") ABAJO DE LA SUPERFICIE DEL HONGO.

B).- EL ESCANTILLÓN DEBERÁ ESTAR COMPLETAMENTE DENTRO DE LOS LÍMITES PRESCRITOS ES LA SIGUIENTE TABLA:

CLASE DE VÍA:	ESCANTILLÓN (VALOR MÍNIMO)	ESCANTILLÓN (VALOR MÁXIMO)
1	1,435 mm (4' 8")	1,486 mm (4' 10")
2 Y 3	1,435 mm (4' 8")	1,479 mm (4' 9 3/4")
4 Y 5	1,435 mm (4' 8")	1,473 mm (4' 9 1/2")
6	1,435 mm (4' 8")	1,467 mm (4' 9 1/4")

213.55.- ALINEAMIENTO.

EL ALINEAMIENTO NO PUEDE DESVIARSE DE SU POSICIÓN NORMAL MÁS QUE LAS CANTIDADES PRESCRITAS EN LA TABLA QUE SIGUE :

213.57.- CURVATURA: ELEVACIÓN Y LIMITACIONES DE VELOCIDAD.

A).- EXCEPTO LO PREVISTO EN LA NORMA 213.63, EL RIEL EXTERIOR DE UNA CURVA NO PUEDE ESTAR A UN NIVEL INFERIOR DEL RIEL INTERIOR O TENER UNA ELEVACIÓN MAYOR DE 15.24 CMS. (6"), EN RELACIÓN CON EL CITADO RIEL INTERIOR.

CLASE DE VÍA	VÍA EN TANGENTE. EL VALOR DE LA ORDENADA MEDIA, EN UNA DISTANCIA DE 18.91 M. (62') NO DEBERA SER MAYOR A:	VÍA EN CURVA EL VALOR DE LA ORDENADA MEDIA, PARA UNA CUERDA DE 18.91 M. (62'), NO DEBE SER MAYOR A:
1	12.7 CM (5")	12.7 CM. (5")
2	7.62 CM. (3")	7.62 CM. (3")
3	4.45 CM. (1 3/4")	4.45 CM. (1 3/4")
4	3.81 CM. (1 1/2")	3.81 CM (1 1/2")
5	1.90 CM (3/4")	1.58 CM. (5/8")
6	1.27 CM. (1/2")	0.95 CM. (3/8")

NOTA: LOS EXTREMOS DE LA CUERDA DEBERÁN ESTAR DEL LADO DEL ESCANTILLÓN DEL RIEL RECTO, A 1.58 CMS. ABAJO DE LA SUPERFICIE DEL HONGO DEL RIEL, AÚN EN RIEL USADO, EN VÍA EN TANGENTE.
EN VÍA EN CURVA, LOS EXTREMOS DE LA CUERDA DEBERÁN ESTAR EN EL LADO DEL ESCANTILLÓN DEL RIEL EXTERIOR. 1.58 CMS. (5/8") ABAJO DE LA SUPERFICIE DEL HONGO DEL RIEL.

B).- LA VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE DE OPERACIÓN PARA CADA CURVA EN PARTICULAR, ESTARÁ DADA POR LA

FÓRMULA:

$$V_{\max} = \sqrt{(EN + 3)/0.0007D}$$

VMAX. EN M.P.H. (MILLAS/HORA.)
EN, ELEVACIÓN REAL DEL RIEL EXTERIOR, (EN PULGADAS.)
D= GRADO DE CURVATURA (INGLÉS.)

LA TABLA DEL APÉNDICE "A", ESTÁ CALCULADA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ESTA FÓRMULA, PARA VARIOS VALORES DE SOBRE-ELEVACIÓN Y GRADOS DE CURVATURA.

213.59.- SOBRELEVACIÓN DE UNA VÍA EN CURVA.- VARIACIONES.

A).- SI UNA CURVA ES SOBRELEVADA, EL VALOR TOTAL DE ESTE CONCEPTO DEBERÁ DARSE A LO LARGO DE LA CURVA CIRCULAR, AUNQUE FÍSICAMENTE ESTO NO ES POSIBLE, PORQUE LAS CONDICIONES GEOMÉTRICAS DE UNA CURVA CIRCULAR NO LO PERMITEN. SI EL CAMBIO DE ELEVACIÓN OCURRE EN UNA CURVA, LA ELEVACIÓN MÍNIMA ACTUAL DEBERÁ USARSE EN EL CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE, PARA ESA CURVA, DE ACUERDO A LA NORMA 213.57 B).

B).- EL CAMBIO DE ELEVACIÓN DEBE DE VERIFICARSE SIN ALTERAR LA DESVIACIÓN EN NIVEL PRESCRITA EN 213.63 Y DEBE DE ESTAR COMPRENDIDA, POR LO MENOS, A LO LARGO DE LA ESPIRAL DE TRANSICIÓN.

SI LAS CONDICIONES DEL ALINEAMIENTO NO PERMITEN ADOPTAR UNA CURVA ESPIRAL DE LONGITUD SUFICIENTE PARA APLICAR LA SOBRELEVACIÓN CALCULADA, PARTE DE ESTA SOBRELEVACIÓN SE PUEDE APLICAR EN LAS TANGENTES.

213.63.- NIVEL O SUPERFICIE DE VÍA.

LOS PROPIETARIOS DE VÍA, A LOS CUALES SE APLICA ESTA PARTE, MANTENDRÁN LA SUPERFICIE O NIVEL DE SUS VÍAS, DENTRO DE LOS LÍMITES PRESCRITOS EN LA TABLA SIGUIENTE:

SUPERFICIE DE VÍA	CLASE DE VÍA.					
	1	2	3	4	5	6
EL CAMBIO DE ELEVACIÓN EN UN RIEL DE 9.46 M (31') NO DEBE SER MAYOR DE ... (CMS.)	8.89	7.62	5.08	3.81	2.54	1.27
LA DESVIACIÓN DE UN PERFIL UNIFORME, EN CUALQUIER RIEL, EN LA ORDENADA MEDIA DE UNA CUERDA DE 18.91 M. (62'). NO DEBE SER MAYOR QUE... (CMS)	7.62	6.99	5.72	5.08	3.18	1.27
LA DESVIACIÓN PARA UNA ELEVACIÓN ASIGNADA EN CURVAS ESPIRALES, NO DEBEN SER MAYORES QUE ... (CMS.)	4.45	3.81	3.18	2.54	1.91	1.27
LA VARIACIÓN EN EL NIVEL TRANSVERSAL, EN CURVAS ESPIRALES Y EN DISTANCIAS DE 9.46 M. (31'), NO DEBEN SER MAYORES QUE... (CMS.)	5.08	4.45	3.18	2.54	1.91	1.27
LA DESVIACIÓN DE CERO NIVEL TRANSVERSAL EN CUALQUIER PUNTO DE UNA TANGENTE, O PARA UNA ELEVACIÓN DESIGNADA EN CURVAS ENTRE 2 ESPIRALES. NO DEBE SER MAYOR QUE ... (CMS.)	7.62	5.08	4.45	3.18	2.54	1.27
LA DIFERENCIA EN NIVEL TRANSVERSAL ENTRE DOS PUNTOS DE UNA TANGENTE O CURVA ENTRE ESPIRALES SEPARADOS 18.91 M (62') NO DEBE SER MAYOR QUE... (CMS.)	7.62	5.08	4.45	3.18	2.54	0.95

SUB PARTE "D".- ESTRUCTURA DE VÍA.

213.101.- ALCANCE.

ESTA SUBPARTE PRESCRIBE REQUISITOS MÍNIMOS PARA: BALASTO, DURMIENTES, SUJECIONES Y CONDICIONES FÍSICAS DEL RIEL.

213.103.- BALASTO: GENERALIDADES.

AÚNQUE ESTRUCTURALMENTE ESTÉN SOPORTADAS DE OTRA FORMA, TODAS LAS VÍAS DEBERÁN SER SUSTENTADAS POR UN MATERIAL QUE:

- A).- PUEDA TRANSMITIR Y DISTRIBUIR LA CARGA DE LA VÍA Y DEL EQUIPO RODANTE A LA CAPA SUBRASANTE .
- B).- PUEDA CONTENER LA VÍA LATERAL, TRANSVERSAL Y LONGITUDINALMENTE, BAJO CARGAS ESTÁTICAS Y DINÁMICAS IMPUESTAS POR EL EQUIPO RODANTE, ASÍ COMO ESFUERZOS DE TEMPERATURA, EJERCIDOS POR LOS RIELES.
- D).- PROPORCIONAR DRENAJE ADECUADO A LA VÍA Y:
- E).- MANTENER, EN LO MÁS POSIBLE INVARIABLES, EL NIVEL TRANSVERSAL, EL NIVEL Y EL ALINEAMIENTO.

213.109.- DURMIENTES.

A).- LOS DURMIENTES DEBERÁN ESTAR FABRICADOS DE MATERIALES QUE ASEGUREN UN BUEN APOYO Y ANCLAJE AL RIEL.

B).- CADA SEGMENTO DE VÍA DE 11.89 M (39 ') DEBERA TENER:

1).- UNA CANTIDAD SUFICIENTE DE DURMIENTES QUE EN COMBINACIÓN PROPORCIONEN SOPORTE EFECTIVO QUE:

- i).- MANTENGA EL VALOR DEL ESCANTILLÓN DENTRO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LA NORMA 213.53 B).
- ii).- MANTENER LA SUPERFICIE O NIVEL DENTRO DE LOS LÍMITES PRESCRITOS EN LA NORMA 213.63 Y:
- iii).- MANTENGA EL ALINEAMIENTO DENTRO DE LOS LÍMITES PRESCRITOS EN LA NORMA 213.55.

2).- EL MÍNIMO NÚMERO Y TIPO DE DURMIENTES ESPECIFICADOS EN EL PÁRRAFO C), DE ESTA SECCIÓN EFECTIVAMENTE DISTRIBUIDOS, PARA SOPORTAR EL SEGMENTO TOTAL DE VÍA, Y

3).- POR LO MENOS UN DURMIENTE DEL TIPO ESPECIFICADO EN EL PÁRRAFO C), DE ESTA SECCIÓN QUE ESTÉ LOCALIZADO EN LA JUNTA DE RIELES, COMO SE ESPECIFICA EN EL PÁRRAFO D) DE ESTA SECCIÓN.

C).- CADA SEGMENTO DE VÍA DE CLASE 1, CON LONGITUD DE 11.89 M. (39') TENDRÁ CINCO DURMIENTES.

VÍAS DE CLASE 2 Y 3, TENDRÁN OCHO DURMIENTES.

VÍAS CLASES 4 Y 5, TENDRÁN 12 DURMIENTES Y VÍAS CLASE 6, TENDRÁN 14 DURMIENTES, QUE NO ESTARÁN EN LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- 1).- QUEBRADOS, EN TODA LA SECCIÓN TRANSVERSAL.
- 2).- RAJADOS U OTRO TIPO DE FALLA QUE IMPIDA EL APOYO CORRECTO SOBRE EL BALASTO; ASÍ COMO LA FIJACIÓN CORRECTA DEL CLAVO DE VÍA O CUALQUIER OTRO TIPO DE SUJECIÓN RIEL-DURMIENTE.

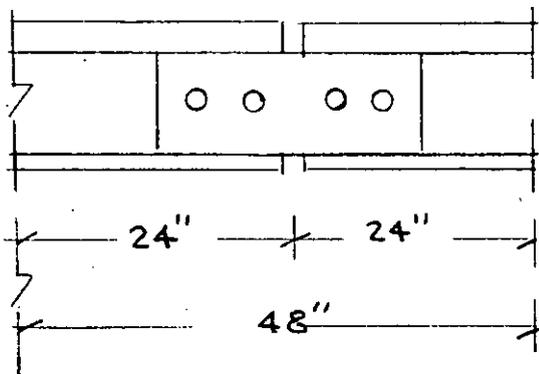
3).- TAN DETERIORADOS QUE LA PLACA METÁLICA DEL ASIENTO A LA BASE DEL RIEL PUEDAN MOVERSE MÁS DE 1.27 CMS. (1/2") CON RELACIÓN A LOS DURMIENTES O

4).- CORTADURA O PENETRACIÓN DE PLACA CON UNA PROFUNDIDAD DEL 40% DEL ESPESOR DEL DURMIENTE.

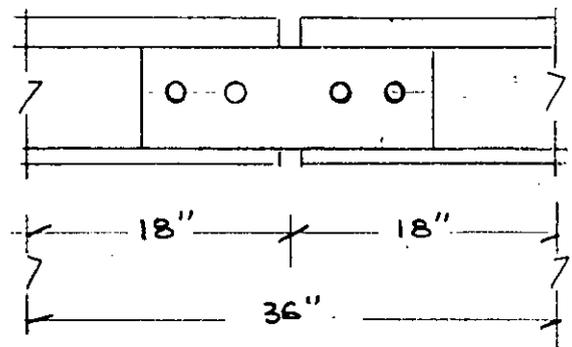
D).- VÍAS CLASES 1 Y 2. TENDRÁN UN DURMIENTE CUYO CENTRO DE LÍNEA ESTÉ DENTRO DE UNA DISTANCIA DE 61 CMS. (24") DE LA JUNTA DE RIELES.

VÍAS DE LAS CLASES 3 A LA 6, TENDRÁN UN DURMIENTE CUYO CENTRO DE LÍNEA ESTÉ A UNA DISTANCIA DE 45.72 CMS. (18") DE LA JUNTA DE RIELES.

LA POSICIÓN RELATIVA DE ESTOS DURMIENTES SE DESCRIBE EN LAS SIGUIENTES FIGURAS:



VÍAS CLASES 1 Y 2.



VÍAS CLASES 3 A 6.

VÍAS CLASES 1 Y 2: CADA JUNTA DE RIEL EN VÍAS DEBERÁ SER SOPORTADA, POR LO MENOS, POR UN DURMIENTE COMO DESCRITO EN EL PÁRRAFO C) DE ESTA SECCIÓN, CUYO CENTRO DE LÍNEA QUEDE COMPRENDIDO DENTRO DE LA DISTANCIA DE 48".

VÍAS CLASES 3-A 6: CADA JUNTA DE RIEL EN VÍAS DE LA CLASE 3-A LA-6, DEBERÁN SER SOPORTADAS, POR LO MENOS, POR UN DURMIENTE SEGÚN LO DESCRITO EN EL PÁRRAFO C) DE ESTA SECCIÓN, CUYO CENTRO DE LÍNEA DEBE QUEDAR COMPRENDIDO EN UNA DISTANCIA DE 36" (91.44 CMS.)

213.113.- RIELES DEFECTUOSOS:

A).- CUANDO UN PROPIETARIO DE VÍAS AL CUAL SE LE APLIQUE LO ESTIPULADO EN ESTA PARTE, A TRAVÉS DE UNA INSPECCIÓN O POR MEDIO DE OTRA ACCIÓN, SE DETERMINE QUE EL RIEL DE SUS VÍAS ADOLECE DE ALGUNO DE LOS DEFECTOS ENLISTADOS EN LA SIGUIENTE TABLA, UNA PERSONA, DESIGNADA POR LA NORMA 213.7, DETERMINARÁ DÓNDE LA VÍA DEBERÁ REPARARSE Y DÓNDE PUEDE PERMANECER EN USO.

SI ÉL DETERMINARA LO PRIMERO, LA OPERACIÓN DE TRENES SOBRE LA VÍA DEFECTUOSA, NO SE PERMITIRÁ HASTA QUE:

- 1).- EL RIEL SE SUSTITUYA. O
- 2).- SE INICIE LA MEDIDA CORRECTIVA PRESCRITA EN LA TABLA:

B).- COMO USADO EN ESTA SECCIÓN.

1).- "FISURA TRANSVERSAL" SIGNIFICA UNA FRACTURA EN FORMA DE CRUZ, PARTIENDO DEL CENTRO CRISTALINO DEL NÚCLEO, DENTRO DEL HONGO, A PARTIR DEL CUIAL SE EXTIENDE AL EXTERIOR COMO UNA MANCHA REDONDA, BRILLANTE U OSCURA, O UNA SUPERFICIE OVALADA, SENSIBLEMENTE EN ÁNGULO RECTO AL EJE LONGITUDINAL DEL RIEL. EL ELEMENTO DISTINTIVO DE UNA FISURA TRANSVERSAL, DE OTROS TIPOS DE FRACTURA O DEFECTOS SON EL CENTRO CRISTALINO O NÚCLEO Y LA MANCHA OVALADA QUE LO RODEA.

2).- "FISURA COMPUESTA" SIGNIFICA UNA FRACTURA PROGRESIVA QUE SE ORIGINA EN UNA HENDIDURA HORIZONTAL QUE RODEA AL HONGO DE RIEL CON UNA TRAYECTORIA LISA, BRILLANTE U OSCURA, PROGRESANDO SENSIBLAMENTE EN ÁNGULO RECTO AL EJE LONGITUDINAL DEL RIEL.

LAS FISURAS COMPUESTAS REQUIEREN DE UN EXAMEN VISUAL EN AMBAS CARAS DE LA FRACTURA, PARA LOCALIZAR LA HENDIDURA EN DONDE SE INICIAN.

3).- "HENDIDURA DE CABEZA HORIZONTAL" SIGNIFICA UN DEFECTO PROGRESIVO HORIZONTAL, PRODUCIÉNDOSE EN EL INTERIOR DEL HONGO DE RIEL, GENERALMENTE A 1/4" (0.635 CM.) O ALGO MÁS, ABAJO DE LA SUPERFICIE DE RÓDAMIENTO, PROGRESANDO HORIZONTALMENTE EN TODAS DIRECCIONES Y GENERALMENTE ACOMPAÑADA POR UNA ESCAMA EN LA SUPERFICIE, EL DEFECTO APARECE COMO UNA ROTURA LONGITUDINAL DEL RIEL, CUANDO ALCANZA LA CARA LATERAL DEL HONGO.

4).- "HENDIDURA VERTICAL DEL HONGO" SIGNIFICA UNA FALLA A TRAVÉS O CERCA DEL CENTRO DEL HONGO DEL RIEL, EXTENDIÉNDOSE HACIA DENTRO O A TRAVÉS DEL MISMO. UNA GRIETA O RASPADURA OXIDADA, PUEDE APARECER BAJO EL HONGO, MUY CERCA DEL ALMA Y PRODUCIR UNA SEPARACIÓN EN DOS PARTES.

5).- "ALMA HENDIDA" SIGNIFICA UNA GRIETA LONGITUDINAL A LO LARGO DEL COSTADO DEL ALMA, EXTENDIÉNDOSE HACIA ADENTRO O A TRAVÉS DE ELLA.

6).- "RIEL TUBIFICADO" SIGNIFICA UNA GRIETA VERTICAL EN EL RIEL, GENERALMENTE EN EL ALMA DEBIDO A UN FENÓMENO DE CAVITACIÓN (VACÍO) EN EL LINGOTE, EN EL PROCESO DE ROLADO.

7).- "BASE QUEBRADA" SIGNIFICA CUALQUIER ROTURA EN LA BASE DEL RIEL.

8).- "FRACTURA DE DETALLE" SIGNIFICA UNA FALLA PROGRESIVA ORIGINADA CERCA O EN LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO DEL HONGO. ESTAS FRACTURAS NO DEBEN CONFUNDIRSE CON LAS FISURAS TRANSVERSALES, FISURAS COMPUESTAS U OTROS DEFECTOS QUE TIENEN ORIGEN INTERNO. LA FRACTURA DE DETALLE PUEDE MANIFESTARSE EN ESCAMAS O LAMINILLAS DE METAL.

9).- "PATINADURAS" SIGNIFICA UNA FALLA PROGRESIVA ORIGINADA EN LUGARES EN DONDE LAS RUEDAS DE LA LOCOMOTORA PATINAN. CAUSANDO UN DESGASTE SOBRE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO DEL HONGO.

10).- "ROTURA ORDINARIA" SIGNIFICA UNA FALLA PARCIAL O TOTAL EN LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL RIEL, EN DONDE NO HAY EVIDENCIA O SEÑAS DE AGRIETAMIENTO.

11).- "RIEL DAÑADO" SIGNIFICA TODO RIEL QUEBRADO O DAÑADO POR EL EFECTO DINÁMICO DE RUEDAS DESCARRILADAS, QUEBRADAS O PLANAS, ASÍ COMO MANCUERNAS DESBALANCEADAS.

ACCIONES CORRECTIVAS

DEFECTO	LONG. DEFECTO (PULG.)		%HONGO DE LA SECC. TRANSVERS. DAÑADA.		ACCION CORRECTIVA
	>	<	>	<	
FISURA TRANSVERSAL			20 100	20 100	B B A
FISURA COMPUESTA			20 100	20 100	B B A
FRACTURA DE DETALLE PATINADURA SOLDADURA DEFECTUOSA			20 100	20 100	C D A/E/H
HENDIDURA DE HONGO	0 2	2 4			H/F I/G
HENDIDURA VERTICAL DEL HONGO	4 (1)	(1)			B H/F
RIEL TUBIFICADO SEPARACION DEL ALMA	1/2 3 (1) 0	3 (1) 1/2			I/G B A H/F
ROTURA DE AGUJERO DE TORNILLO	1/2 1 1/2 (1)	1 1/2 (1)			G B A
BASE ROTA	0 6	6			E A/E/I
ROTURA ORDINARIA					A/E
RIEL DAÑADO					C

NOTAS :

(1) QUEBRADURA EN EL HONGO.

A.- PERSONA ASIGNADA POR LA NORMA 213.7 QUE SUPERVISE VISUALMENTE CADA OPERACIÓN SOBRE EL RIEL DEFECTUOSO.

B.- VELOCIDAD DE OPERACIÓN RESTRINGIDA SOBRE EL RIEL DEFECTUOSO, AUTORIZADA POR PERSONA DESIGNADA POR LA NORMA 213.7 A), QUE TENGA UN MÍNIMO DE EXPERIENCIA EN SUPERVISIÓN DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO DE VÍAS.

C.- APLICAR A LA JUNTA EMPLANCHUELADA EMPERNADA, SOLAMENTE EN LOS AGUJEROS EXTREMOS, DENTRO DE LOS 20 DÍAS POSTERIORES SI SE DETERMINA QUE SE PUEDE SEGUIR EMPLEANDO LA VÍA, EN EL CASO DE VÍAS DE CLASE 3 A LA 6. LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE TRENES, SOBRE EL TRAMO DE RIEL DEFECTUOSO, SERA DE 48 KM./HR. (30 M.P.H.), HASTA QUE SE CAMBIEN PLANCHUELAS , DE ALLÍ EN ADELANTE EL LÍMITE DE VELOCIDAD SERÁ DE 96.0 KM/HR. (60 M.P.H.) O LA MÁXIMA PERMITIDA BAJO LA NORMA 213.9, PARA LA CLASE DE VÍA QUE SE TRATE.

D.- APLIQUE LA JUNTA EMPLANCHUELADA SUJETA, SOLAMENTE DE TALADROS EXTERIORES AL RIEL DEFECTUOSO, DENTRO DE LOS DIEZ DÍAS DESPUÉS DE DETERMINAR QUE LA VÍA CONTINUARÁ EN USO, EN EL CASO DE VÍAS CLASE 3 A LA 6. LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN SOBRE EL TRAMO DE RIEL DEFECTUOSO SERÁ DE 48 KM./HR. (30 M.P.H.) O MENOR, COMO LO AUTORICE PERSONA DESIGNADA SEGÚN NORMA 213.7 A), QUE CUENTE CON UNA EXPERIENCIA MÍNIMA DE UN AÑO, EN TRABAJOS DE SUPERVISIÓN DE MANTENIMIENTO DE VÍAS, HASTA QUE SE APLIQUEN LAS PLANCHUELAS, DESPUÉS DE ESO, LA VELOCIDAD LÍMITE SERÁ DE 96.0 KM/HR. (60 M.P.H.) O LA MÁXIMA PERMITIDA POR LA NORMA 213.9 PARA LA CLASE DE VÍA DE QUE SE TRATE, LA QUE SEA MENOR.

E.- APLICAR PLANCHUELA AL DEFECTO Y APÉRNESE, EN CONCORDANCIA CON 213.21 D) Y E).

F.- REALIZAR UNA INSPECCIÓN A LA VÍA DESPUÉS DE 90 DÍAS, PARA DETERMINAR SI LA VÍA SE SIGUE USANDO.

G.- REALIZAR UNA INSPECCIÓN AL TRAMO DE VÍA, DESPUÉS DE 30 DÍAS, PARA DETERMINAR SI LA VÍA CONTINUA USANDOSE.

H.- LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN SOBRE EL TRAMO DEFECTUOSO SERÁ DE 96.0 KM/HR (60 M.P.H.) O LA MÁXIMA PERMITIDA POR LA NORMA 213.9 PARA LA CLASE DE VÍA QUE CORRESPONDA, O LA QUE SEA MÁS BAJA.

I.- LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN LÍMITE SOBRE EL TRAMO DE VÍA DEFECTUOSO, SERÁ DE 48 KM./HR. (30 M.P.H.) O LA VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA POR LA NORMA 213.9, PARA LA CLASE DE VÍA QUE SE TRATE, O CUALQUIER VELOCIDAD MAS BAJA.

213.115.- EXTREMOS DE RIEL DESAJUSTADOS.

NINGUNA JUNTA DE RIELES PODRÁ EXCEDER LAS TOLERANCIAS PRESCRITAS EN LA SIGUIENTE TABLA:

DESAJUSTE DE JUNTAS DE RIEL (NO PODRÁN EXCEDERSE LAS TOLERANCIAS)

CLASE DE VÍA	EN DIRECCIÓN DE LOS EXTREMOS DE RIEL		EN LADO DE ESCANTILLON DE LOS EXTREMOS	
	PULG.	CMS.	PULG.	CMS.
1	1/4"	0.635	1/4"	0.635
2	1/4"	0.635	3/16"	0.476
3	3/16"	0.476	3/16"	0.476
4 Y 5	1/8"	0.318	1/8"	0.318
6	1/8"	0.318	1/8"	0.318

213.121.- JUNTAS DE RIELES.

A).- CADA JUNTA DE RIELES, BIEN SEA AISLADA O DE COMPROMISO, DEBE TENER EL DISEÑO APROPIADO Y LAS DIMENSIONES DEL RIEL (CALIBRE), AL CUAL SE APLICAN.

B).- SI UNA PLANCHUELA, EN VÍAS CLASES 3 A LA 6, SE FRACTURA, DAÑA O PERMITE MOVIMIENTOS VERTICALES DE CUALQUIER RIEL, CUANDO LOS PERNOS SE APRIETAN, DEBERÁ REEMPLAZARSE.

C).- SI UNA PLANCHUELA SE FRACTURA O ROMPE EN UNA SECCIÓN INTERMEDIA ENTRE DOS AGUJEROS, DEBERÁ SER REEMPLAZADA.

D).- EN EL CASO DE LA VÍA CONVENCIONAL EMBLANCHUELADA, CADA RIEL DEBERÁ UNIRSE A LA PLANCHUELA, POR LO MENOS CON DOS TORNILLOS POR RIEL, EN LAS VÍAS CLASES 2 A 6 Y CON UN TORNILLO POR RIEL EN VÍAS CLASE 1.

E).- EN EL CASO DE VÍA CON RIEL SOLDADO CONTINUO, CADA RIEL DEBE SER UNIDO A LA PLANCHUELA, POR LO MENOS POR DOS TORNILLOS.

F).- CADA PLANCHUELA DEBE SER SUJETA EN SU POSICIÓN POR TORNILLOS DE VÍA SUFICIENTEMENTE APRETADOS PARA PERMITIR QUE LA PLANCHUELA SOPORTE FIRMEAMENTE ALINEADOS Y NIVELADOS LOS DOS EXTREMOS DE LOS RIELES Y A LA VEZ PERMITA MOVIMIENTOS LONGITUDINALES A AMBOS RIELES PARA ABSORVER LAS CONTRACCIONES Y ELONGACIONES QUE GENERAN LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA; CUANDO, POR DISEÑO SE PERMITA LA JUNTA CON RIELES A TOPE, LOS REQUISITOS DE ESTE PÁRRAFO, NO SE APLICARÁN. ESTAS UBICACIONES PUEDEN CORRESPONDER A VÍAS PROGRAMADAS PARA FABRICAR LARGOS TRAMOS DE RIEL SOLDADO CONTINUO Y POR LO TANTO DEBERÁN SUJETARSE A OTRO TIPO DE NORMAS, APLICABLES A VÍAS SOLDADAS.

G).- NINGÚN RIEL O PLANCHUELA, HABIENDO SUFRIDO UN CORTE CON SOLETE (OXIACETILENO), PODRÁ USARSE EN VÍAS DE CLASES 3 A 6.

213.123.- PLACAS METALICAS DE ASIENTO.

A).- EN VÍAS CLASES 3 A LA 6, EN VÍA ARMADA SOBRE DURMIENTES DE MADERA, DEBERÁ COLOCARSE PLACAS DE ASIENTO BAJO LOS RIELES APOYADOS EN ELLOS, EN POR LO MENOS DE 8 A 10 DURMIENTES NO CONSECUTIVOS POR RIEL DE 11.895 M. (39' .)

213.127.- SUJECIONES RIEL-DURMIENTE.

CADA RIEL DE 11.895 M (39') TENDRÁ UN NÚMERO SUFICIENTE DE FIJACIONES LAS CUALES, EN LA CALIFICACIÓN DE UN INSPECTOR DE VÍA, FEDERAL O ESTATAL, EL ESCANTILLÓN SE MANTENGA DENTRO DE LOS LÍMITES PRESCRITOS EN LA NORMA 213.53 B).

EL TÉRMINO "INSPECTOR DE VÍA ESTATAL CALIFICADO". COMO SE USA EN ESTA SECCIÓN, DESCRIBE A UNA PERSONA QUE SE AJUSTA A LO REQUERIDO POR LA NORMA 49 CFR-212.203, (ANTERIORMENTE 212.75.)

213.133.- CAMBIOS Y CRUCEROS DE VÍA: GENERALIDADES

A).- EN CAMBIOS Y CRUCEROS DE VÍAS, LAS FIJACIONES DEBEN ESTAR INTACTAS Y COLOCADAS EN SU LUGAR, DE TAL FORMA DE ASEGURAR QUE TODOS LOS COMPONENTES SE MANTENGAN EN SU POSICIÓN CORRECTA; ASÍ MISMO LAS AGUJAS, EL SAPO Y LOS GUARDA-RIELES DEBERÁN ESTAR LIBRES DE OBSTRUCCIONES QUE PUEDAN INTERFERIR CON EL PASO DE LAS RUEDAS DEL EQUIPO RODANTE.

B).- LAS VÍAS DE CLASES 4 A LA 6 DEBERÁN ESTAR EQUIPADAS CON ANCLAS DE RIEL A TRAVÉS Y EN CADA LADO DE CRUCEROS Y CAMBIOS, PARA RESTRINGIR LOS MOVIMIENTOS DE LOS RIELES, AFECTANDO LA POSICIÓN DE AGUJAS Y SAPOS.

C).- CADA CAJA DE CEJA EN CAMBIOS Y CRUCEROS, DEBERA TENER UNA "LUZ" (ESPACIO LIBRE) DE POR LO MENOS 3.81 CMS (1 1/4)".

213.135.- AGUJAS (DE CAMBIO).

- A).- CADA JUEGO DE RIELES DEBERÁ SER APOYADO SEGURAMENTE SOBRE PLACAS CORREDERAS, PONIENDO MUCHO CUIDADO DE EVITAR LA INCLINACIÓN DEL RIEL SOBREPRETANDO LAS BARRAS DE UNIÓN.
- B).- CADA PUNTA DE AGUJAS DEBE AJUSTARSE ADECUADAMENTE CON EL ÁRBOL DE CAMBIO EN SUS POSICIONES "ABIERTO" Y "CERRADO". PARA PERMITIR EL PASO DE LAS RUEDAS SIN AVERIAR LA PUNTA DE LAS AGUJAS. LOS MOVIMIENTOS LATERALES Y VERTICALES DEL RIEL BASE EN LA PLACA O PLACAS DE CAMBIO EN UN DURMIENTE, NO DEBEN AFECTAR ADVERSAMENTE EL AJUSTE DE LA "PUNTA DE AGUJAS" CON EL RIEL BASE.
- C).- CADA PUNTA DE AGUJAS DEBE MANTENERSE DE TAL MODO QUE LA ORILLA EXTERIOR DE LA PISADA DE LA RUEDA NO HAGA CONTACTO CON EL LADO DEL ESCANTILLÓN DEL RIEL BASE.
- D).- EL TALÓN DE CADA AGUJA DEBERÁ ASEGURARSE, GUARDANDO BIEN APRETADOS LOS TORNILLOS DE LA JUNTA EMPLANCHUELADA.
- E).- CADA ÁRBOL DE CAMBIO Y SU VARILLA DE CONEXIÓN DEBERÁ ESTAR SEGURAMENTE SUJETADA Y FACTIBLE DE OPERARSE, SIN EXCESIVA PÉRDIDA DE MOVIMIENTO (JUEGO).
- F).- LA "PALANCA DE GOLPE" DEBE MANTENERSE DE TAL MODO DE EVITAR SU OPERACIÓN CON EL CANDADO O SEGURO COLOCADOS.
- G).- LA BANDERA DE CAMBIO, DEBE SER CLARAMENTE VISIBLE Y DISTINGUIBLE, EN TODO TIEMPO.
- H).- LAS PUNTAS DE AGUJA FRACTURADAS O DESGASTADAS DEBERÁN SER REPARADAS O SUSTITUÍDAS. EL FLUJO DE METAL DEBERÁ REMOVERSE PARA ASEGURAR EL CIERRE APROPIADO.

213.137.- SAPOS

- A).- LA PROFUNDIDAD DE LA "CAJA" DEL SAPO, MEDIDA A PARTIR DE LA SUPERFICIE SUPERIOR DEL CUERPO DEL SAPO, EN VÍAS DE CLASE 1, NO DEBE SER MENOR DE 3.4925 CMS (1 3/8") O MENOR DE 3.81 CMS. (1 1/2"), PARA VÍAS CLASES 2 A LA 6.
- B).- SI EL DIAMANTE DEL SAPO (PUNTA PRÁCTICA) SE AGRIETA, FRACTURA O SE DESGASTA EN SU NIVEL, EN UNA DIMENSIÓN SUPERIOR A 1.5875 CMS. (5/8") Y LONGITUDINALMENTE EN UNA DIMENSIÓN DE 15.24 CMS. (6"), LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN DE LOS TRENES NO DEBERÁ SER MAYOR A 16 KM/HR. (10 M.P.H).
- C).- SI LA HUELLA DE UN SAPO FUNDIDO SE DESGASTA EN SU PERFIL ORIGINAL, MÁS DE 0.9525 CMS. (3/8"), LA VELOCIDAD DE OPERACIÓN SOBRE ESE CAMBIO NO SERÁ SUPERIOR 16 KM. /HR. (10 M.P.H.)

213.139.- SAPOS DE RESORTE.

- A).- LA ORILLA EXTERIOR DE LA PISADA DE LA RUEDA NO DEBE HACER CONTACTO CON EL LADO DE ESCANTILLÓN DEL RIEL ACCIONADO POR RESORTE.
- B).- EL EXTREMO DE CADA "RIEL DE ALA" DEBERÁ ESTAR SOLIDAMENTE CALZADO Y TOTAL Y FUERTEMENTE ATORNILLADO.

C).- LOS SAPOS CON DEFECTOS EN LOS ORIFICIOS DE LOS TORNILLOS O PRESENTANDO SEPARACIÓN EN LA ZONA HONGO-ALMA, DEBERÁN SER REEMPLAZADOS.

D).- LOS RESORTES DEL SAPO DEBERÁN TENER UNA TENSIÓN SUFICIENTE PARA MANTENER EL "RIEL DE ALA" SUJETO CONTRA EL RIEL BASE.

E).- LA SEPARACIÓN ENTRE LA MUESCA DE ENCAJE Y EL ASTA, NO DEBERÁ SER MAYOR DE 0.635 CMS. (1/4".)

213.141.- SAPOS AUTO-RESGUARDADOS.

A).- EL ELEMENTO PROTECTOR, EN UN SAPO AUTORESQUARDADO, NO DEBE TENER UN DESGASTE MAYOR DE 0.9525 CMS. (3/8".)

B).- SI SE LLEVA A CABO UNA REPARACIÓN A UN SAPO AUTORESQUARDADO SIN DESMANTELAR EL JUEGO DE CAMBIO, LA CARA PROTECTORA DEBERÁ SER REACONDICIONADA, ANTES DE LA RECONSTRUCCIÓN DEL DIAMANTE.

213.143.- SAPO, GUARDARIELES Y CARAS PROTECTORAS.

LOS ESCANTILLONES PARA DIVERSAS PARTES DEL SAPO, DEBERÁN ESTAR DENTRO DE LAS TOLERANCIAS PRESCRITAS EN LA SIGUIENTE TABLA:

CLASE DE VÍA	DISTANCIA ENTRE LA LÍNEA DE ESCANTILLÓN DEL SAPO A LA LÍNEA DEL GUARDARRIEL O CARA PROTECTORA, MEDIDA TRANSVERSALMENTE A LA VÍA. NO DEBE SER MENOR DE:		DISTANCIA ENTRE LAS LINEAS DE GUARDA, MEDIDA TRANSVERSALMENTE A LA VÍA (LÍNEA DE ESCANTILLÓN) NO DEBE SER MAYOR QUE:	
	CMS.	PULG.	CMS.	PULG.
1	137.48	4' 6 1/8"	135.26	4' 5 1/4"
2	137.80	4' 6 1/4"	135.26	4' 5 1/4"
3 Y 4	138.08	4' 6 3/8"	135.26	4' 5 1/4"
5 Y 6	138.43	4' 6 1/2"	135.62	4' 5"

SUBPARTE E - INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS DE VÍAS

213.201.- ALCANCE.

ESTA SUBPARTE ESTABLECE LOS REQUISITOS MÍNIMOS PARA DETERMINADOS INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS DE VÍAS.

213.205.- DESCARRILADORES

A).- LOS DESCARRILADORES DEBEN SER TOTALMENTE VISIBLES.

CUANDO UN DESCARRILADOR ESTÉ EN LA POSICIÓN DE "CERRADO", NO DEBE TENER NINGÚN JUEGO QUE PUDIERA PERMITIR SU OPERACIÓN SIN REMOVER EL CANDADO.

SUBPARTE F.- INSPECCIÓN.

213.231.- ALCANCE.

ESTA SUBPARTE DESCRIBE LOS REQUISITOS PARA LA INSPECCIÓN DE LAS VÍAS, TANTO EN SU FORMA COMO FRECUENCIA, PARA LA DETECCIÓN DE DESVIACIONES PRESCRITAS EN ESTA PARTE.

213.233.- INSPECCIÓN DE VÍA.

A).- TODAS LAS VÍAS DEBERÁN SER INSPECCIONADAS DE ACUERDO CON LO PRESCRITO EN EL PÁRRAFO C) DE ESTA SECCIÓN, POR UNA PERSONA DESIGNADA SEGÚN LA NORMA 213.7.

B).- LAS INSPECCIONES DEBERÁN REALIZARSE A PIE O EN UN VEHÍCULO DE VÍA, VIAJANDO A UNA VELOCIDAD QUE PERMITA LA INSPECCIÓN VISUAL DE LA ESTRUCTURA DE LA VÍA, EN CUMPLIMIENTO CON LO QUE SE ESTABLECE EN ESTA PARTE. SIN EMBARGO, LOS ACCESORIOS MECÁNICOS, ELÉCTRICOS Y OTROS, DEBERÁN INSPECCIONARSE CON MÁS DETALLE.

SI LA INSPECCIÓN SE REALIZA A BORDO DE UN VEHÍCULO DE VÍA, LA VELOCIDAD DE ÉSTE NO DEBERÁ SER SUPERIOR A 8 KM. /HR. (5 M.P.H.), EN LAS CERCANÍAS DE CAMBIO, CRUCEROS Y OTRAS VÍAS.

C).- LA INSPECCIÓN DE LA VÍA DEBERÁ EFECTUARSE DE ACUERDO A LO INDICADO EN LA TABLA ANEXA A ESTA PARTE:

D).- SI LA PERSONA QUE REALICE LA INSPECCIÓN DE LAS VÍAS ENCUENTRA UNA VIOLACIÓN O DESVIACIÓN A LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN ESTA PARTE, DE INMEDIATO DEBERÁ DICTAR LAS MEDIDAS CORRECTIVAS PROCEDENTES.

213.235.- INSPECCIÓN DE CAMBIOS Y CRUCEROS.

A).- EXCEPTO, COMO LO PREVIENE EL PÁRRAFO B) DE ESTA SECCIÓN, LOS CAMBIOS Y CRUCEROS DE VÍA DEBERÁN SER INSPECCIONADOS A PIE, POR LO MENOS UNA VEZ AL MES.

B).- EN EL CASO DE UNA VÍA QUE TENGA POCO O NINGÚN USO, ANTES DE VOLVER A SU EMPLEO, DEBERÁ EFECTUARSE ESTA INSPECCIÓN.

CEDULA DE INSPECCIÓN DE VÍAS

CLASE DE VÍA	TIPO DE VÍA	FRECUENCIA DE INSPECCIÓN.
1, 2 Y 3	PRINCIPAL. LADEROS	SEMANALMENTE, CON AL MENOS 3 DÍAS DE INTERVALO ENTRE INSPECCIONES O ANTES DE USARSE, SI LA VÍA SE USA MENOS DE UNA VEZ A LA SEMANA O DOS VECES POR SEMANA, CON UN INTERVALO DE POR LO MENOS UN DÍA ENTRE INSPECCIONES. SI LA VÍA SOPORTA OPERACIONES DE TRENES DE PASAJEROS O TRÁFICO DE CARGA CON MAYOR DE 10 MTB/AÑO.
1, 2 Y 3	OTRAS VÍAS DISTINTAS A TRONCAL Y LADERO	MENSUALMENTE, CON UN INTERVALO ENTRE INSPECCIONES DE POR LO MENOS VEINTE DÍAS CALENDARIO.
4, 5 Y 6		DOS VECES A LA SEMANA, CON UN INTERVALO ENTRE INSPECCIONES DE POR LO MENOS UN DÍA.

213.237.- INSPECCIÓN DE RIELES.

A).- EN ADICIÓN A LA INSPECCIÓN DE VÍA REQUERIDA POR LA NORMA 213.233, POR LO MENOS UNA VEZ AL MES, DEBERÁ REALIZARSE UNA BÚSQUEDA CONTINUA DE DEFECTOS INTERNOS DEL RIEL, TANTO EN RIELES EMPLANCHUELOS COMO SOLDADOS, EN VÍAS CLASES 4 A 6 Y EN VÍAS CLASE 3, EN DONDE SE OPEREN TRENES DE PASAJEROS.

EN EL CASO DE VÍAS CON RIEL NUEVO, SI ANTES DE SU INSTALACIÓN O DENTRO DE LOS 6 MESES SIGUIENTES, SI LA VÍA ES INSPECCIONADA INDUCTIVA O ELECTRÓNICAMENTE, EN SU LONGITUD TOTAL Y TODOS LOS DEFECTOS FUEREN ELIMINADOS, LA SIGUIENTE LOCALIZACIÓN DE DEFECTOS INTERNOS SE HARÁ HASTA EL CUARTO AÑO, DESPUÉS DE REALIZADA ESE TIPO DE INSPECCIÓN.

B).- EL EQUIPO DE INSPECCIÓN DEBERÁ SER CAPAZ DE DETECTAR LOS DEFECTOS EN LA ZONA DE PLANCHUELOS Y EN LAS PROPIAS PLANCHUELOS.

C).- TODO DEFECTO DE RIELES DEBERÁ MARCARSE CON UNA PINTURA ALTAMENTE VISIBLE, EN AMBOS LADOS DE LA BASE Y EL ALMA DEL RIEL.

213.239.- INSPECCIONES ESPECIALES.

EN EL EVENTO DE FUEGO, AVENIDAS, TORMENTA SEVERA U OTRO SINIESTRO QUE PUEDA HABER DAÑADO LA ESTRUCTURA DE LA VÍA, DEBERÁ EFECTUARSE UNA INSPECCIÓN ESPECIAL, TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE, DESPUÉS DE OCURRIDO EL EVENTO.

213.241.- REGISTRO DE INSPECCIÓN.

A).- TODO PROPIETARIO DE VÍAS A QUIEN SE LE APLIQUE ESTA PARTE, LLEVARÁ UN RECORD DE CADA INSPECCIÓN REQUERIDA Y EJECUTADA DE ACUERDO A LO ESTABLECIDO EN ESTA SUB-PARTE.

B).- TODO RÉCORD O REPORTE DE INSPECCIÓN LEVANTADO SEGÚN NORMAS 213.4, 213.233 Y 213.235, DEBERÁ SER INICIADO Y TERMINADO EL MISMO DÍA EN QUE LA INSPECCIÓN SE LLEVE A CABO Y SER FIRMADO POR LA PERSONA QUE REALIZÓ LA INSPECCIÓN.

TAL REPORTE DEBE CONTENER: FECHA DE INSPECCIÓN, LOCALIZACIÓN, NATURALEZA DE LA DESVIACIÓN A LOS REQUERIMIENTOS DE ESTA PARTE Y LA MEDIDA O MEDIDAS CORRECTIVAS, DICTADAS POR EL INSPECTOR. EL PROPIETARIO DE LA VÍA RETENDRÁ Y ARCHIVARÁ ESTOS REPORTES EN LAS OFICINAS DE LA DIVISIÓN, POR LO MENOS DURANTE UN AÑO, A PARTIR DE LA FECHA DE REALIZADA LA INSPECCIÓN.

C).- LOS REPORTES DE INSPECCIÓN DE RIEL, DEBERÁN ESPECIFICAR LA FECHA DE INSPECCIÓN, LA UBICACIÓN, LA NATURALEZA DE LOS DEFECTOS INTERNOS DEL RIEL QUE SE DETECTARON, LAS ACCIONES CORRECTIVAS TOMADAS Y LA FECHA EN QUE SE APLICARON.

EL PROPIETARIO DE LA VÍA RETENDRÁ Y ARCHIVARÁ LOS REPORTES DE RIEL, POR LO MENOS DURANTE DOS AÑOS, DESPUÉS DE HABER REALIZADO LA INSPECCIÓN Y DURANTE UN AÑO, POR LO MENOS DESPUÉS DE HABER APLICADO LAS CORRECCIONES.

D).- TODO PROPIETARIO DE VÍA REQUERIDO POR LO PRESCRITO EN ESTA SECCIÓN. PARA GUARDAR LOS REPORTES DE INSPECCIÓN, PERMITIRÁ LA LECTURA Y COPIADO DE TALES REPORTES, AL ADMINISTRADOR FEDERAL DE FERROCARRILES, SI ESTE ASÍ SE LO REQUIERA.

**TRADUCCIÓN Y ADAPTACIÓN DEL ORIGINAL EN IDIOMA INGLÉS, REALIZADA
POR EL *ING. ISAAC. MOSCOSO LEGORRETA.***

MÉXICO, D.F. ABRIL DE 1995.

APPENDIX A—MAXIMUM ALLOWABLE OPERATING SPEEDS FOR CURVED TRACK

Elevation of outer rail (inches)

Degree of curvature	0	½	1	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6
Maximum allowable operating speed (mph)													
0°30'	93	100	107										
0°40'	80	87	93	98	103	109							
0°50'	72	78	83	88	93	97	101	106	110				
1°00'	66	71	76	80	85	89	93	96	100	104	107	110	
1°15'	59	63	68	72	76	79	83	86	89	93	96	99	101
1°30'	54	58	62	66	69	72	76	79	82	85	87	90	93
1°45'	50	54	57	61	64	67	70	73	76	78	81	83	86
2°00'	46	50	54	57	60	63	66	68	71	73	76	78	80
2°15'	44	47	50	54	56	59	62	64	67	69	71	74	76
2°30'	41	45	48	51	54	56	59	61	63	66	68	70	72
2°45'	40	43	46	48	51	54	56	58	60	62	65	66	68
3°00'	38	41	44	46	49	51	54	56	58	60	62	64	66
3°15'	36	39	42	45	47	49	51	54	56	57	59	61	63
3°30'	35	38	40	43	45	47	50	52	54	55	57	59	61
3°45'	34	37	39	41	44	46	48	50	52	54	55	57	59
4°00'	33	35	38	40	42	44	46	48	50	52	54	55	57
4°30'	31	33	36	38	40	42	44	45	47	49	50	52	54
5°00'	29	32	34	36	38	40	41	43	45	46	48	49	51
5°30'	28	30	32	34	36	38	40	41	43	44	46	47	48
6°00'	27	29	31	33	35	36	38	39	41	42	44	45	46
6°30'	26	28	30	31	33	35	36	38	39	41	42	43	45
7°00'	25	27	29	30	32	34	35	36	38	39	40	42	43
8°00'	23	25	27	28	30	31	33	34	35	37	38	39	40
9°00'	22	24	25	27	28	30	31	32	33	35	36	37	38
10°00'	21	22	24	25	27	28	29	31	32	33	34	35	36
11°00'	20	21	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33	34
12°00'	19	20	22	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33

[36 FR 20336, Oct. 20, 1971, as amended at 38 FR 876, Jan. 5, 1973]

APPENDIX B TO PART 213—SCHEDULE OF CIVIL PENALTIES¹

Section	Violation	Willful violation	Section	Violation	Willful violation	Section	Violation	Willful violation
Subpart A—General:			213.57 Curves: elevation and speed limitations	2,500	5,000	213.133 Turnouts and track crossings generally	1,000	2,000
213.4(a) Excepted track ²	\$2,500	\$5,000	213.59 Elevation of curved track; runoff	2,500	5,000	213.135 Switches: (a) through (g)	2,500	5,000
213.4(b) Excepted track ²	2,500	5,000	213.63 Track surface	5,000	7,500	(h) chipped or worn points	5,000	7,500
213.4(c) Excepted track ²	2,500	5,000	Subpart D—Track surface:			213.137 Frogs	2,500	5,000
213.4(d) Excepted track ²	2,500	5,000	213.103 Ballast: general	2,500	5,000	213.139 Spring rail frogs	5,000	7,500
213.4(e):			213.109 Crossties (a) Material used	1,000	2,000	213.141 Self-guarded frogs	2,500	5,000
1 Excepted track	5,000	7,500	(b) Distribution of ties	2,500	5,000	213.143 Frog guard rails and guard faces: gage	2,500	5,000
2 Excepted track	7,000	10,000	(c) Sufficient number of nondefective ties	1,000	2,000	Subpart E—Track appliances and track-related devices:		
32 Excepted track	7,000	10,000	(d) Joint ties	2,500	5,000	213.205 Derails	2,500	5,000
213.7 Designation of qualified persons to supervise certain renewals and inspect track	1,000	2,000	213.113 Defective rails	5,000	7,500	Subpart F—Inspection:		
213.9 Classes of track: Operating speed limits	2,500	5,000	213.115 Rail end mismatch	2,500	5,000	213.233 Track inspections	2,000	4,000
213.11 Restoration or renewal of track under traffic conditions	2,500	5,000	213.121 (a) Rail joints	2,500	5,000	213.235 Switch and track crossings inspections	2,000	4,000
213.13 Measuring track not under load	1,000	2,000	213.121 (b) Rail joints	2,500	5,000	213.237 Inspection of rail	2,500	5,000
Subpart B—Roadbed:			213.121 (c) Rail joints	5,000	7,500	213.239 Special inspections	2,500	5,000
213.33 Drainage	2,500	5,000	213.121 (d) Rail joints	2,500	5,000	213.241 Inspection records	1,000	2,000
213.37 Vegetation	1,000	2,000	213.121 (e) Rail joints	2,500	5,000			
Subpart C—Track geometry:			213.121 (f) Rail joints	2,500	5,000			
213.53 Gage	5,000	7,500	213.121 (g) Rail joints	5,000	7,500			
213.55 Alinement	5,000	7,500	213.123 Tie plates	1,000	2,000			
			213.127 Track spikes	2,500	5,000			

¹For the purposes of this appendix, a hazardous violation is one involving an immediate hazard of death or injury, or when an actual accident, death or injury results from the violation. The Administrator reserves the authority to assess the maximum penalty of \$2,500 for a hazardous violation.

²In addition to assessment of specified penalties, track segments designated as excepted track that are or become ineligible for such designation by virtue of noncompliance with any of the requirements to which this footnote applies are subject to all other provisions of Part 213 until such non-compliance is remedied.

[48 FR 35883, Aug. 8, 1983]
[53 FR 52924, Dec. 29, 1988]

NORMAS DICTADAS POR FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO,
TRATANDO DE APLICAR CRITERIOS DE F.R.A.

CLASIFICACION DE VIAS, PARA VARIOS TRAMOS DE LA RED
FERREA NACIONAL.

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
SUBDIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA Y TELECOMUNICACIONES
ORDINACION TECNICA Y PRESUPUESTAL

RESUMEN DE REQUERIMIENTOS MINIMOS DE CONSERVACION PARA LAS VIAS FERREAS MEXICANAS

C O N C E P T O	UNIDAD	CLASIFICACION DE VIA					
		1	2	3	4	5	6
DEFICIENCIA DE ALINEAMIENTO PARA TRAMOS DE 10 M.	(MM)	10	14	18	22	26	30
DEFICIENCIA DE NIVEL LONGITUDINAL EN CUERDAS DE 10 METROS	(MM)	10	14	18	22	26	30
ALABEO CORTO EN LONGITUD DE 3.50 MTS.	(MM)	5	8	10	12	14	20
ALABEO LARGO EN LONGITUD DE 18.90 MTS.	(MM)	55	55	55	55		
DISCREPANCIA EN SOBREELEVACION	(MM)	14	18	22	26	30	34
DISCREPANCIA EN ESCANTILLON ABIERTO RESPECTO A TANGENTE	(MM)	14	18	22	26	30	34
DISCREPANCIA EN ESCANTILLON CERRADO RESPECTO A TANGENTE	(MM)	-7	-8	-9	-10	-11	-11
ANCHO MINIMO DE CORONA DEL TERRAPLEN	(M)	6.5	5.5	5.5	5.0	5.0	4.5
ESPESOR MINIMO DE BALASTO	(CM)	30	26	22	18	14	11
ANCHO MINIMO DE HOMBRO DE BALASTO	(CM)	30	25	20	15	10	5
NUMERO MAXIMO DE DURMIENTES DE MADERA DEFECTUOSOS EN UNA LONGITUD DE 11.98 METROS	(PIEZAS)		3	5	7	8	11
NUMERO MAXIMO DE DURMIENTES DE MADERA DEFECTUOSOS CONSECUTIVOS (GRUPOS)	(PIEZAS)		2	3	4	5	6
NUMERO MAXIMO DE DURMIENTES DE CONCRETO DEFECTUOSOS EN 1 KILOMETRO	(PIEZAS)	12	25	37	50	62	75
NUMERO MAXIMO DE DURMIENTES DE CONCRETO DEFECTUOSOS CONSECUTIVOS (GRUPOS)	(PIEZAS)	1	1	2	2	3	3
CALIBRE MINIMO DE RIEL	(Lb/Yd)	136	115	110	100	90	80
DESGASTE MAXIMO DEL HONGO PARA RIEL CALIBRE MINIMO (VERTICAL + HORIZONTAL)	(MM)	19	13	14	10	10	10
APLASTAMIENTO MAXIMO EN JUNTAS EMPLANCHUELAS	(MM)		4	5	6	10	10
DISPARIDAD VERTICAL MAXIMA DEL HONGO EN LAS JUNTAS	(MM)		3	4	5	6	6
DISPARIDAD HORIZONTAL MAXIMA DEL HONGO EN LAS JUNTAS	(MM)		3	4	5	6	6
NUMERO MAXIMO DE DEFECTOS INTERNOS DE RIEL EN 10 KILOMETROS (TOTAL)	(DEFECTOS)	6	12	18	24	30	36
FLECHA MAXIMA POSITIVA EN JUNTAS SOLDADAS	(MM)	2	3	4	5	6	6
FLECHA MAXIMA NEGATIVA EN JUNTAS SOLDADAS	(MM)	0.3	0.5	0.5	0.5	1	1

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO

SUBDIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA Y TELECOMUNICACIONES

DIRECCION TECNICA Y PRESUPUESTAL

RESUMEN DE REQUERIMIENTOS MINIMOS DE CONSERVACION PARA LAS VIAS FERREAS MEXICANAS

CONCEPTO	UNIDAD	CLASIFICACION DE VIA					
		1	2	3	4	5	6
DESVIACION HORIZONTAL EN LA CARA INTERNA DEL HONGO PARA JUNTAS SOLDADAS	(MM)	0.5	1	1.5	2	3	3
NUMERO MINIMO DE TORNILLOS EN CADA EXTREMO DE RIEL PARA VIA EMPLANCHUELADA	(TORNOS.)		2	2	2	2	1
NUMERO MINIMO DE PARES DE PLACA DE ASIENTO METALICAS POR CADA 10 DURMIENTES EN 30' DE LONG.	(PLACAS)		10	9	8	7	5
NUMERO MAXIMO DE CLAVOS O DE TIRAFONDOS FALTANTES O SUELTOS POR CADA 24 DURMIENTES EN UN RIEL	(CLAVOS)	2	5	8	10	13	16
NUMERO MAXIMO DE GRAPAS FALTANTES O SUELTAS POR CADA 100 DURMIENTES, EN TANGENTE	(GRAPAS)	8	18	30	40	50	60
NUMERO MAXIMO DE GRAPAS FALTANTES O SUELTAS POR CADA 100 DURMIENTES, EN CURVA	(GRAPAS)		2	4	8	12	16
MAXIMO NUM. DE DURMTE. CONSECUTIVOS DONDE FALTEN O SE ENCUENTREN GRAPAS SUELTAS, EN TANGENTE	(DURMTE.)	1	1	1	2	2	2
MAXIMO NUM. DE DURMTE. CONSECUTIVOS DONDE FALTEN O SE ENCUENTREN GRAPAS SUELTAS, EN CURVA	(DURMTE.)		1	1	1	1	1

BTUSICARBEVIAFRMSVPM1

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
SUBDIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA Y TELECOMUNICACIONES
COORDINACION TECNICA Y PRESUPUESTAL

CLASIFICACION DE VIAS DE ACUERDO A LA DENSIDAD DE TRAFICO Y A LA VELOCIDAD PROMEDIO MAXIMA DE OPERACION

TRAMO	LOCALIZACION			LONGITUD (KM)	TONELAJE BRUTO/AÑO (MILLONES)	VELO-CIDAD (KM/H)	INDICE DE EXPORT.	CLASE DE VIA
	LINEA	KM	KM					
1 MEDICO-BUEHUETOCA	A	2.6	45.0	42.4	14.6	84.0	33.7	3
2 BUEHUETOCA-TULA	A	45.0	80.0	35.0	8.0	60.8	14.5	4
3 MARISCALA-TRAPUATO	A	264.0	363.0	89.0	23.6	97.0	62.0	2
4 TRAPUATO-FELIPE PESCADOR	A	353.0	814.0	461.0	12.7	98.0	33.7	3
5 FELIPE PESCADOR-TORREON	A	814.0	1,136.0	322.0	11.8	90.0	26.9	3
6 TORREON-CD. JUAREZ	A	1,136.0	1,973.8	837.0	8.6	105.8	24.4	3
7 TULA-PACHUCA	AB	0.0	70.0	70.0	0.9	51.8	1.5	6
8 SALAMANCA-IARAL DEL PROGRESO	AC	0.0	35.3	35.3	0.6	44.0	0.9	6
9 SILAO-GUANAJUATO	AE	0.0	23.6	23.6	0.5	38.8	0.7	6
10 CADEMA-DINAMITA	AK	0.0	10.8	10.8	0.1	40.0	0.1	6
11 SN. JUAN DEL RIO-SN. NICOLAS	AL	0.0	11.3	11.3	1.9	68.8	3.7	5
12 BUENAVISTA-BUEHUETOCA	AQ	1.7	45.2	43.5	21.8	112.0	66.4	1
13 BUEHUETOCA-QUERETARO	AQ	45.2	244.8	199.6	14.6	102.0	40.3	2
14 BUENAVISTA-BUEHUETOCA	B	7.7	47.8	39.3	14.6	84.8	33.7	3
15 BUEHUETOCA-LA GRIEGA	B	47.0	252.9	205.9	21.0	93.0	53.0	2
16 LA GRIEGA-HERCULES	B	252.9	264.1	11.2	4.0	70.8	8.0	5
17 QUERETARO-MARISCALA	B	268.7	287.0	18.3	21.6	103.8	60.2	2
18 MARISCALA-ESCOBEDO	B	287.0	314.0	27.0	4.2	84.0	9.7	4
19 ESCOBEDO-RINCONCILLO	B	314.0	329.0	15.0	10.4	82.0	23.3	3
20 VILLA DE REYES-SN. LUIS POTOSI	B	485.1	525.0	39.9	23.2	95.0	59.7	2
21 SN. LUIS POTOSI-GOMEZ FARIAS	B	525.0	847.0	322.0	20.4	90.0	50.0	2
22 GOMEZ FARIAS-SALTILLO	B	847.0	917.0	70.8	19.6	90.0	48.0	2
23 SALTILLO-MONTERREY	B	917.0	1,022.8	105.0	13.8	81.0	30.9	3
24 MONTERREY-NVO. LAREDO	B	1,022.0	1,290.0	268.0	10.1	91.0	25.0	3
25 RIO LAJA-POZOS	BA	0.0	60.8	60.8	0.2	102.8	0.6	6
26 DOLORES HIDALGO-RIO LAJA	BA	387.0	393.8	6.0	0.2	102.0	0.6	6
27 VANEGAS-MATEHUALA	BB	0.0	47.0	47.0	0.6	54.6	1.0	6
28 ABORCADO-ING. BUCHANAN	BC	0.0	98.0	98.0	16.2	102.8	44.7	2
29 ING. BUCHANAN-VILLA DE REYES	BC	98.0	180.0	82.0	23.2	100.0	62.8	2
30 RINCONCILLO-ING. BUCHANAN	BD	0.0	56.0	56.0	10.5	99.0	28.1	3
31 GOMEZ FARIAS-MARGARITA	BG	0.0	75.8	75.0	0.2	40.0	0.3	6
32 NUEVO LAREDO-NUEVO LAREDO	BJ	0.0	7.1	7.1	6.2	80.0	13.7	4
33 BUENAVISTA-BUEHUETOCA	BQ	1.7	45.6	43.9	21.8	112.0	66.4	1
34 BUEHUETOCA-QUERETARO	BQ	45.6	244.9	199.3	21.8	112.0	66.4	1
35 ENCANTADA-SALTILLO	BS	0.0	15.6	15.6	6.0	60.8	10.9	4
36 TLATILCO-CUERNAVACA	C	14.6	120.0	105.4	1.6	50.0	2.7	6
37 CUERNAVACA-OLEA	C	120.0	281.0	161.0	0.6	60.0	1.1	6
38 DURANGO-TORREON	DA	0.0	252.8	252.8	4.3	81.0	9.6	4
39 DURANGO-TEPEHUANES	DB	0.0	217.5	217.5	0.3	72.8	0.6	6
40 DURANGO-FELIPE PESCADOR	DC	0.0	265.5	265.5	1.0	78.0	2.2	6
41 DURANGO-ASERRADERO	DE	0.0	135.8	135.0	0.2	63.0	0.4	6
42 PEDRUCERA-VELARDEÑA	DM	0.0	8.0	8.0	0.5	40.0	0.7	6
43 EMP. DTO REGOCIJO-REGOCIJO	DN	0.0	55.8	55.8	0.1	47.0	0.1	6
44 AMOZOC-TEHUACAN	E	17.8	128.8	110.2	2.5	74.0	5.2	5
45 TEHUACAN-TOMELLIN	E	128.0	258.0	130.0	2.5	65.0	4.8	5
46 TOMELLIN-OAXACA	E	258.0	367.0	109.0	1.2	66.0	2.3	6
47 OAXACA-TLACOLULA	E	367.0	399.9	32.9	0.3	44.0	0.4	6
48 TEHUACAN-ESPERANZA	EA	0.0	50.4	50.4	1.0	54.0	1.7	6
49 OAXACA-TABICHE	EB	0.0	55.1	55.1	0.2	50.0	0.3	6
50 MONTERREY-CAMARGO	F	0.0	180.0	180.0	6.8	89.0	16.5	4
51 CAMARGO-MATAMOROS	F	180.0	330.0	150.0	6.8	89.0	16.5	4
52 COATZACOALCOS-CAMPECHE	FA	0.0	720.0	720.0	3.2	74.0	6.7	5
53 CAMPECHE-MERIDA	FA	720.0	854.4	174.4	3.4	79.0	7.5	5
54 MERIDA-TIZMIN	FD	0.0	177.4	177.4	0.1	58.0	0.1	6

(*).- aclarar su significado.

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
SUBDIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA Y TELECOMUNICACIONES
COORDINACION TECNICA Y PRESUPUESTAL

CLASIFICACION DE VIAS DE ACUERDO A LA DENSIDAD DE TRAFICO Y A LA VELOCIDAD PROMEDIO MAXIMA DE OPERACION *

TRAMO	LOCALIZACION			LONGITUD (KM)	TONELAJE BRUTO/AÑO (MILLONES)	VELO- CIDAD KM/H	INDICE DE EXPORT	CLASE DE VIA
	LINEA	KM	KM					
55 EMP. DTO. PROGRESO-PROGRESO	FN	0.0	32.4	32.4	1.0	46.0	1.6	6
56 EMP. DTO. PETO-PETO	FP	0.0	153.2	153.2	0.1	44.0	0.1	6
57 EMP. DTO. SOTUTA-SOTUTA	FS	0.0	57.1	57.1	0.0	42.0	0.1	6
58 DZITAS-VALLADOLID	FX	0.0	36.7	36.7	0.1	40.0	0.1	6
59 CORDOBA-TIERRA BLANCA	G	0.0	92.0	92.0	6.0	66.0	11.6	4
60 TIERRA BLANCA-MEDIAS AGUAS	G	92.0	300.0	208.0	11.0	75.0	23.2	3
61 VERACRUZ-TIERRA BLANCA	GA	2.0	101.0	99.0	9.4	67.0	18.2	4
62 TRES VALLES-SN. CRISTOBAL	GB	0.0	48.0	48.0	3.3	50.0	5.3	5
63 RODRIGUEZ CLARA-SN. ANDRES TUXTLA	GD	0.0	71.8	71.8	0.3	44.0	0.3	6
64 TRES VALLES-LOS MARANJOS	GE	0.0	13.8	13.8	1.8	70.0	2.0	6
65 EMP. DTO. JUAREZ-PDTE. JUAREZ	GF	0.0	20.0	20.0	1.2	50.0	2.0	6
66 LECHERIA-JALTOCAN	H	0.3	19.0	37.4	5.6	85.0	13.0	4
67 JALTOCAN-SN. AGUSTIN	H	19.0	61.0	42.0	7.3	92.0	18.2	4
68 SN. AGUSTIN-EMP. DTO. BERINSTAIN	H	61.0	114.0	53.0	1.4	75.0	3.0	6
69 EMP. DTO. BERINSTAIN-HONEY	H	114.0	151.2	37.2	0.5	84.0	1.1	6
70 EMP. REY-LA SOLEDAD	HA	0.0	25.0	25.0	0.4	69.0	0.8	6
71 SN. AGUSTIN-CD. SAHAGUN	HB	0.0	24.0	24.0	6.6	89.0	16.0	4
72 CD. SAHAGUN-SN LORENZO	HB	24.0	37.5	13.5	6.6	85.0	15.4	4
73 TEPA-LA SOLEDAD	HC	0.0	15.0	15.0	0.6	54.0	1.1	6
74 LA SOLEDAD-PACHUCA	HC	15.0	25.6	10.6	0.6	63.0	1.1	6
75 EMP. DTO. BERINSTAIN-BERINSTAIN	HD	0.0	34.0	34.0	0.2	60.0	0.4	6
76 EMP. DTO. APULCO-APULCO	HE	0.0	20.2	20.2	0.2	58.0	0.4	6
77 TRAPUATO-GUADALAJARA	I	0.0	260.0	260.0	23.0	103.0	64.1	2
78 GUADALAJARA-CD. GUZMAN	I	260.0	423.0	163.0	12.8	81.0	26.7	3
79 CD. GUZMAN-ZAPOTILTIC	I	423.0	441.0	18.0	12.8	81.0	26.7	3
80 ZAPOTILTIC-TEPALCATES	I	441.0	600.0	159.0	10.1	73.0	20.9	3
81 TEPALCATES-MANZANILLO	I	600.0	615.0	15.0	7.9	81.0	17.7	4
82 YURECUARO-LOS REYES	IB	0.0	138.8	138.8	0.5	56.0	0.9	6
83 OOOTLAN-ATOTONILCO	IC	0.0	34.4	34.4	0.7	53.6	1.1	6
84 PENJAMO-AJUNO	IN	0.0	134.9	134.9	1.7	78.0	3.7	5
85 ZAPOTILTIC-TOLTECA	IO	0.0	9.2	9.2	9.1	60.0	16.5	4
86 EMP. DTO. VIESCA-VIESCA	J	5.7	72.2	66.5	0.1	84.0	0.3	6
87 DCTEPEC-TONALA	K	0.0	176.0	176.0	2.0	75.0	4.2	5
88 TONALA-TAPACHULA	K	176.0	417.0	241.0	1.1	74.0	2.3	6
89 TAPACHULA-CD. HIDALGO	K	417.4	459.4	42.0	0.5	61.0	1.0	6
90 LOS TOROS-PUERTO MADERO	KA	0.0	13.8	13.8	1.0	50.0	1.6	6
91 CHECALOTE-SN. LUIS POTOSI	L	14.8	224.7	209.9	2.3	72.0	4.7	5
92 SN. LUIS POTOSI-VIEJO	L	224.7	366.7	142.0	7.3	80.0	16.2	4
93 VIEJO-LA LABOR	L	336.7	428.7	92.0	6.2	82.0	14.0	4
94 LA LABOR-TAMUIN	L	428.7	564.2	135.5	6.8	73.0	14.1	4
95 TAMUIN-MENDEZ	L	564.2	630.2	66.0	8.7	73.0	18.0	4
96 MENDEZ-TAMPICO	L	630.2	668.5	38.3	8.7	70.0	17.5	4
97 TAMPICO-DOJA CECILIA	L	668.5	678.0	9.5	8.7	50.0	11.7	4
98 SN. BARTOLO-RIO VERDE	LA	0.0	42.0	42.0	0.9	74.0	1.9	6
99 TAMPICO-MONTERREY	M	4.1	512.2	508.0	4.1	81.0	9.2	5
100 MONTERREY-PAREDON	M	512.2	607.0	94.8	9.3	91.0	23.6	3
101 PAREDON-HIPOLITO	M	607.0	676.0	69.8	12.3	91.0	30.4	3
102 HIPOLITO-GOMEZ PALACIO	M	676.0	897.2	221.2	13.3	106.0	38.2	3
103 CALLES-TAMUIN	MA	0.0	126.4	126.4	1.0	46.0	1.6	6
104 MEDCO-TOLUCA	N	1.1	70.0	68.9	3.5	71.0	7.1	5
105 TOLUCA-ACAMBARO	N	70.0	283.9	213.9	4.5	81.0	10.1	4
106 ACAMBARO-AJUNO	N	283.9	440.0	156.1	3.5	79.0	7.7	5
107 AJUNO-CALTZONTZIN	N	440.0	491.0	51.0	3.5	59.0	6.3	5
108 CALTZONTZIN-CORONDIRO	N	491.0	606.0	115.0	5.0	68.0	9.8	4
109 CORONDIRO-APATZINGAN	N	606.0	629.9	23.9	2.0	64.0	3.8	5

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
SUBDIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA Y TELECOMUNICACIONES
COORDINACION TECNICA Y PRESUPUESTAL

CLASIFICACION DE VIAS DE ACUERDO A LA DENSIDAD DE TRAFICO Y A LA VELOCIDAD PROMEDIO MAXIMA DE OPERACION

TRAMO	LOCALIZACION			LONGITUD (KM)	TONELAJE BRUTO/AÑO (MILLONES)	VELO- CIDAD KM/H	INDICE DE IMPORT	CLASE DE VIA	
	LINEA	EM	KM						
110	TACUBA-SN. RAFAEL	NA	0.0	11.1	11.1	4.0	40.0	6.0	5
111	ACAMBARO-CELAYA-STA.RITA	NB	0.0	58.0	58.0	5.4	91.8	13.4	4
112	STA.RITA-ESCOBEDO	NB	58.0	85.5	27.5	13.8	84.0	31.8	3
113	CALTZONZIN-URUAPAN	NC	0.0	6.1	6.1	3.5	59.0	6.3	5
114	TULTEPEC-EL ORO	ND	0.0	9.6	9.6	0.2	40.0	0.3	6
115	CORONDERO-LAZARO CARDENAS	NE	0.0	193.8	193.8	1.9	93.0	4.8	5
116	MARAVATIO-ZITACUARO	O	0.0	88.3	88.3	0.3	60.8	0.6	6
117	LA JUNTA-ANGANGUEO	OA	0.0	4.1	4.1	0.2	40.0	0.3	6
118	JIMENEZ-ROSARIO	P	0.0	155.6	155.6	1.4	77.8	3.1	6
119	EMP. DTO. STA. BARBARA-STA. BARBARA	PA	0.0	8.1	8.1	1.0	56.0	1.7	6
120	EMP. DTO.FRISCO-SN. FCO. DEL ORO	PB	0.0	11.9	11.9	1.0	23.0	1.3	6
121	OTNAGA-CHUBUAHUA	Q	0.0	268.0	268.0	0.3	87.0	0.7	6
122	CHUBUAHUA-LA JUNTA	Q	268.0	451.0	183.0	5.1	90.8	12.5	4
123	LA JUNTA-TOPOLOZAMPO	Q	451.0	941.2	490.2	2.0	87.0	4.8	5
124	LA JUNTA-CD. JUAREZ	QA	0.0	571.0	571.0	0.8	71.8	1.6	6
125	PIEDRAS NEGRAS-BARROTERAN	R	0.0	144.0	144.0	10.2	77.0	21.9	3
126	BARROTERAN-BRAVO	R	143.1	376.2	233.1	15.7	77.0	33.8	3
127	BARROTERAN-CD. FRONTERA	R	144.0	238.0	94.0	11.5	80.0	25.5	3
128	CD. FRONTERA-PAREDON	R	238.0	367.0	129.0	15.7	80.0	34.8	3
129	PAREDON-RAMOS ARIZPE	R	376.2	425.7	49.5	11.7	73.0	24.2	3
130	ALLENDE-CD. ACUNA	RA	0.0	118.8	118.8	0.2	88.0	0.5	6
131	EMP. NVA. ROSITA-ROSITA	RB	0.0	17.5	17.5	3.1	60.0	5.6	5
132	BARROTERAN-MUSQUIZ	RC	0.0	39.4	39.4	2.4	70.0	4.8	5
133	CD. FRONTERA-AVANTE ABMSA	RD	0.0	218.0	218.0	5.2	92.0	14.2	4
134	AVANTE ABMSA-ECALON	RD	218.0	338.2	120.2	1.5	68.0	3.0	6
135	EMP. AGUJITA-AGUJITA	RE	0.0	1.0	1.0	0.2	40.8	0.3	6
136	EMP. CLOETE-CLOETE	RG	0.0	1.8	1.8	8.2	40.0	0.3	6
137	EMP. PALAU-PALAU	RH	0.0	3.5	3.5	1.0	40.0	1.5	6
138	EL ORO-MINAS	RK	0.0	16.7	16.7	0.5	40.0	0.7	6
139	EL REY-QUIMICA EL REY	RL	0.0	16.6	16.6	1.0	60.0	1.8	6
140	MEXICO-TEOTIHUACAN	S	0.0	45.0	45.0	16.0	74.0	33.4	3
141	TEOTIHUACAN-APIZACO	S	45.0	139.0	94.0	7.4	90.0	18.1	4
142	APIZACO-CORDOBA	S	139.0	318.0	179.0	6.8	84.0	15.7	4
143	CORDOBA-VERACRUZ	S	318.0	419.3	101.3	3.2	77.0	6.9	5
144	APIZACO-PUEBLA	SA	0.0	44.8	44.8	5.2	69.0	10.3	4
145	STA. CLARA-LA VILLA	SB	6.5	11.8	5.3	0.5	50.0	0.8	6
146	LOS REYES-ENCINAR	SC	0.0	78.0	78.0	6.8	80.0	15.1	4
147	IALTOCAN-TEOTIHUACAN	SE	0.0	22.9	45.8	5.6	90.0	13.7	4
148	NOGALES-BENJAMIN HILL	T	0.0	150.0	150.0	2.3	60.0	4.2	5
149	BENJAMIN HILL-HERMOSILLO	T	150.0	312.0	162.0	2.3	93.0	5.8	5
150	HERMOSILLO-SN. BLAS	T	312.0	738.0	426.0	2.3	94.0	5.9	5
151	SN. BLAS-CULIACAN	T	738.0	956.0	218.0	7.9	95.0	20.3	3
152	CULIACAN-MAZATLAN	T	956.0	1,174.0	218.0	10.8	95.0	27.8	3
153	MAZATLAN-ESCUINAPA	T	1,174.0	1,261.0	87.0	11.4	92.0	28.5	3
154	ESCUINAPA-ROSETA	T	1,261.0	1,438.0	177.0	11.4	92.0	28.5	3
155	ROSETA-TEPIC	T	1,438.0	1,491.0	53.0	11.4	86.0	26.8	3
156	TEPIC-LA QUEMADA	T	1,491.0	1,658.0	167.0	11.4	87.0	27.1	3
157	LA QUEMADA-GUADALAJARA	T	1,658.0	1,764.0	106.0	11.4	84.0	26.3	3
158	NOGALES-DEL RIO	TA	0.0	121.0	121.0	1.0	72.0	2.0	6
159	DEL RIO-AGUA PRIETA	TA	121.0	204.0	83.0	1.0	72.0	2.0	6
160	AGUA PRIETA-NACUZARI	TA	204.0	324.4	120.4	1.0	55.0	1.7	6
161	DEL RIO-CANANEA	TB	0.0	16.0	16.0	1.0	71.0	2.0	6
162	AGUA PRIETA-LINEA DIV.	TC	0.0	2.8	2.8	1.0	40.0	1.5	6
163	EMPALME-GUAYMAS	TD	0.0	8.0	8.0	1.0	50.0	1.6	6
164	NAVOJOA-BUATAEAMPO	TE	0.0	43.0	43.0	0.5	40.0	0.7	6

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
 SUBDIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURA Y TELECOMUNICACIONES
 COORDINACION TECNICA Y PRESUPUESTAL

CLASIFICACION DE VIAS DE ACUERDO A LA DENSIDAD DE TRAFICO Y A LA VELOCIDAD PROMEDIO MAXIMA DE OPERACION

TRAMO	LOCALIZACION			LONGITUD (KM)	TONELAJE BRUTO/AÑO (MILLONES)	VELO- CIDAD KM/H	INDICE DE IMPORT.	CLASE DE VIA	
	LINEA	KM	KM						
165	CULLIACAN-NAVOLATO	TF	0.0	28.0	28.0	0.5	40.0	0.7	6
166	QUILA-EL DORADO	TG	0.0	23.0	23.0	0.5	40.0	0.7	6
167	EMP. ORENDAIN-AMECA	TH	0.0	52.2	52.2	1.0	66.0	1.9	6
168	LA VEGA-ETZATLAN	TI	0.0	34.5	34.5	1.0	69.0	2.0	6
169	MEXICALI-PASCUALITOS	U	0.0	15.0	15.0	2.2	89.4	5.4	5
170	PASCUALITOS-CABORCA	U	0.0	398.0	398.0	2.6	81.0	5.8	5
171	CABORCA-BENJAMIN HILL	U	398.0	524.8	126.8	2.7	81.0	6.0	5
172	TUJANA-TECATE	UA	0.0	71.4	71.4	0.1	40.0	0.1	6
173	LOS REYES-METEPEC	V	18.8	60.0	41.2	3.1	82.0	7.0	5
174	METEPEC-LAS VIGAS	V	60.0	285.0	225.0	13.5	99.0	36.2	3
175	LAS VIGAS-JALAPA	V	285.0	336.0	51.0	15.3	40.0	22.8	3
176	JALAPA-VERACRUZ	V	336.0	470.9	134.9	14.7	72.0	30.1	3
177	CUAUTLIXCO-CALDERON	VA	108.6	120.0	11.4	0.2	40.0	0.3	6
178	FF.CC. INDUSTRIAL-CUITLARUAC	VB	0.0	8.4	8.4	0.5	50.0	0.8	6
179	SN. LORENZO-AMOZOC	VB	0.0	128.0	128.0	5.5	65.0	10.5	4
180	AMOZOC-ORIENTAL	VB	128.0	189.0	61.0	3.4	49.0	5.5	5
181	EMP. DTO. DE ATENCINGO-ATENCINGO	VC	0.0	98.0	98.0	0.9	68.0	1.7	6
182	ATENCINGO-CUAUTLA	VC	98.0	160.2	62.2	0.7	61.0	1.3	6
183	SN. LAZARO-M. ZARAGOZA	VE	1.4	3.0	1.6	0.1	30.0	0.1	6
184	ORIENTAL-TEZIUTLAN	VF	0.0	89.7	89.7	0.5	53.0	0.8	6
185	CUAUTLIXCO-CUAUTLA	VI	0.0	3.7	3.7	0.1	40.0	0.1	6
186	XALOSTOC-CUAUTLA	VK	0.0	122.4	122.4	1.1	72.0	2.3	6
187	AMACAMECA-SN. RAFAEL	VL	0.0	12.6	12.6	0.1	42.0	0.2	6
188	TEOTIHUACAN-METEPEC	VS	0.0	2.0	2.0	8.0	70.0	16.1	4
189	PASO DEL TORO-SALINAS	W	0.0	22.0	22.0	0.2	40.0	0.3	6
190	EMP. DTO. MAGOSAL-MAGOSAL	XX	0.0	78.3	78.3	0.2	40.0	0.3	6
191	PERALVILLO-M. GONZALEZ	YA	0.7	2.3	1.6	0.5	40.0	0.7	6
192	SN. LAZARO-GRAN CANAL	YG	0.0	0.9	0.9	0.2	40.0	0.3	6
193	PERALVILLO-CENTENARIO	YH	0.0	5.4	5.4	0.2	40.0	0.3	6
194	T. VALLE DE MEXICO-IND. VALLEJO	YL	0.0	12.3	12.3	0.5	40.0	0.7	6
195	COATZACOALCOS-MEDIAS AGUAS	Z	0.0	96.0	96.0	9.1	74.0	19.0	4
196	MEDIAS AGUAS-DXTEPEC	Z	96.0	256.0	160.0	4.0	74.0	8.4	5
197	DXTEPEC-SALINA CRUZ	Z	256.0	303.3	47.3	1.5	41.0	2.3	6
198	HIBUERAS-MINATITLAN	ZA	0.0	11.0	11.0	2.0	40.0	3.0	6
SUMA TOTAL:					20,357.5				

CALOTUSICARGEMAICLASVIA



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

C U R S O S A B I E R T O S .

SUPERVISION DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION
DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA .

FECHA: DEL 10. AL 5 DE MAYO DE 1995.

TEMA: CRITERIOS DE MEDICION CON EL EQUIPO DE
MULTICAZADORA.

TRADUCTOR Y EXPOSITOR.

ING. ISAAC MOSCOSO LEGORRETA.

**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 hipótetica, 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 está 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, habiendo 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 cadenamamientos 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.
- le₁.= 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 $4/5$ 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 descontinua 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 prácticamente 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 G0, 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 porta-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 dá 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 localizemos 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.

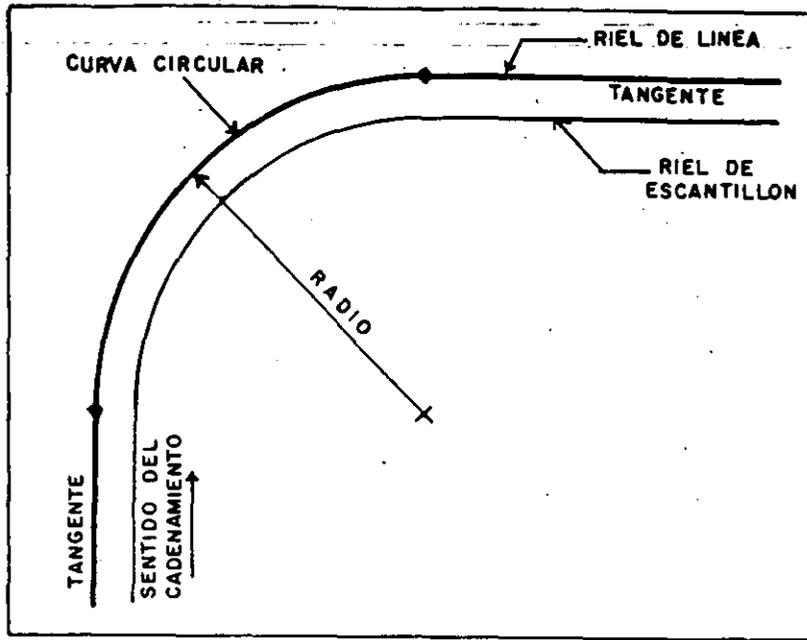


Fig. A-1 CURVA CIRCULAR (SIMPLE).

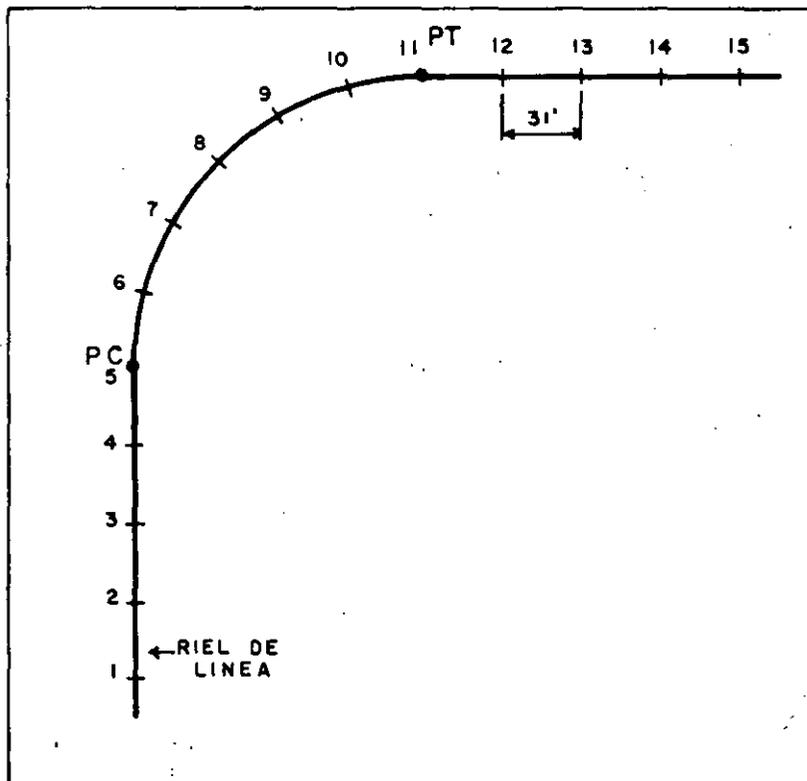


Fig. A-2 CADENAMIENTO DE LA VIA CON CUERDA DE 31' DE LONGITUD.

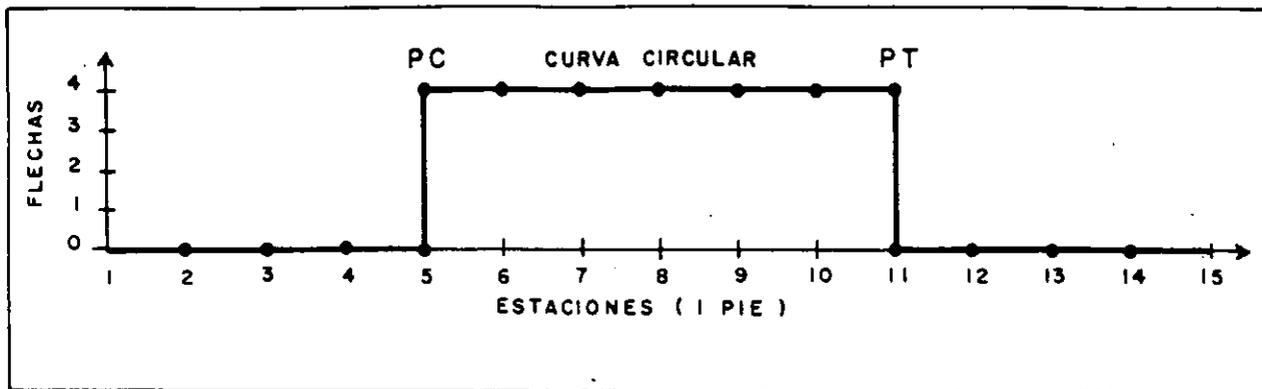


Fig. A-3 DIAGRAMA ESTACIONES-FLECHAS (CUERDA DE 1' DE LONGITUD).

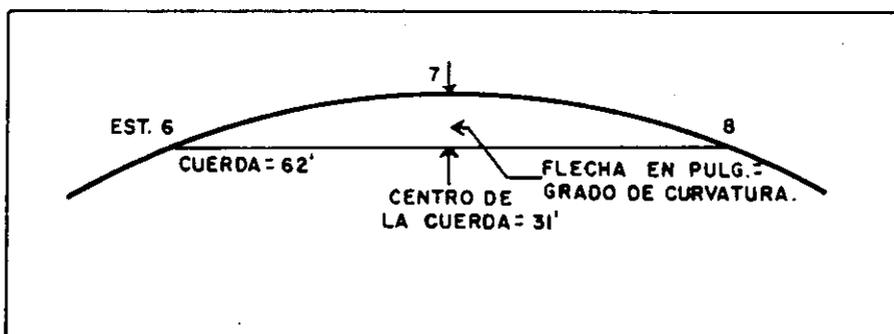


Fig. A-4 DETERMINACION DEL GRADO DE CURVATURA.

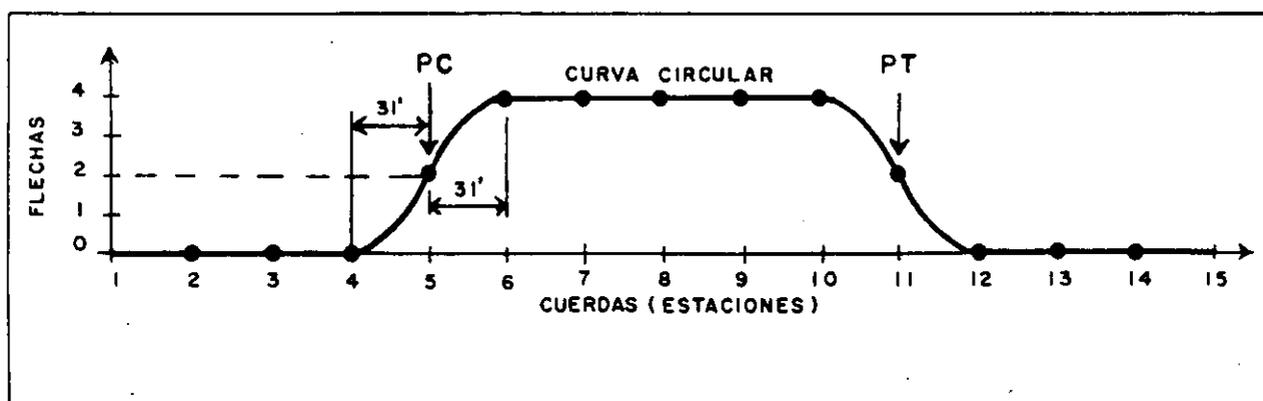


Fig. A-5 MEDICION Y GRAFICADO CON CUERDAS DE 62 PIES.

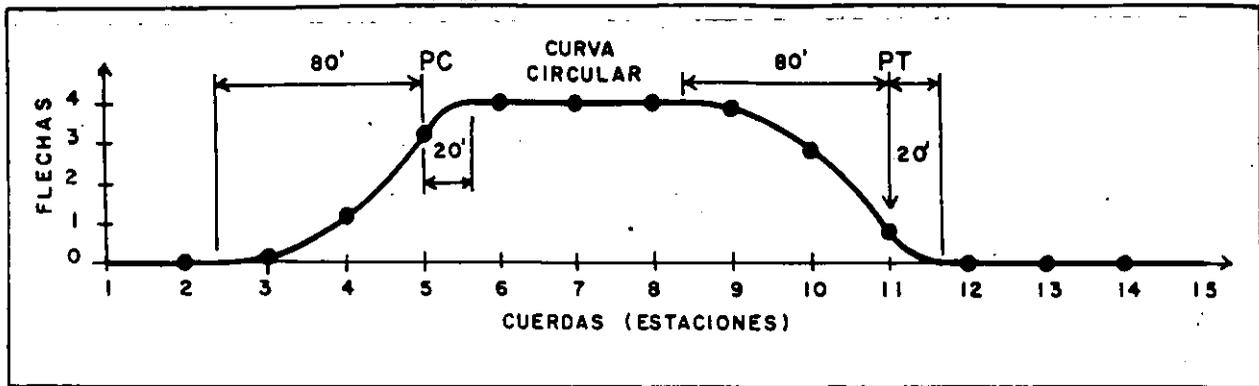


Fig. A-6 GRAFICA USANDO SISTEMA DE MEDICION 80'/20' PIES.

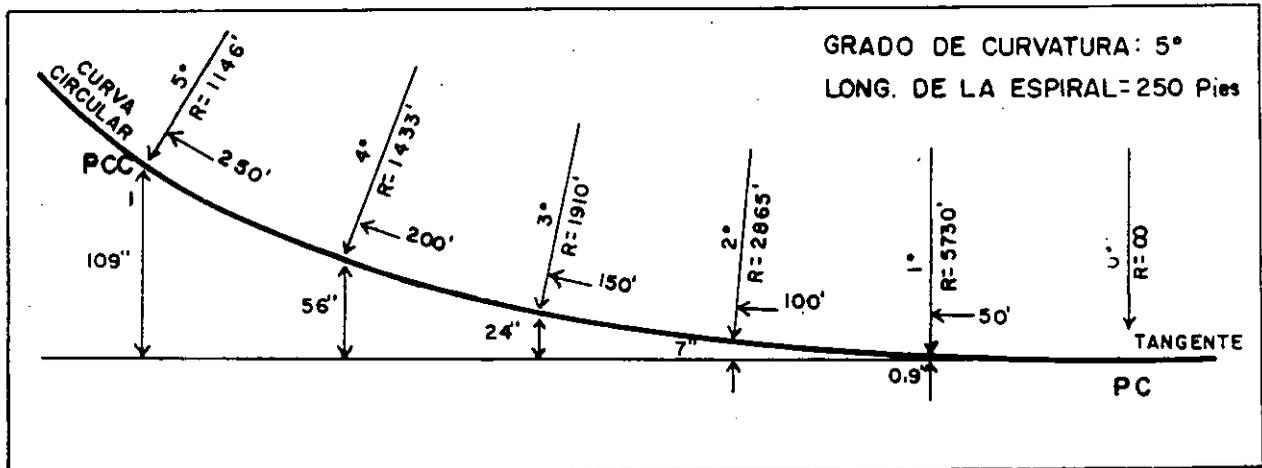


Fig. A-7 CURVA ESPIRAL (PARABOLA CUBICA).

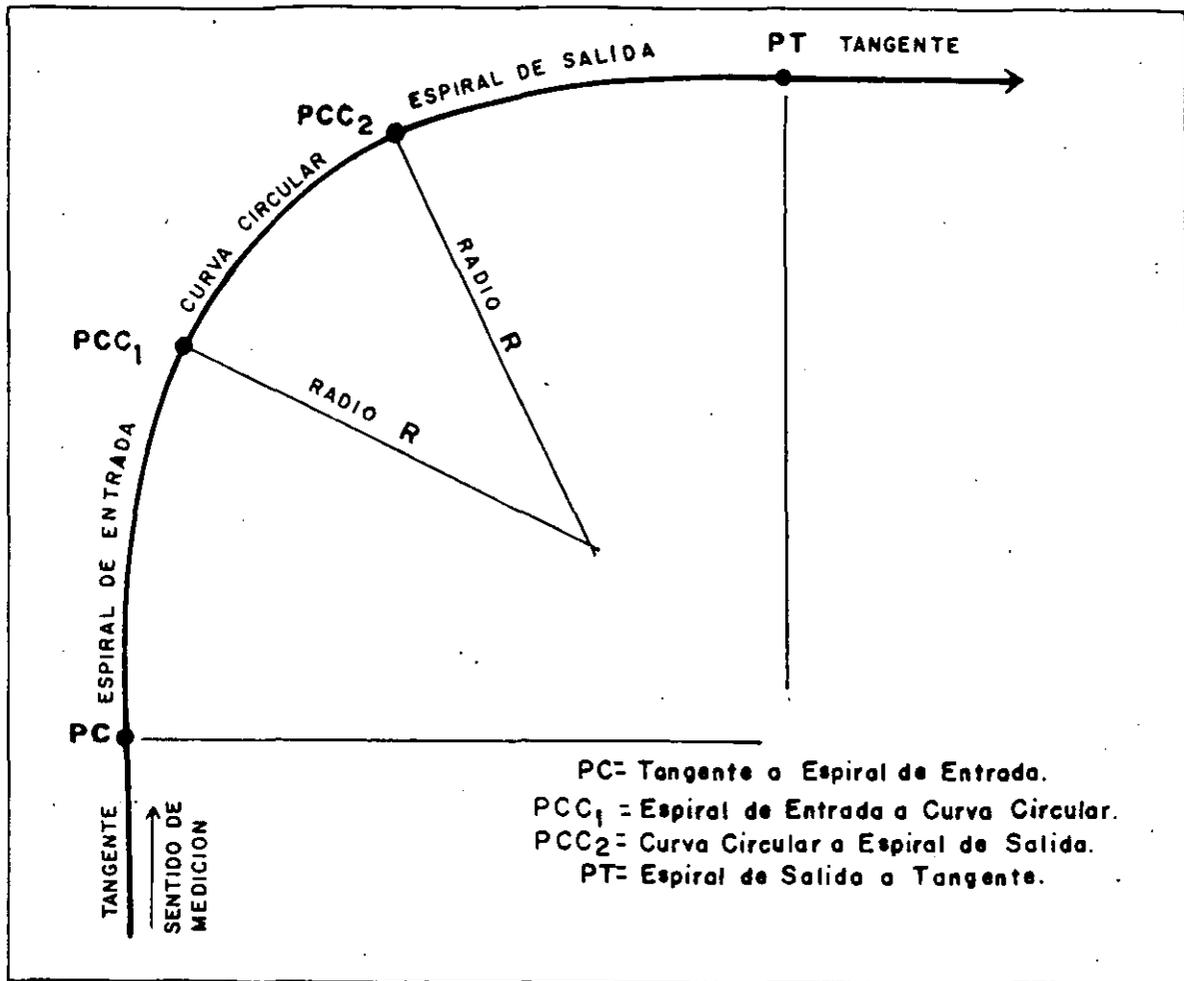


Fig. A-8 CURVA CIRCULAR CON ESPIRALES.

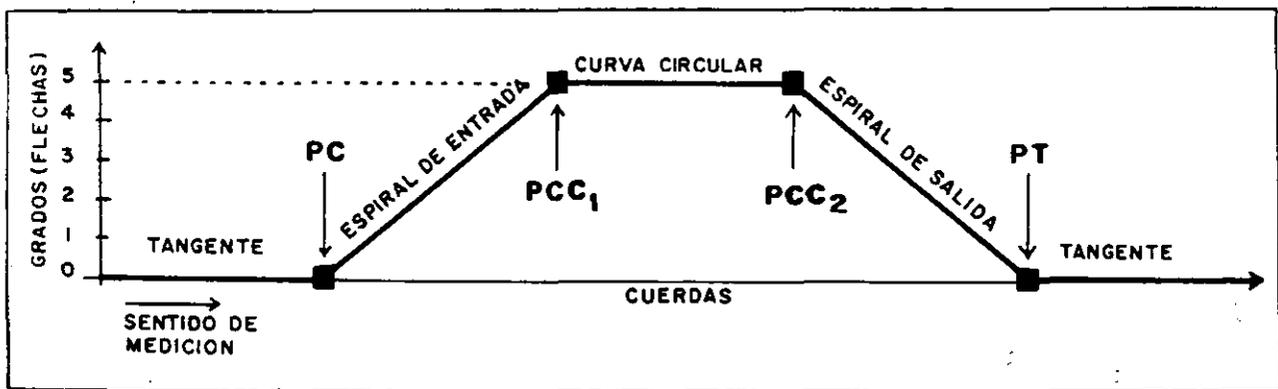


Fig. A-9 GRAFICA OBTENIDA CON UN SISTEMA DE MEDICION DE 1'.

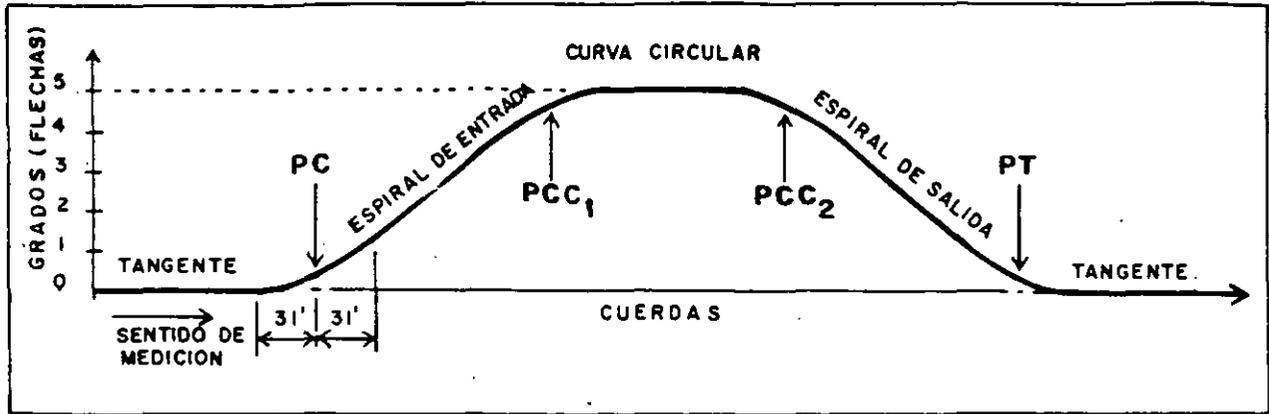


Fig. A-10 GRAFICA CON SISTEMA DE MEDICION (CUERDA) DE 62'

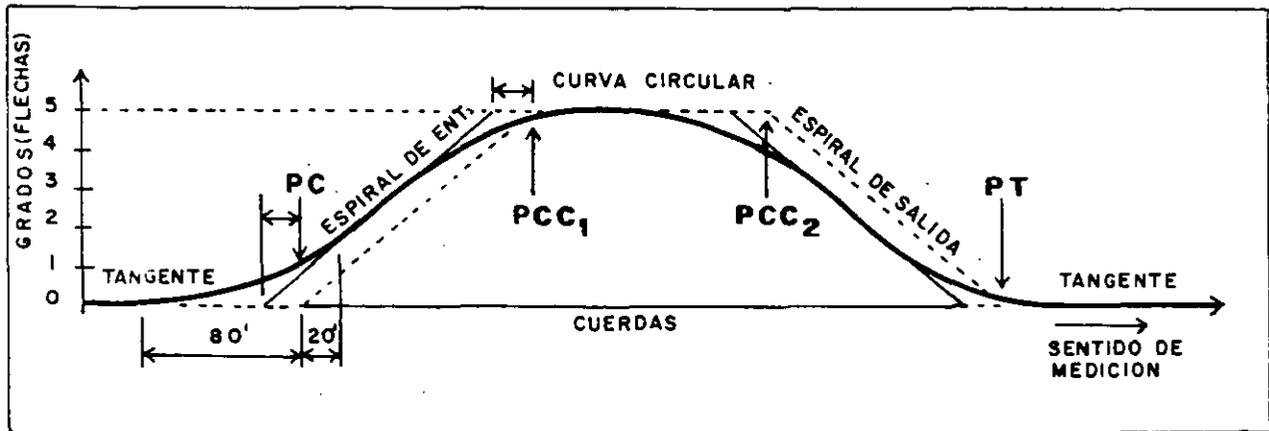


Fig. A-11 GRAFICA USANDO SISTEMA DE MEDICION (CUERDAS) 80'/20'

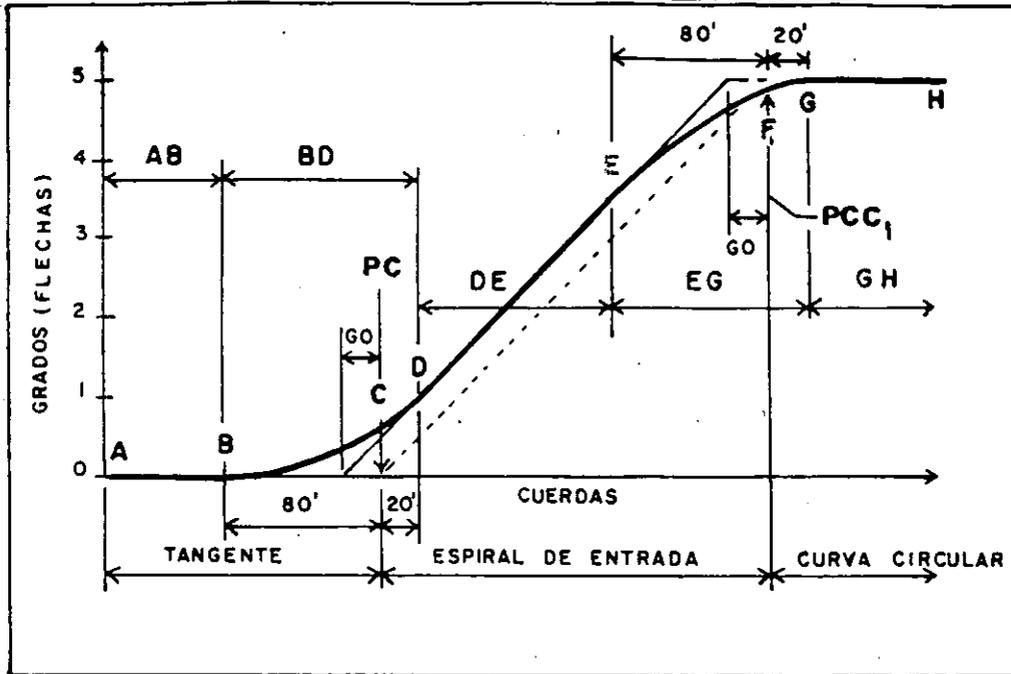


Fig. A-12 ESPIRAL DE ENTRADA, USANDO SISTEMA DE MEDICION 80'/20'.

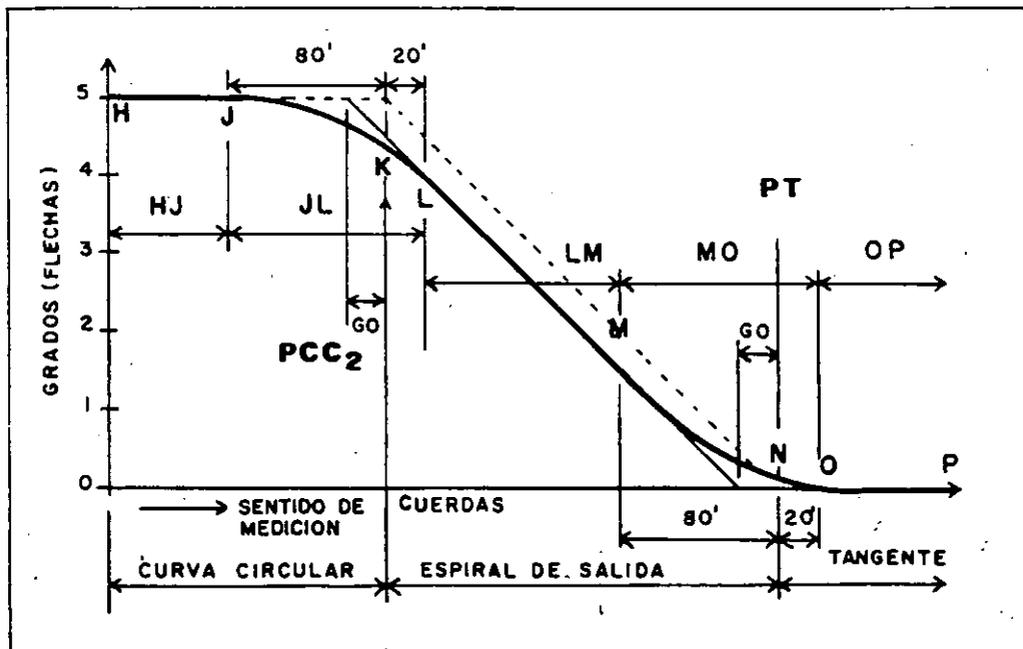


Fig. A-13 ESPIRAL DE SALIDA, USANDO SISTEMA DE MEDICION 80'/20'.

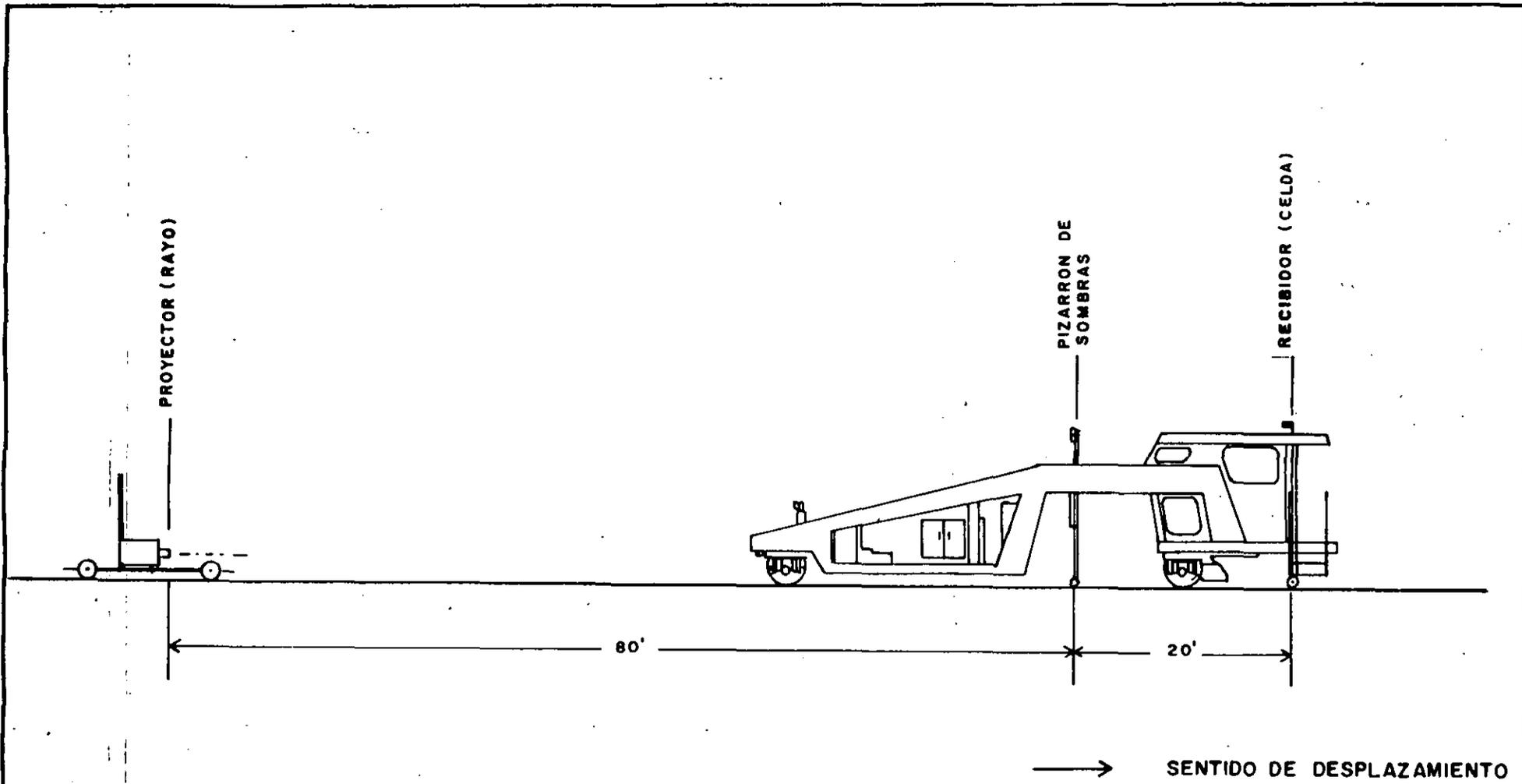


FIG. A-14 SISTEMA DE MEDICION CON LA MULTICALZADORA MARK IV.



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

C U R S O S A B I E R T O S .

SUPERVISION DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y REHABI
LITACION DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA

FECHA: DEL 1o. AL 5 DE 1995.

TEMA: CRITERIOS ECONOMICOS Y FUNCIONAL

TRADUCTOR Y EXPOSITOR: ING. ISAAC MOSCOSO L.

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 víbrogiro, 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 replica 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 fuerón realizadas por el Instituto de Geotécnoia 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 especimenes 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 especimenes fueron primero preconsolidados, sometiéndolos a una carga de 100,000 repeticiones

Los ciclos, cuasi-estáticos corrierón después de estas repeticiones de carga, sirviendo para determinar las propiedades mecánicas del material de los especimenes (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.

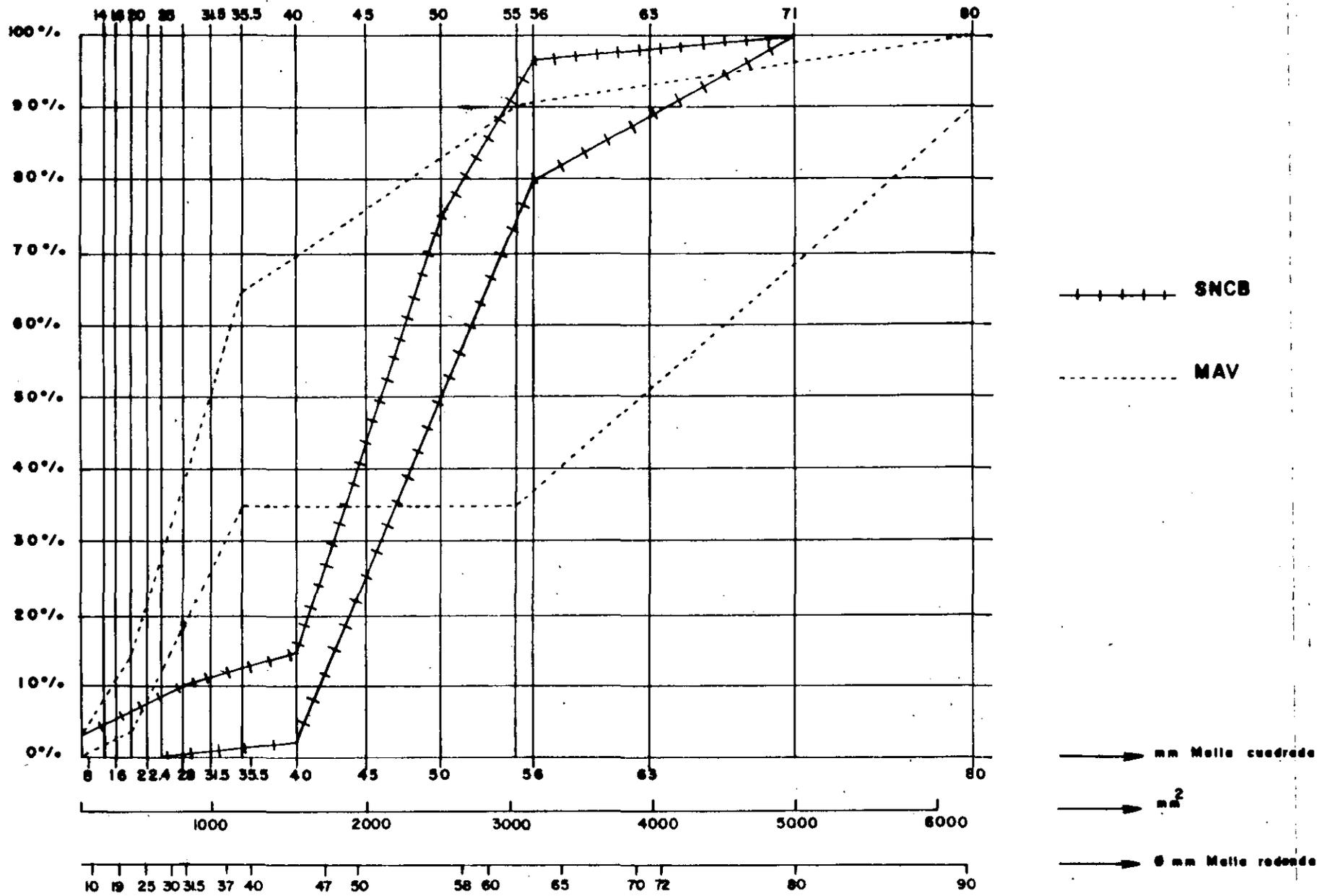


Fig. 1-A. EJEMPLO DE GRANULOMETRIA DE BALASTO USADO POR VARIOS FERROCARRILES.

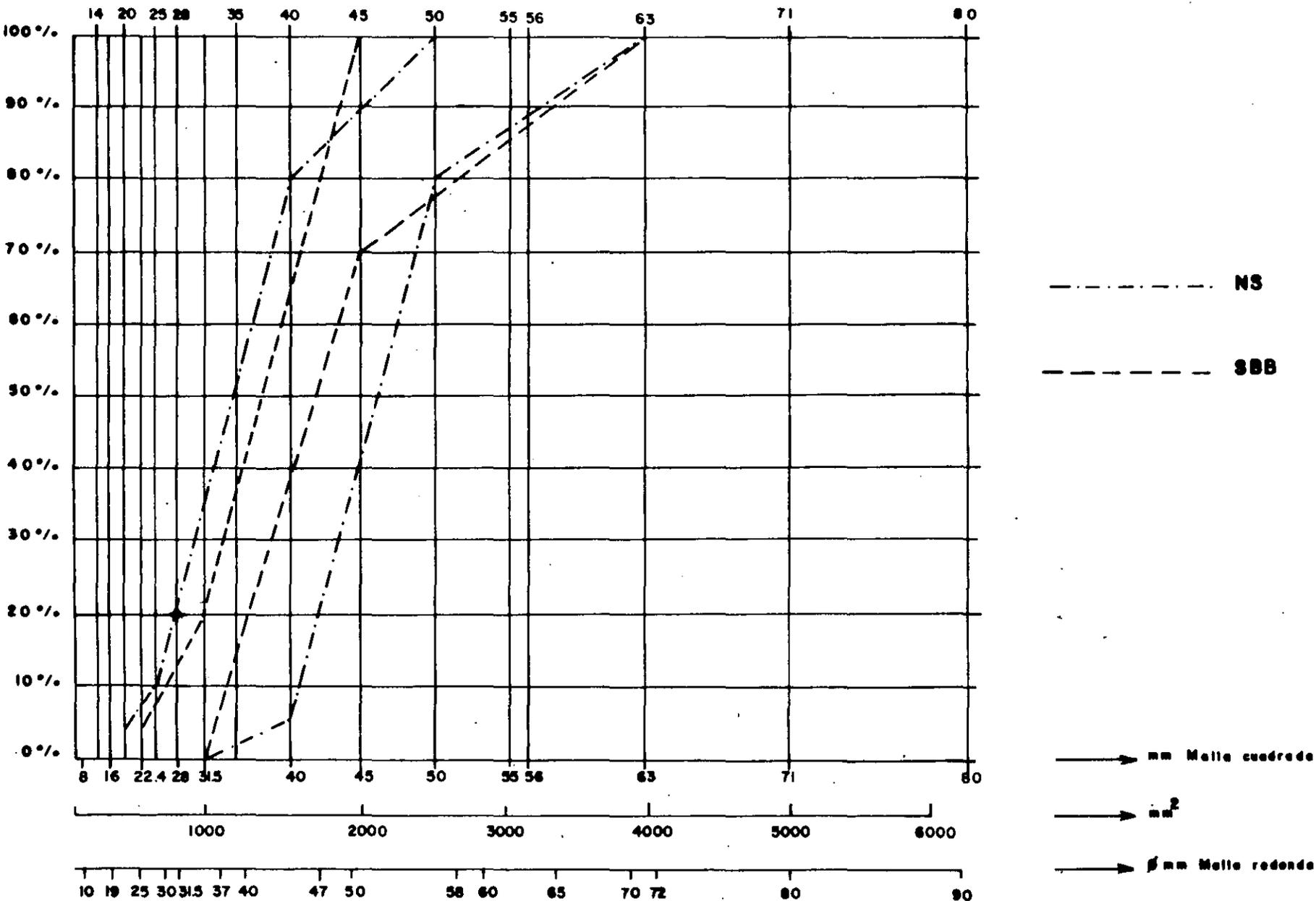


Fig.1-B. EJEMPLO DE GRANULOMETRIA DE BALASTO USADO POR VARIOS FERROCARRILES.

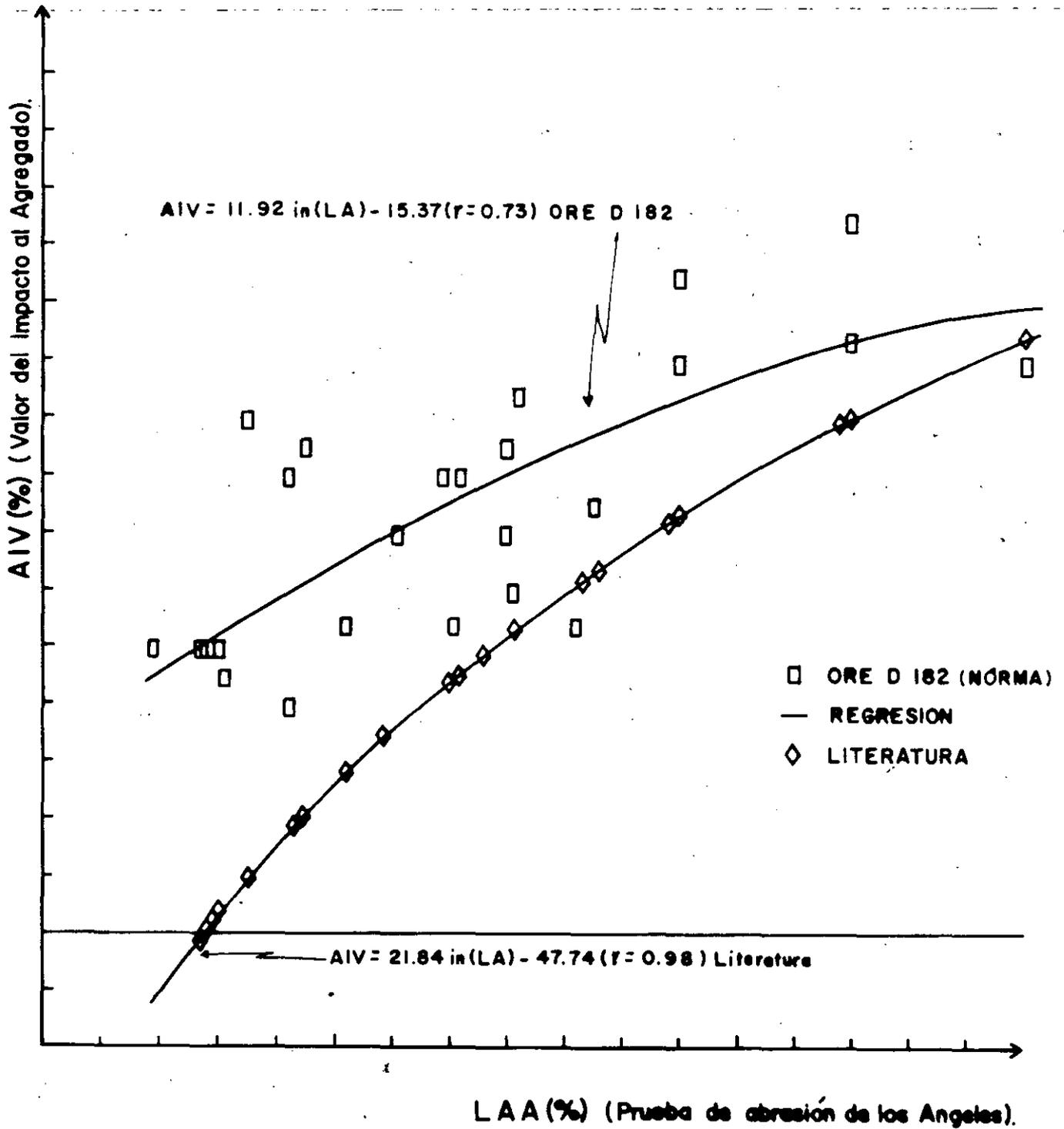


Fig. 2. RELACION ENTRE DOS METODOS DE PRUEBA DE LA CALIDAD DEL BALASTO.

Malla (mm)	NL1 - Balasto LA = 8.7 AIV = 10 Impact = 10.2 UDH = 3.9			F3 - Balasto LA = 9.5 AIV = 10 Impact = 11.7 UDH = 2.9			NL3 - Porfido LA = 10.3 AIV = 10 Impact = 11.9 UDH = 3.6			B4 - Arenisca LA = 12.5 AIV = 11 Impact = 14 UDH = 4.1			CH2 - Calizo LA = 13.7 AIV = 15 Impact = 16.3 UDH = 4			B3 - Calizo 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
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.

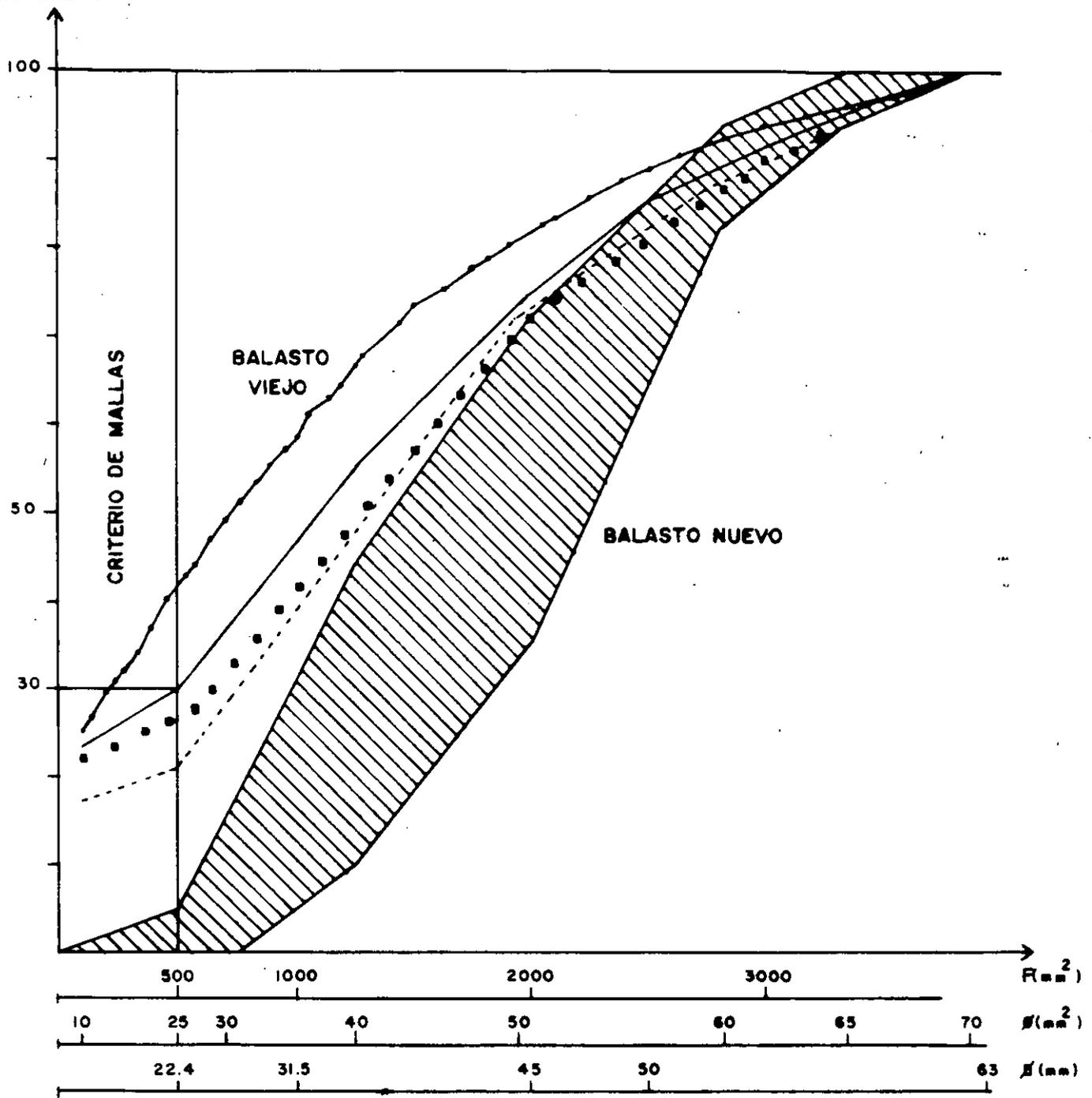


Fig.4. RESUMEN DE GRANULOMETRIAS DE BALASTO, EN UN TRAMO DE LOS FERROCARRILES DB (ALEMANES).



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

CURSOS ABIERTOS.
SUPERVISION DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA .

FECHA: DEL 1o. AL 5 DE MAYO DE 1995.

TEMA: SISTEMAS DE ALINEACION Y NIVELACION DE VIAS.

TRADUCTOR Y EXPOSITOR: ING. ISAAC MOSCOSO L.

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 Cannon.-

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 mejorías 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 (Ingleses). (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, facilmente). (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 facilmente 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.

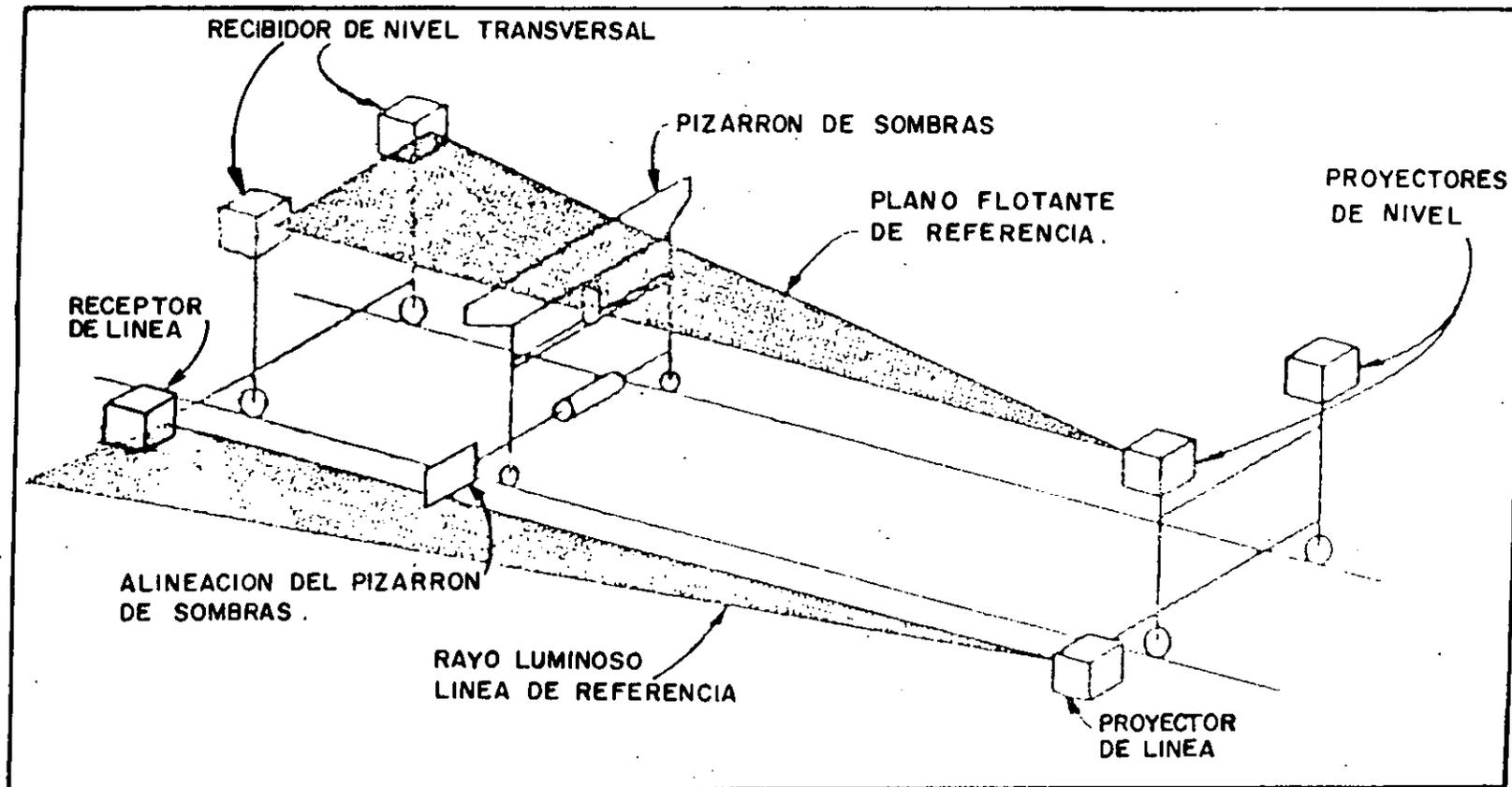


Fig. 1.- SISTEMA DE ALINEACION Y NIVELACION DELTA.

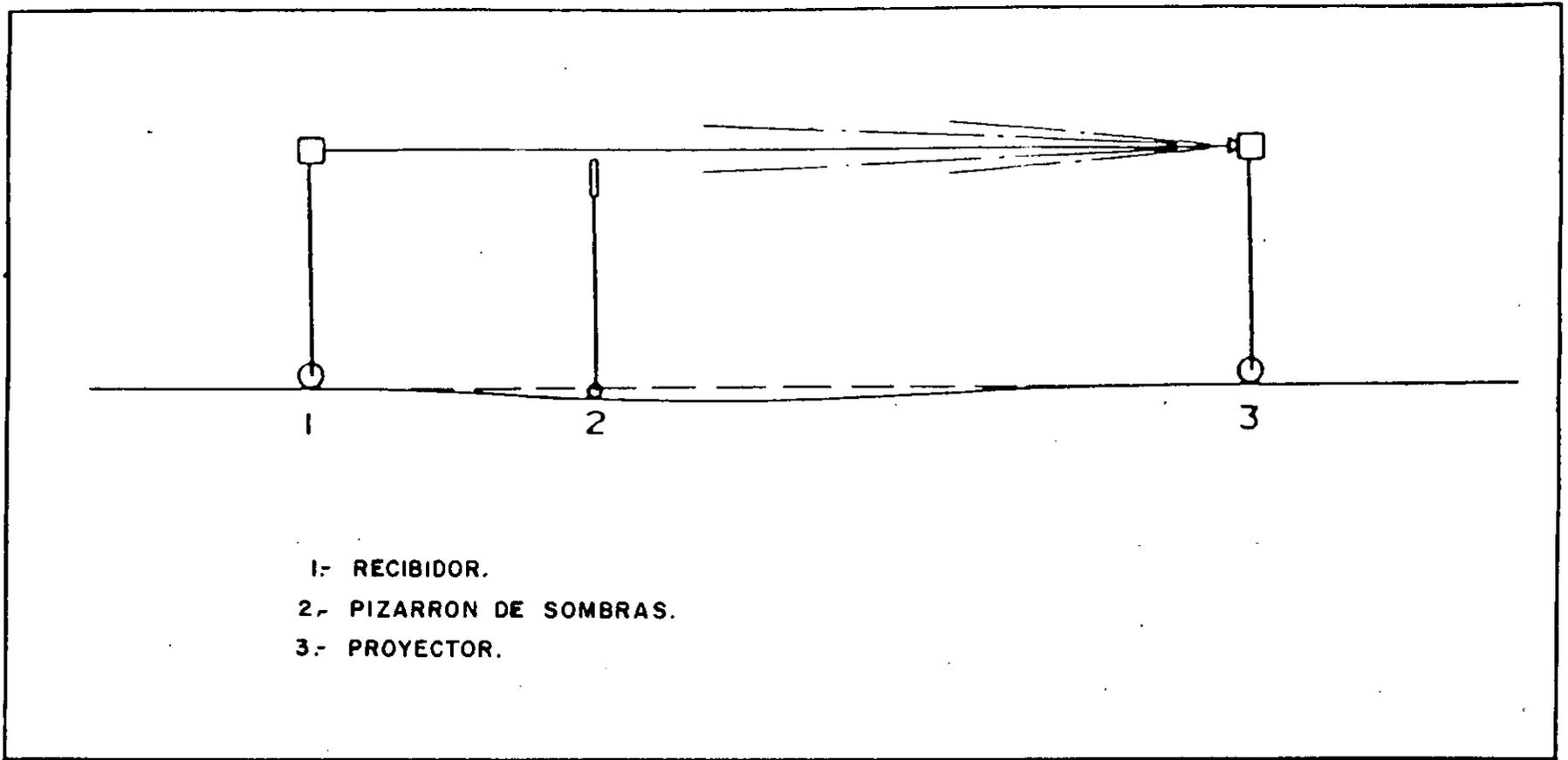
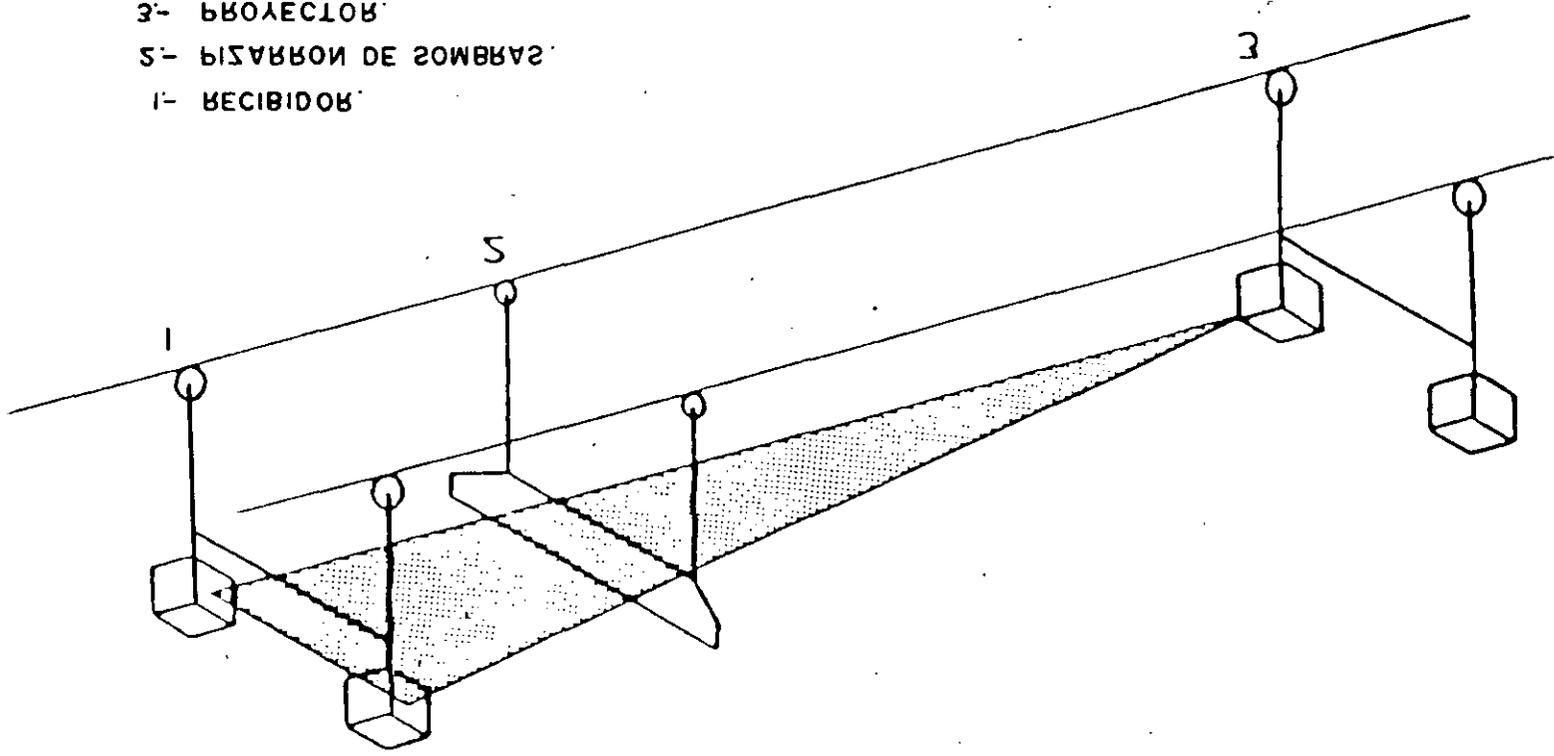


Fig. 2.- SISTEMA DE NIVELACION CON TRES PUNTOS.

FIG. 4- SISTEMA DE LA DE NIVELACION.

- 3- PROYECTOR.
- 5- PIZARRON DE SOMBRAS.
- 1- RECIBIDOR.



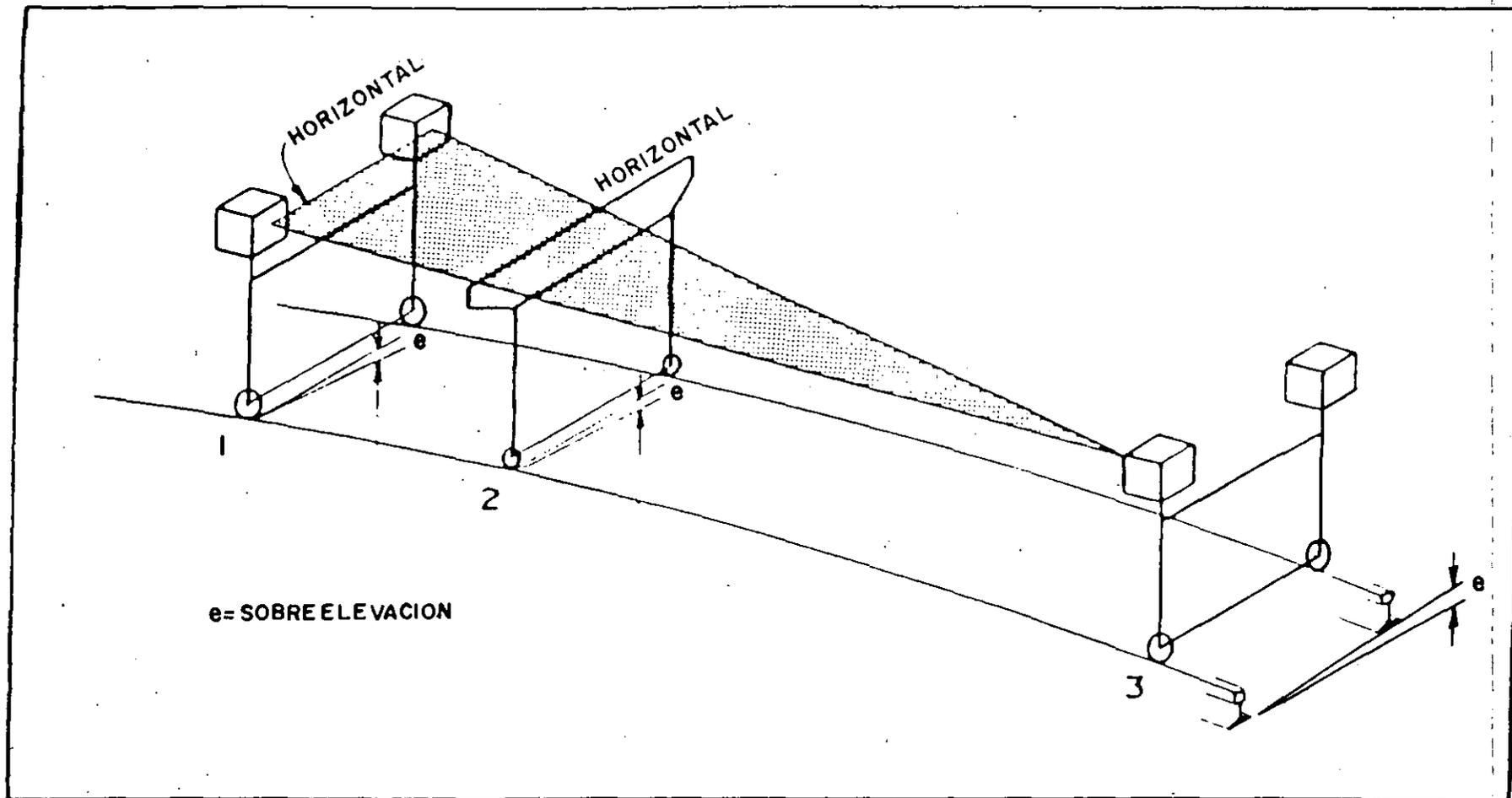


Fig. 5.- SOBRE ELEVACION EN CURVA

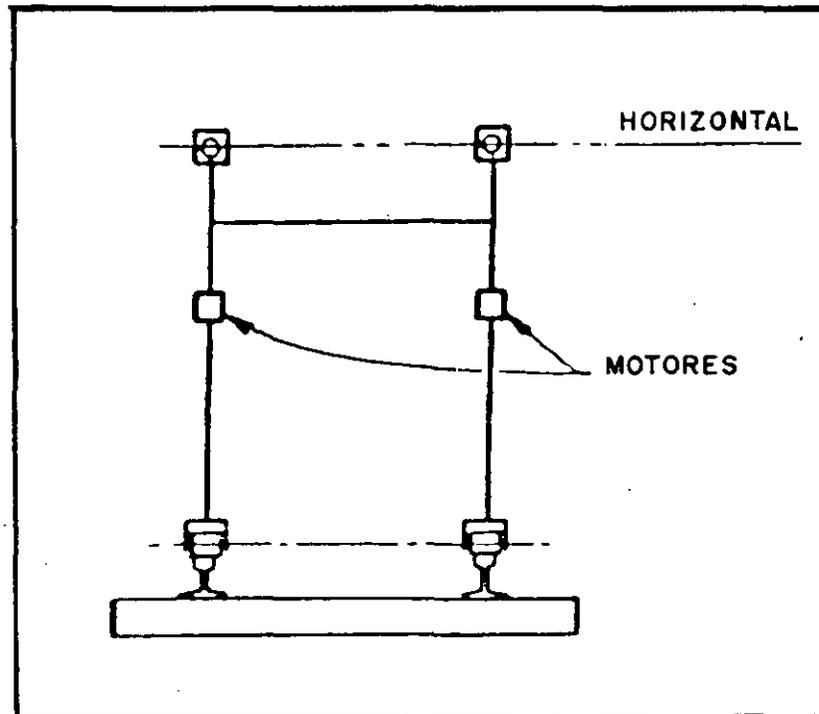


Fig. 6- VIA EN TANGENTE

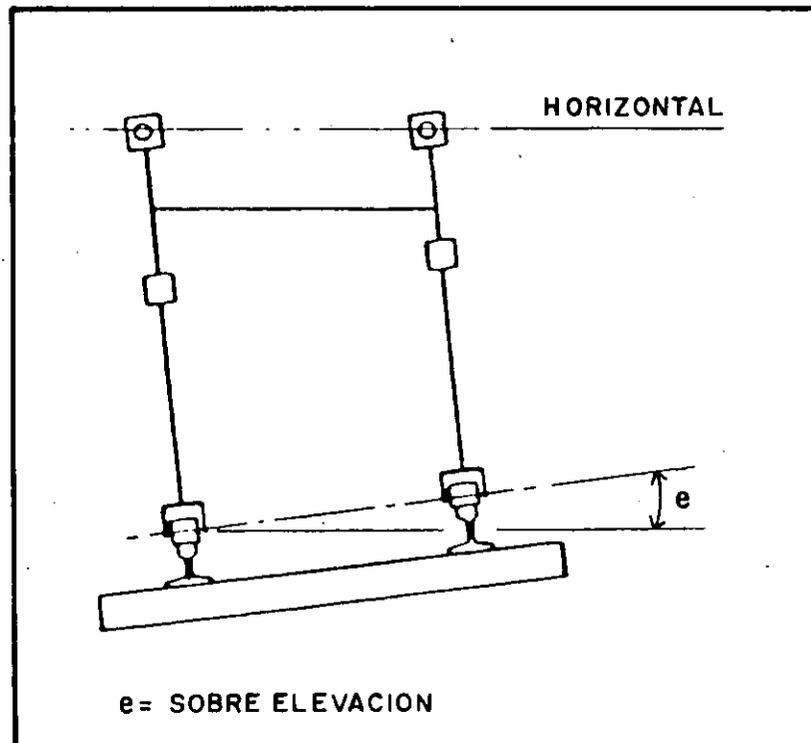


Fig.7- VIA SOBRE ELEVADA.

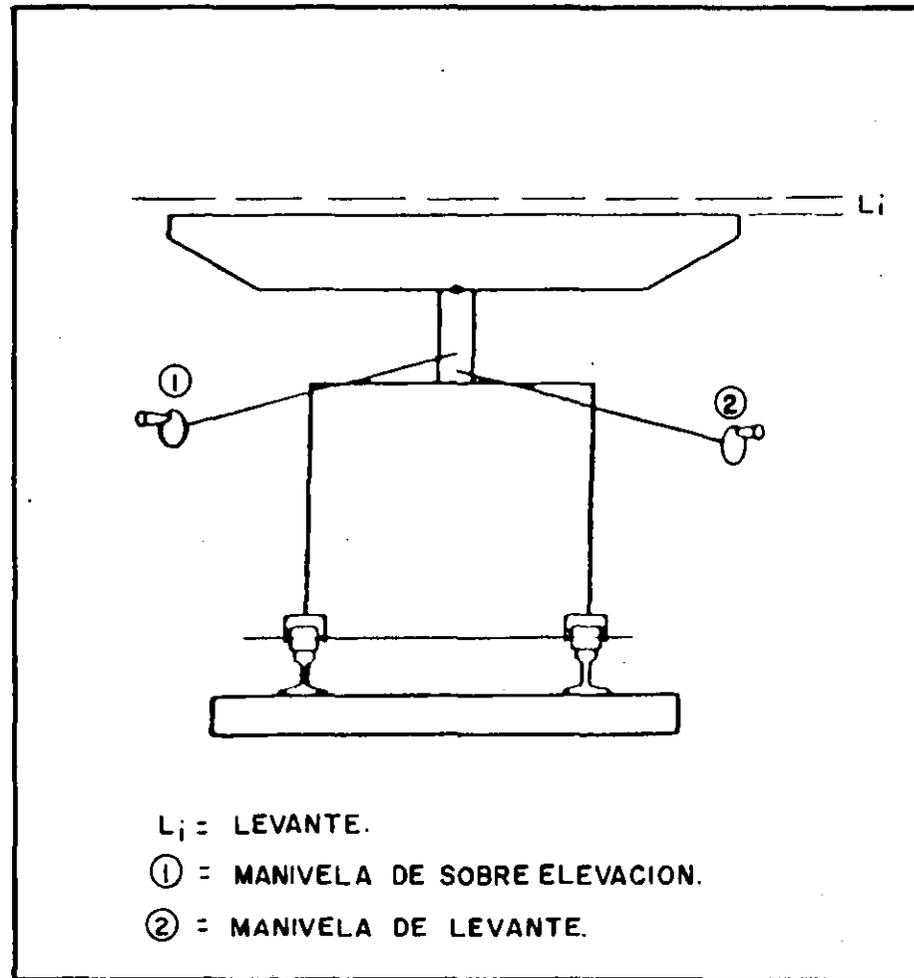


Fig. 8.- AJUSTE DEL PIZARRON DE SOMBRAS.

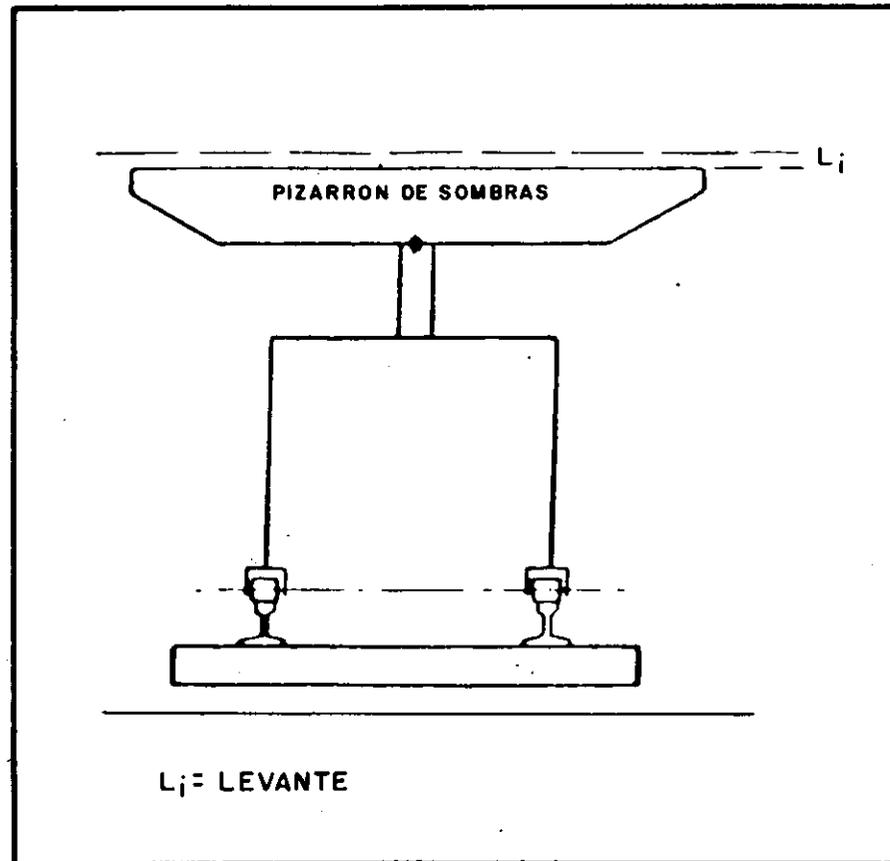


Fig. 9.- LEVANTE UNICAMENTE.

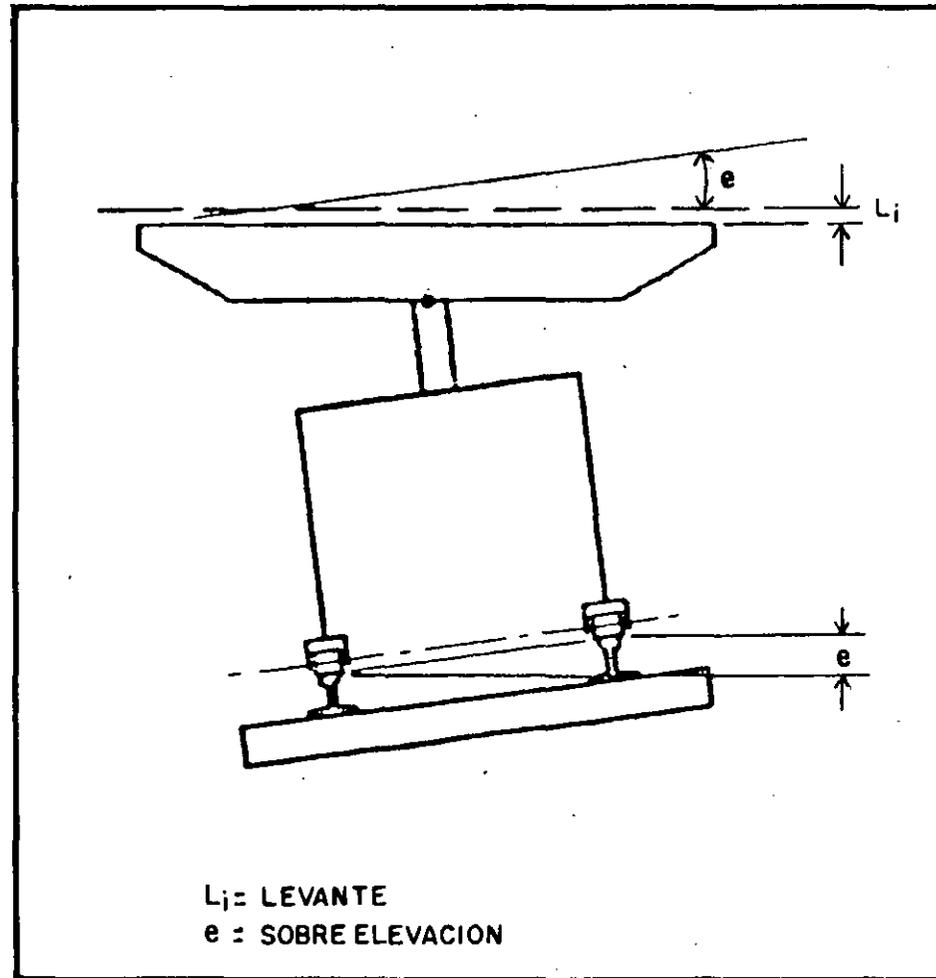


Fig. 10.- LEVANTE Y SOBRE ELEVACION COMBINADOS.

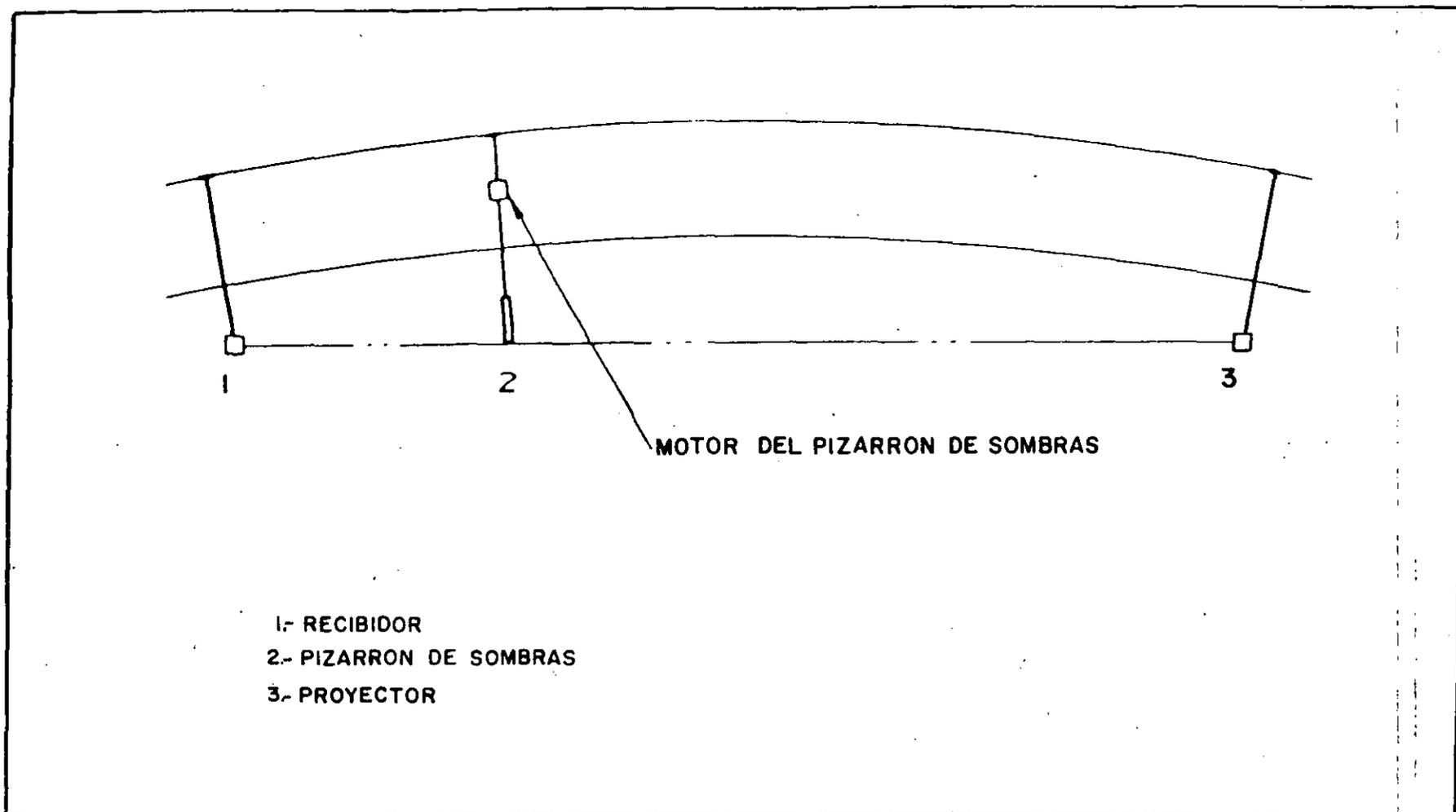


Fig.II- SISTEMA DE ALINEACION DE TRES PUNTOS.

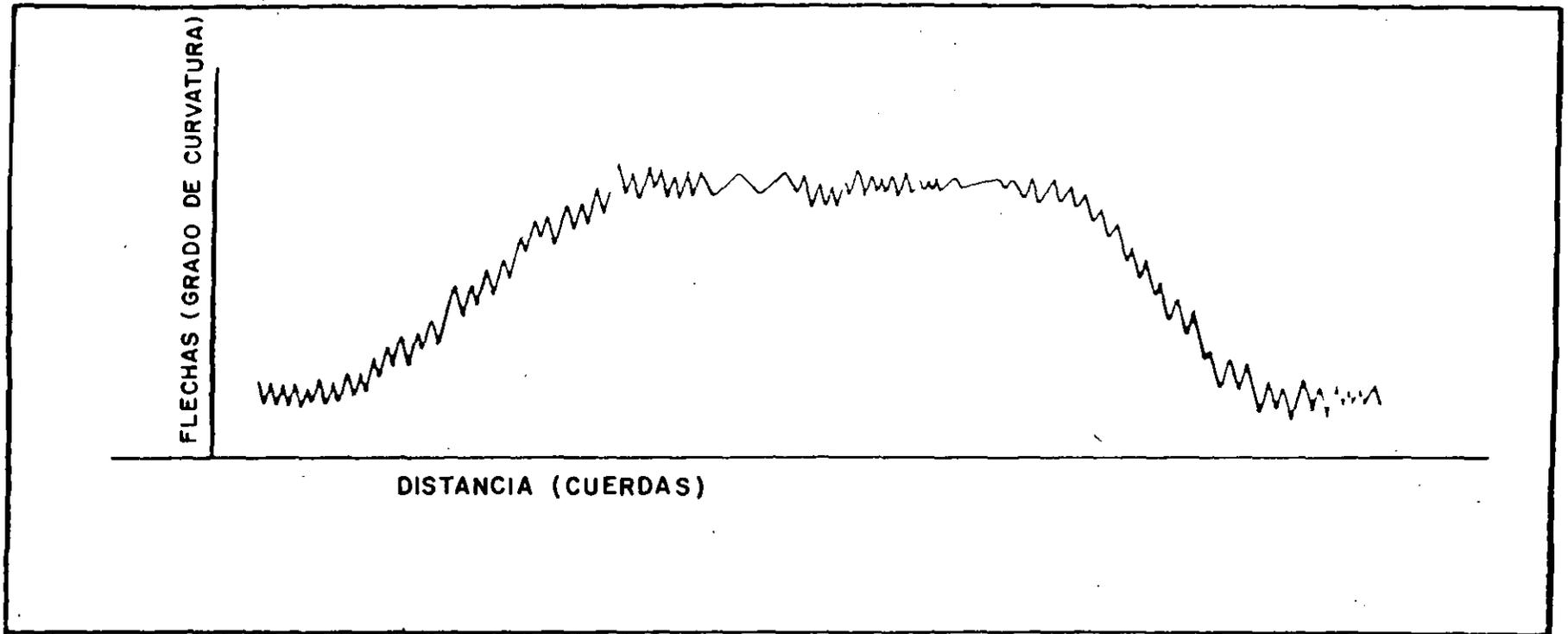


Fig.12.- LEVANTAMIENTO DE CAMPO DE UNA CURVA COMPUESTA.

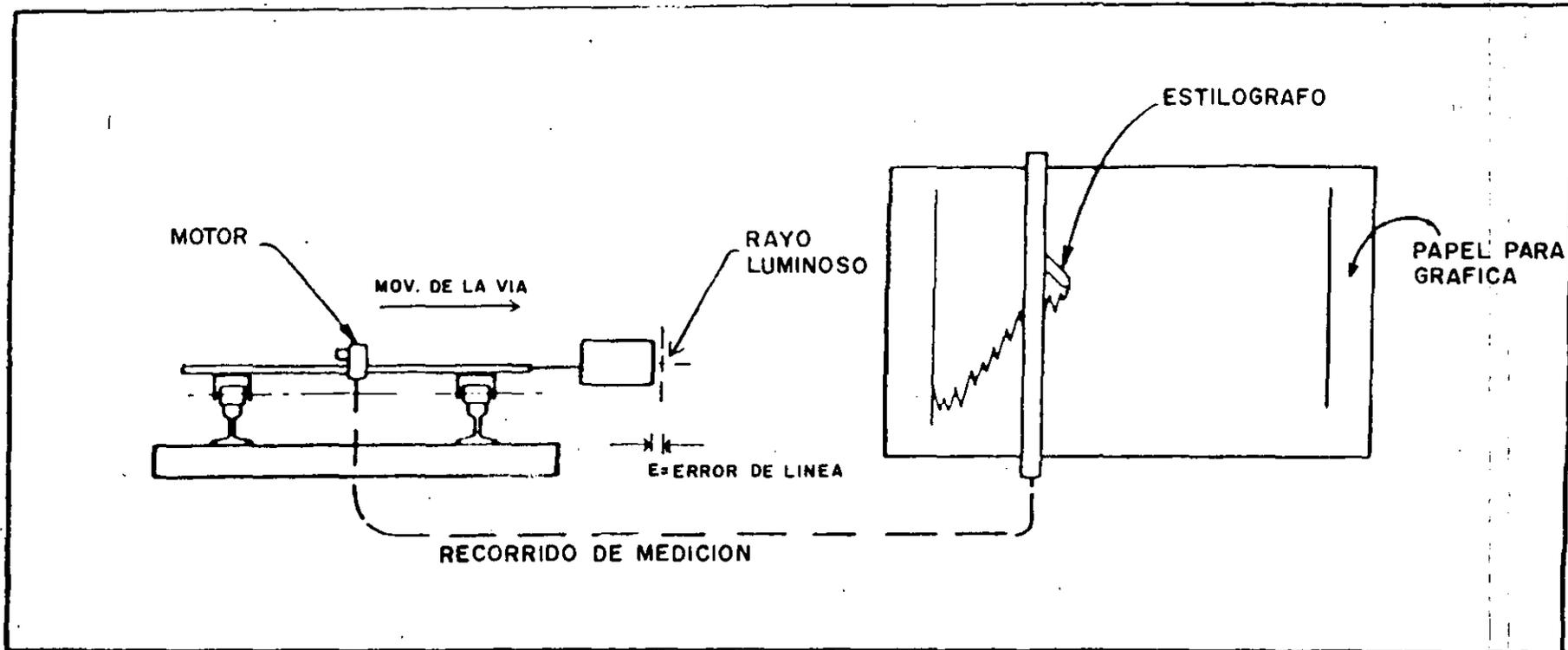


Fig. 13 SISTEMA DE MEDICION Y GRAFICADO. VIA EN CURVA

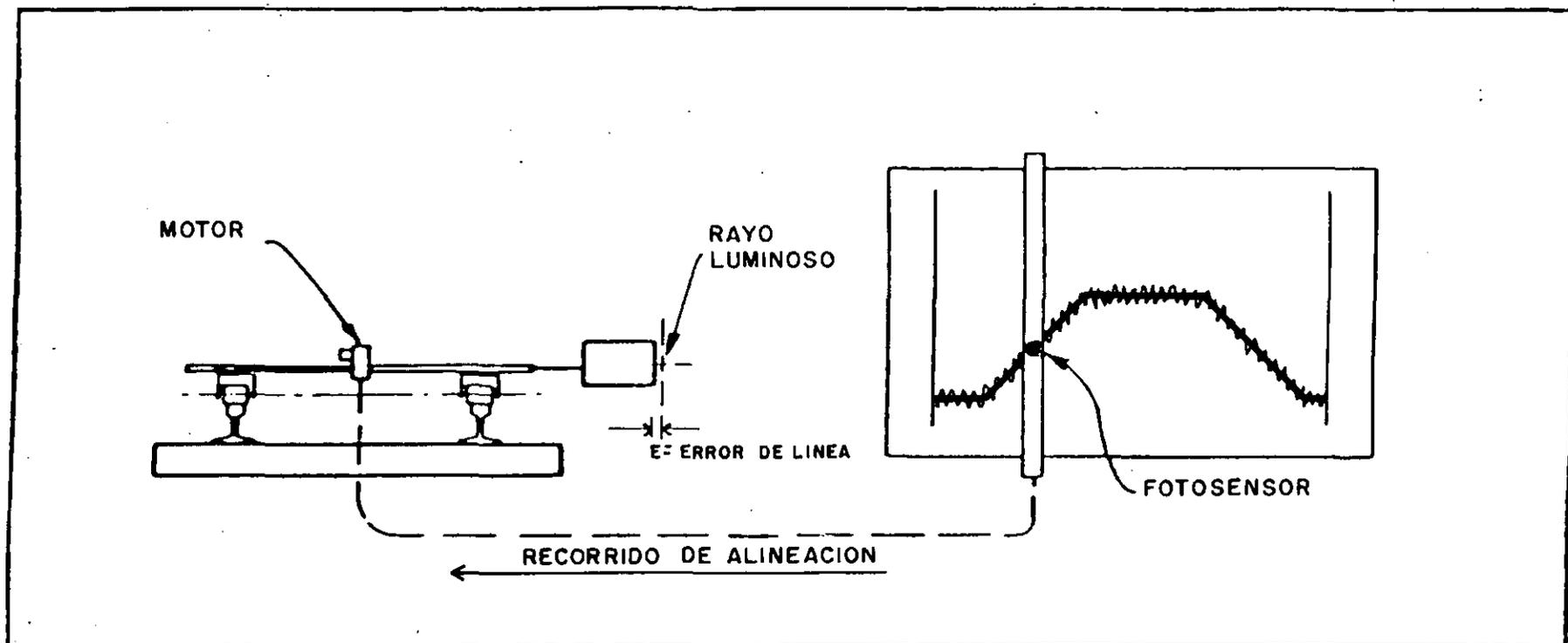


Fig.14.- SISTEMA DE ALINEACION DE VIAS EN CURVA.



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

C U R S O S A B I E R T O S .

SUPERVISION DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA

FECHA: DEL 1o. AL 5 DE MAYO DE 1995.

TEMA: INFECCION DE PIEDRA (BALASTO) UN METODO PARA MEJORAR EL MANTENIMIENTO DE LAS VIAS

TRADUCTOR Y EXPOSITOR: ING. ISAAC MOSCOSO LEGORRETA.

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 vacio (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 corresponderan 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 acusiosas, 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 (depresiones) 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 regresarlo 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, emplearón cajas metálicas de ciertas dimensiones pero sin fondo ni tapa, las que se llenarón con balasto y se colocarón, dentro de la cama de balasto, abajo de los durmientes y en área de apoyo del riel.

Las graduaciones originales del balasto fuerón las siguientes:

Balasto granítico - Norma AREA # 4.

Balasto calizo - Norma AREA # 3.

Estos dos tipos de balasto fuerón 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 fué 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 pasarón la malla de 1/4" (finos).

La degradación de los materiales pareció incrementarse ligeramente, en forma no líneal 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 (veinté 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 realizarón 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 practicamente 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(+ $\frac{1}{4}$ ")

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 metodo 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 TIPICAS DE LOS FERROCARRILES INGLESSES.**- Factores y porcentajes de destrucción del balasto, para los 2 métodos de mantenimiento: calzado e inyección.

Fig # 7. **FERROCARRILES INGLESSES.**- Costos anuales de mantenimiento de vías, empleando los 2 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.

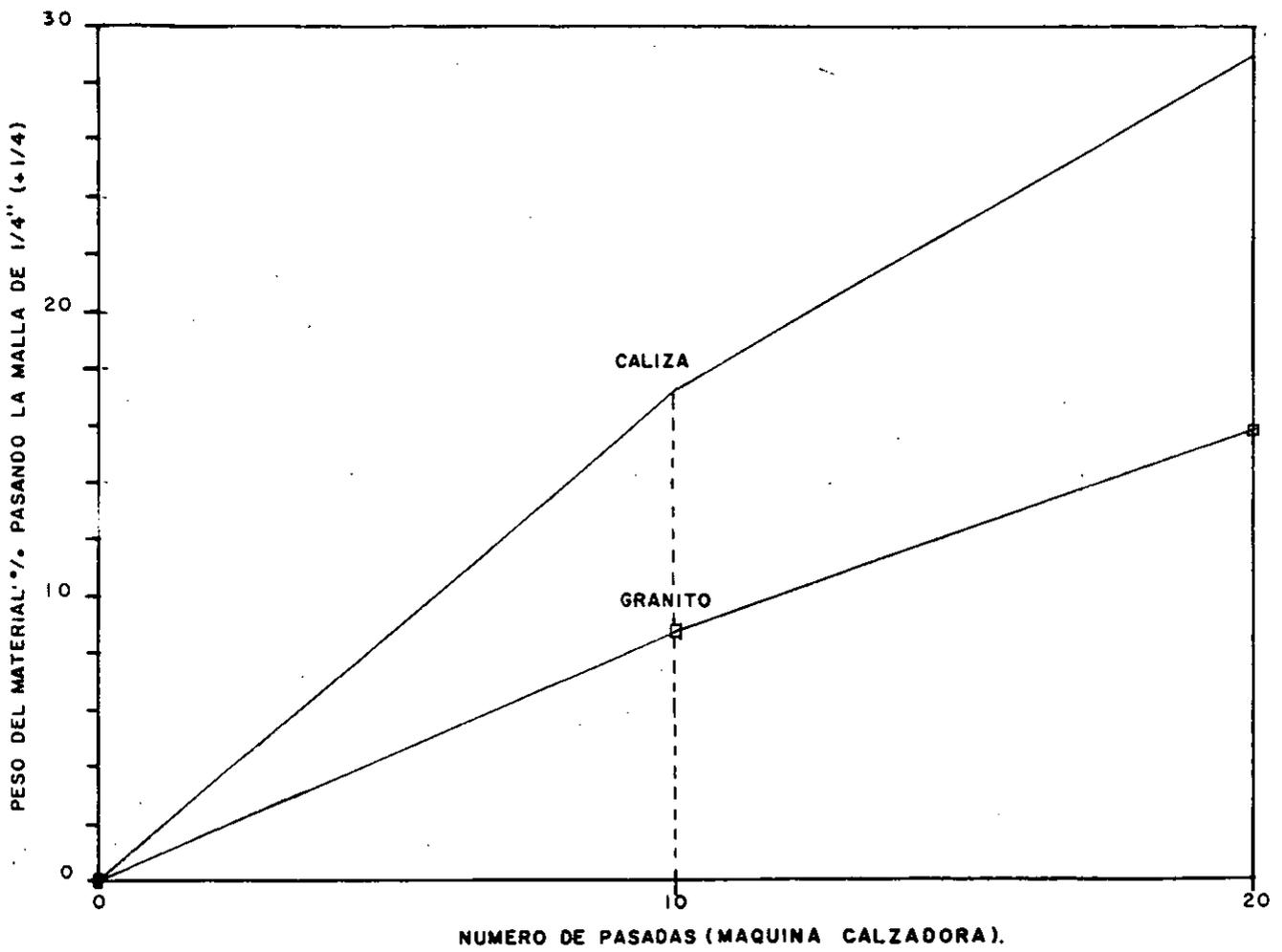
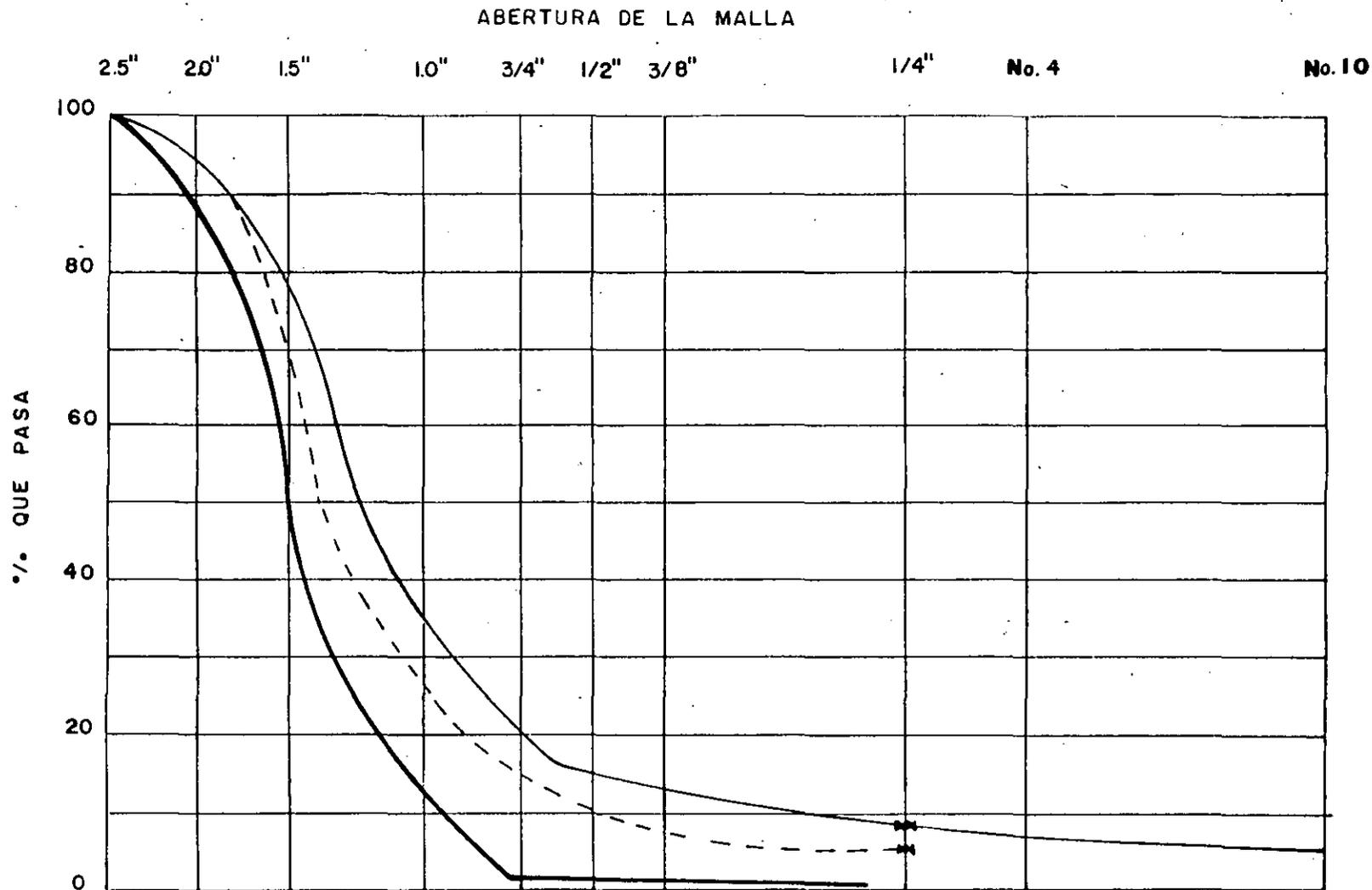


Fig. 1. DAÑO PROVOCADO AL BALASTO POR EFECTO DEL CALZADO.



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.

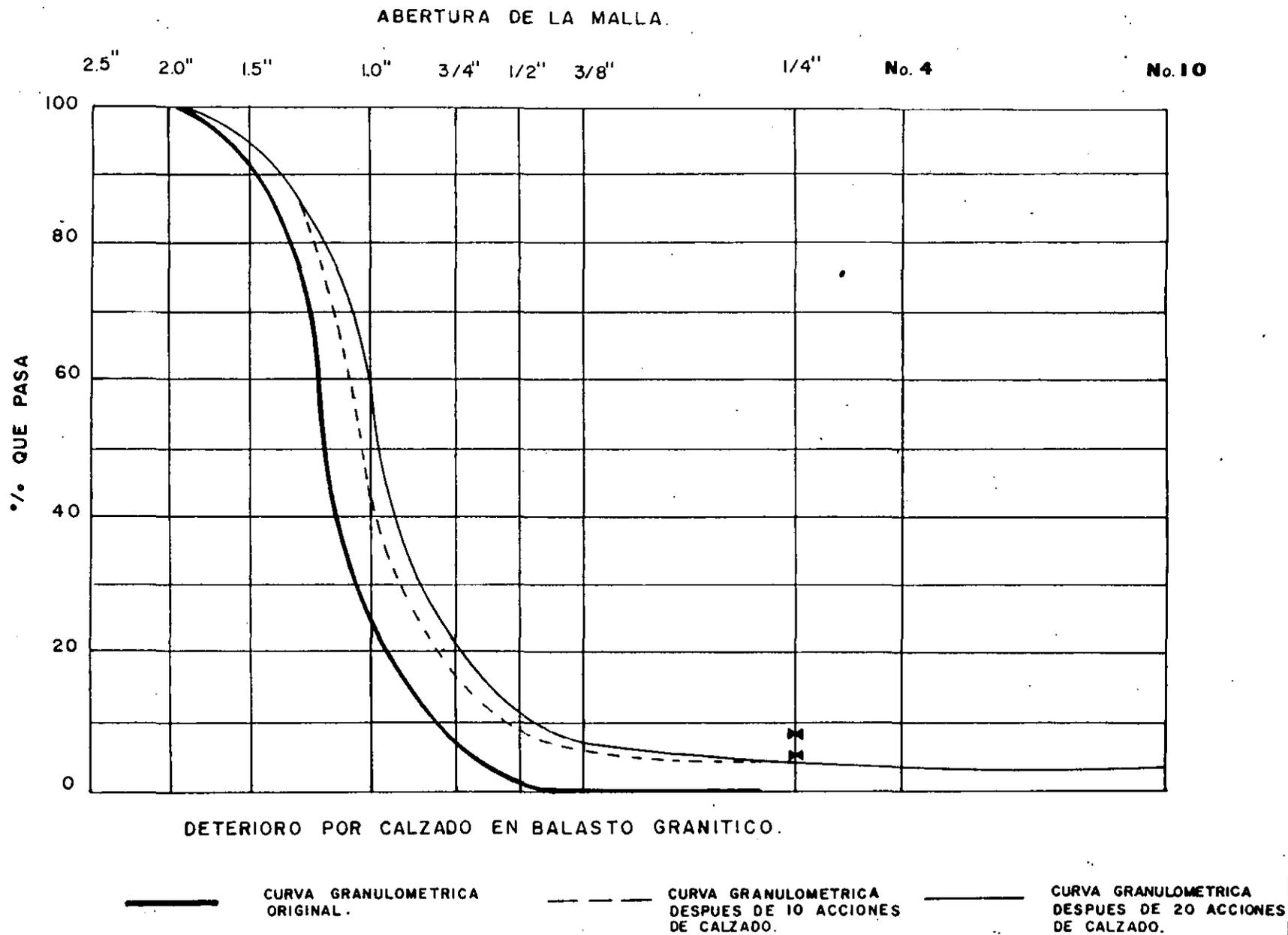


Fig. 3. DEGRADACION DEL BALASTO GRANITICO ANTES Y DESPUES DEL CALZADO.

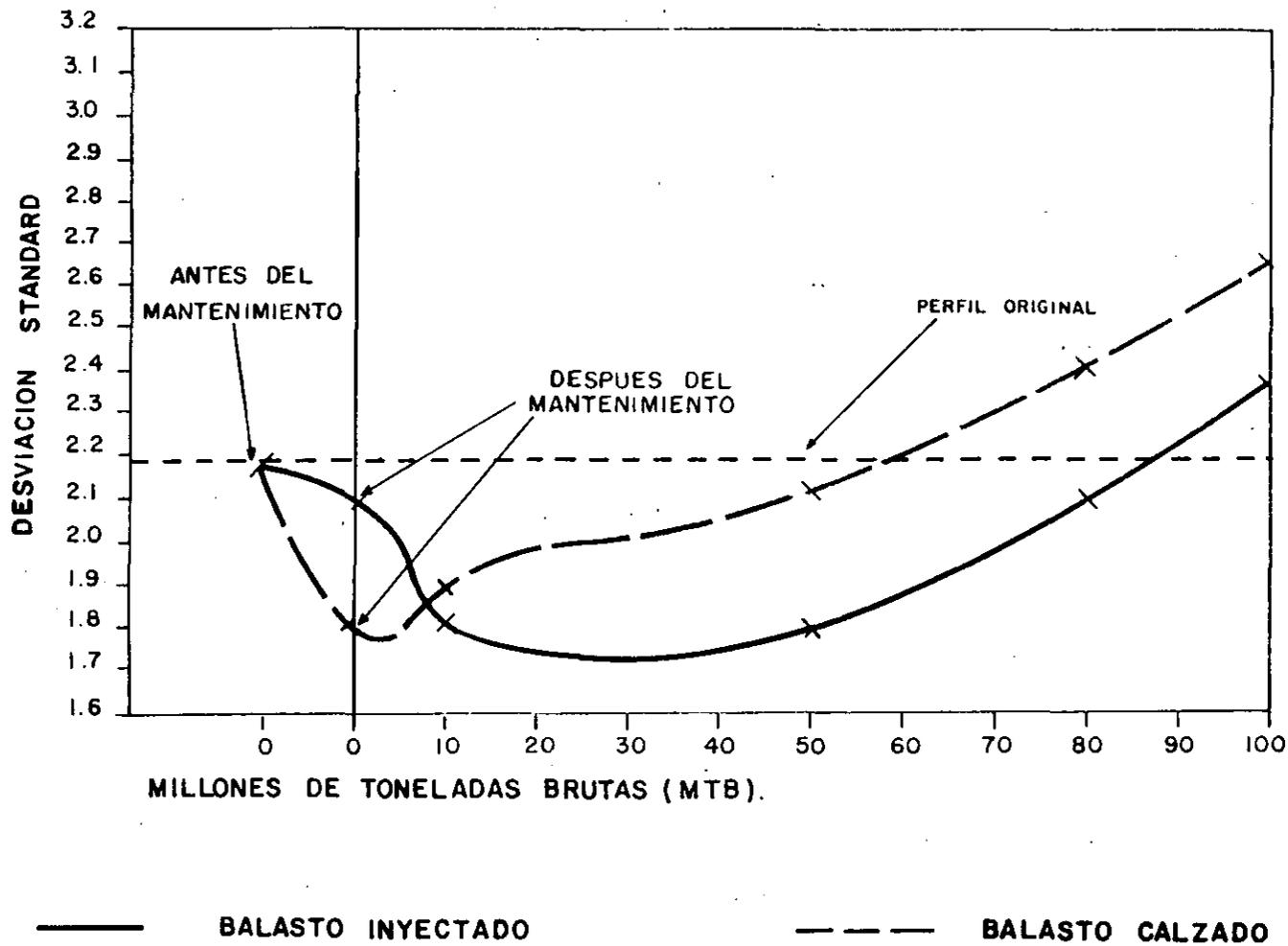


Fig. 4. PERFIL DE VIA (F.C. NORFOLK SOUTHERN) ANTES Y DESPUES DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.

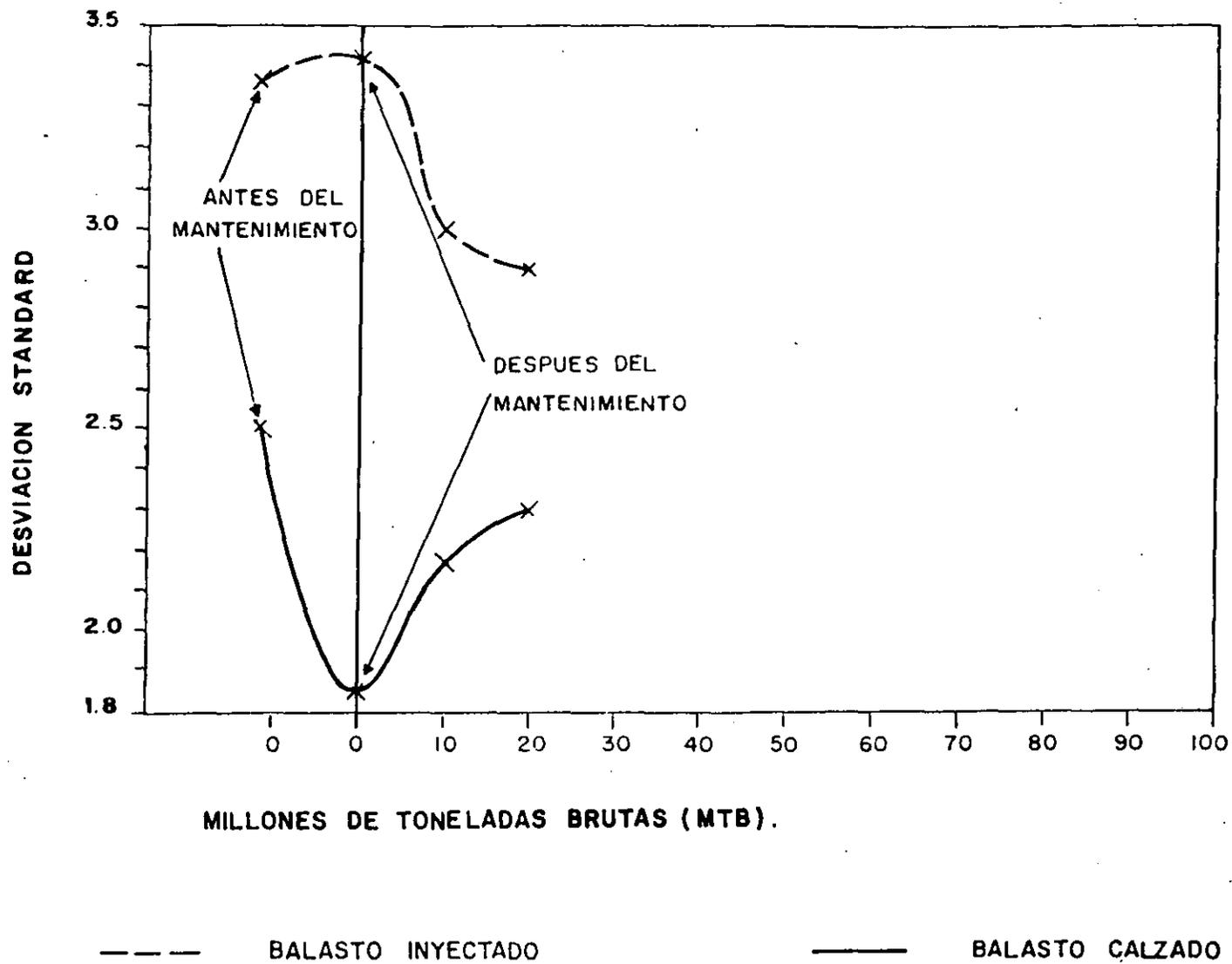
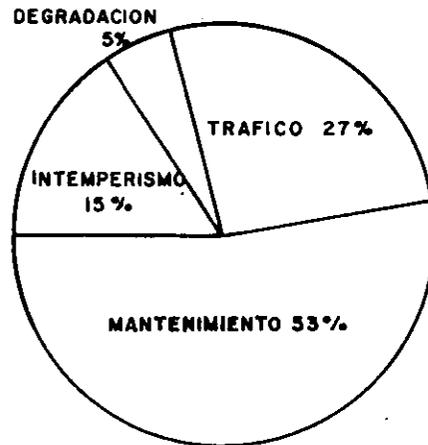


Fig. 5. PERFIL DE VIA (F.C. BN) ANTES Y DESPUES DE LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.

CALZADO



BALASTO INYECTADO

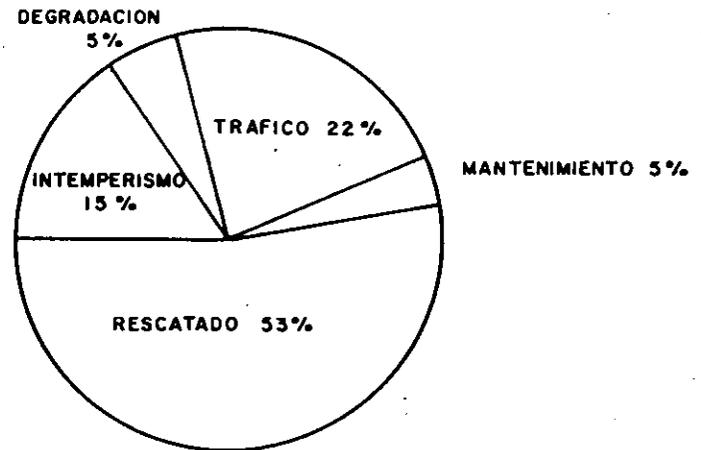


Fig. 6. PORCENTAJE Y CAUSAS DE DAÑOS AL BALASTO.
VIA TIPICA DE LOS F. C. INGLESES.

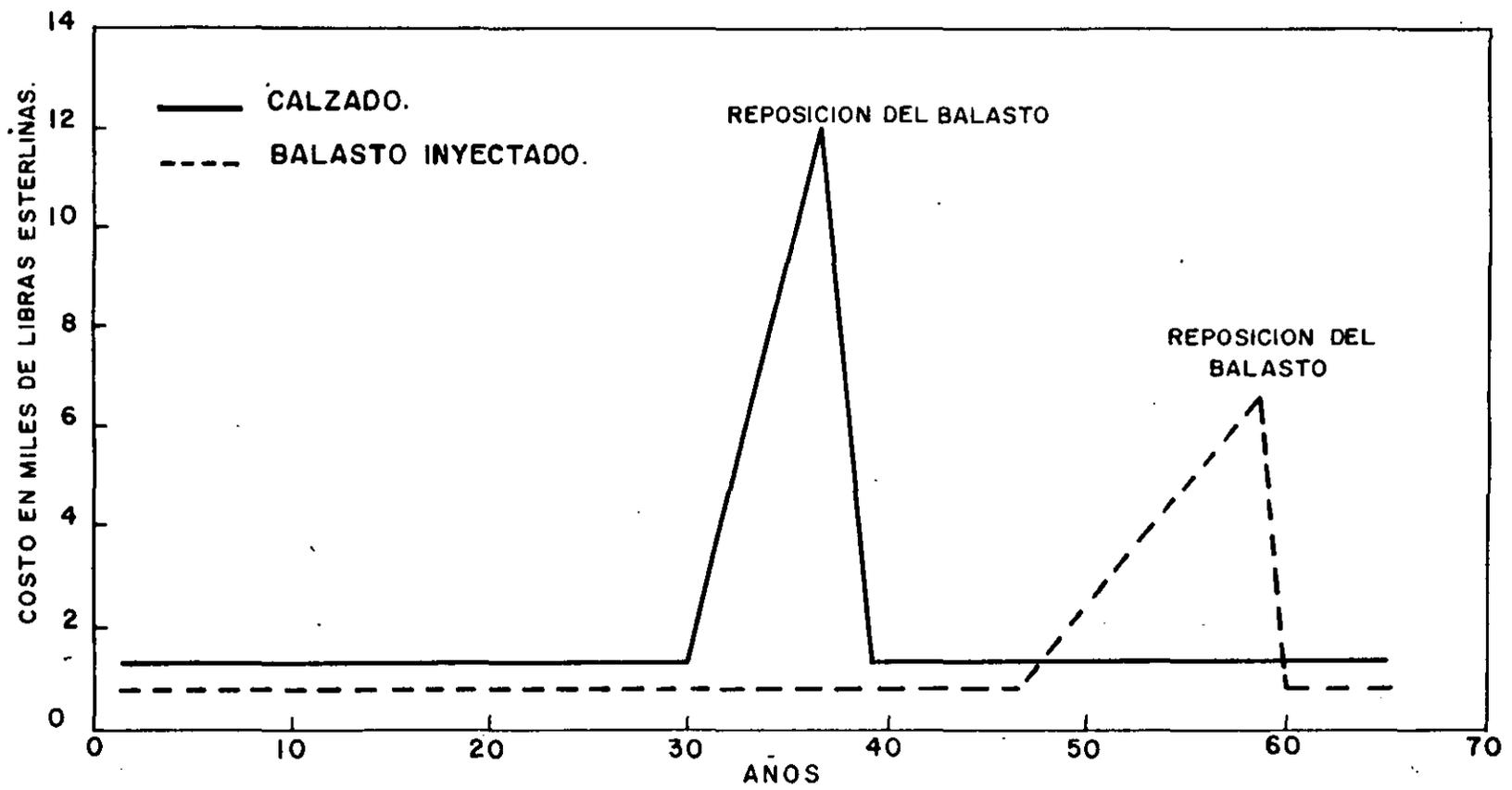


Fig.7. COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO POR MILLA.

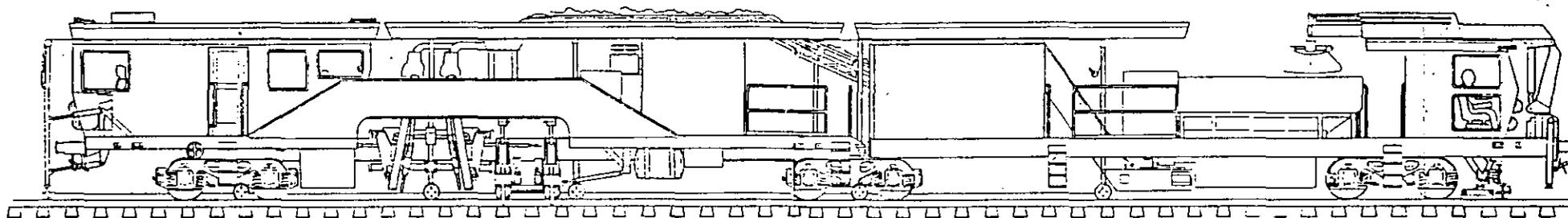


Fig. 8. EQUIPO PARA MANTENIMIENTO DE VIA CON BALASTO INYECTADO. (PROTOTIPO)



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

C U R S O S A B I E R T O S

SUPERVISION DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y REHABILITACION DE LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA

FECHA: DEL 1o. AL 5 DE MAYO DE 1995.

TEMA: CARRO GEOMETRICO PLASSER EM-25 HC.

TRADUCTOR Y EXPOSITOR: ING. ISAAC MOSCOSO LEGORRETA.

I.- CARRO GEOMÉTRICO PLASSER EM-25 HC

TODO LO QUE USTED NECESITE DE UN CARRO MEDIDOR DE LA GEOMETRÍA DE LA VÍA, AÚN EN COMPARACIÓN CON UN CARRO DE GRAN TAMAÑO, COMO PUEDE SER EL EM-80/110 C, LO ENCONTRARÁ EN ESTE MAGNIFICO VEHÍCULO: EM-25 HC.

CON LA ADQUISICIÓN DE ESTE VEHÍCULO, SE TIENE ACCESO A LA TECNOLOGÍA MÁS AVANZADA DE LA FIRMA PLASSER. LA CAPACIDAD DE MEDICIÓN DEL CARRO EM-25, ES IDÉNTICA A LA DEL EM-80, INCLUYENDO LA MINI-COMPUTADORA PARA EL PROCESO DE LAS MEDICIONES.

LOS PROCESOS DE GRABACIÓN, GRAFICACIÓN E IMPRESIÓN ESTÁN BASADOS EN VERSIONES MINITURIZADAS DEL EQUIPO DE GRAN ESCALA, EMPLEADO POR EL CARRO EM-80/110 C.

EL CARRO EM-25 MONITOREA OCHO PARÁMETROS DE VÍA: ESCANTILLÓN, CURVATURA, SOBREVACIÓN, ALINEAMIENTO DE AMBOS RIELES, PERFIL DE AMBOS RIELES, Y EL ALABEO, QUE SE CALCULA A TRAVÉS DE ALGUNO DE LOS PARÁMETROS ARRIBA MENCIONADOS, TODO IMPRESO EN UNA FORMA ANÁLOGA.

CUANDO LA VÍA ESTA SIENDO MEDIDA, LA MINICOMPUTADORA CHECA TODAS LAS MEDICIONES Y CALCULA LOS PARÁMETROS POR EXCEPCIONES (PARA UNA CLASE O CATEGORÍA DE VÍA, PREVIAMENTE ESPECIFICADA), ASÍ MISMO REPORTA LOS DEFECTOS MÁS PELIGROSOS.

AL FINAL DE CADA TRAMO DE LONGITUD UNITARIA (MILLA O KM) UNA HOJA IMPRESA RESUME LAS EXCEPCIONES, PARA CADA UNA DE LAS TRES CLASES DE VÍA, INCLUYENDO LA CLASE DE VÍA QUE SE ESTA INSPECCIONANDO.

TODA LA INFORMACIÓN "CRUDA", ES ALMACENADA EN CINTA MAGNÉTICA PARA SU FUTURO PROCESADO, BIEN SEA A BORDO DEL CARRO MEDIDOR O EN LA COMPUTADORA CENTRAL.

SE DISPONE DE TODA ESTA CAPACIDAD INSTALADA, A BORDO DE UN VEHÍCULO CON LLANTAS NEUMÁTICAS Y CARRETILLA DE HI-RIEL, QUE LO MISMO PUEDE TRANSITAR POR CARRETERA QUE POR LA VÍA.

LOS SENSORES DE MEDICIÓN SON RUEDAS CON CEJA, DE 12 PULGADAS DE DIÁMETRO, MONTADAS EN EJES TELESCÓPICOS QUE SE MANTIENEN EN CONTACTO CON EL RIEL, MERCED A UNA PRESIÓN CONSTANTE, TANTO TRANSVERSAL COMO VERTICAL.

II.- DESCRIPCIÓN DE LOS ACCESORIOS DE MEDICIÓN

1.- EJES MEDIDORES.-

TRES EJES MEDIDORES CON RUEDAS DE DIÁMETRO IGUAL A 280 MM., SE USAN PARA DETECTAR LA GEOMETRÍA DE LA VÍA.

LOS EJES FRONTAL Y TRASERO, ESTÁN COLOCADOS A UNA DISTANCIA DE 4.72 M. (15'6").

EL EJE CENTRAL, QUE DETECTA LA ORDENADA DE LA CUERDA DEFINIDA POR LOS EJES DELANTERO Y TRASERO, ESTA COLOCADO EXACTAMENTE AL CENTRO, A 2.362 M (7'9").

UNAS PLACAS GUÍA SITUADAS A AMBOS LADOS DE LAS RUEDAS MEDIDAS PROTEGEN AL VEHÍCULO CONTRA DESCARRILAMIENTOS, CUANDO ESTE TRANSITA POR LA ZONA DE CAMBIOS (FIG. #1).

2.- MEDICIÓN DEL ESCANTILLÓN.-

LA LONGITUD DE LOS RIELES PUEDE VARIAR, TANTO EN SU FABRICACIÓN COMO EN SU COLOCACIÓN, EN RANGOS MÁS O MENOS AMPLIOS, PERO NO ASÍ LA MEDIDA DEL ESCANTILLÓN DE VÍA; EL DESCARRILAMIENTO DE UN CONVOY PUEDE TENER RESULTADOS CATASTRÓFICOS Y COSTOSOS.

AÚN CUANDO LA VARIACIÓN DEL ESCANTILLÓN NO SEA TAN DRÁSTICA COMO PARA PROVOCAR LA SALIDA DEL CARRO O CONVOY, UN VALOR MÁS ALLA DE LA TOLERANCIA PUEDE CONDUCIR A UN EXCESIVO DESPLAZAMIENTO LATERAL DEL CARRO FERROVIARIO, A LA VEZ QUE PROVOCAR UN DESGASTE EXCESIVO DEL HONGO DE RIEL Y CEJA DE LA RUEDA, LO QUE SE TRADUCIRÁ EN UN EXCESIVO COSTO DE REPARACIÓN, ASÍ COMO EN UN DESCENSO DE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL CARRO.

FIGURA #3.-

EL EJE DE MEDICIÓN DEL ESCANTILLÓN SE COLOCA EN EL CENTRO DEL VEHÍCULO MEDIDOR, QUE ES LA POSICIÓN ADECUADA PARA DETECTAR LOS ERRORES, CUANDO SE TRANSITA POR LA TRAYECTORIA CURVA.

CON LA PRESIÓN LATERAL, APLICADA AL EJE MEDIDOR, LAS CEJAS DE LAS RUEDAS SE MANTIENEN EN ESTRECHO CONTACTO CON EL HONGO DEL RIEL DETECTANDO CUALQUIER VARIACIÓN EN EL ESCANTILLÓN DE LA VÍA POR MEDIO DE DESPLAZAMIENTOS LINEALES, DETECTADOS POR UN TRANSDUCTOR (TRANSDUCER).

3.- SOBREVOLACIÓN O NIVEL TRANSVERSAL.

UNA SOBREVOLACIÓN INADECUADA, EN UNA VÍA EN CURVA, PUEDE CONDUCIR A UN DESGASTE DE LOS HONGOS DE RIELES, DESIGUAL Y EXCESIVO.

ASÍ MISMO UNA SOBREVOLACIÓN DEFECTUOSA, PROVOCARA DESGASTE ACELERADO DE LAS CEJAS DE LAS RUEDAS DE LOCOMOTORAS Y CARROS FERROVIARIOS O AÚN, DESCARRILAMIENTOS DE CONVOYES, AL TRANSITAR POR CURVAS MAL SOBREVOLADAS.

PARA LA LOCALIZACIÓN DE ESTOS DEFECTOS EN EL NIVEL TRANSVERSAL Y EN LA SOBREVOLACIÓN, EL CARRO MEDIDOR DISPONE DE UN INCLINOMETRO. DOS PALPADORES DE CORRECCIÓN CORRIGEN LOS DESPLAZAMIENTOS DEL CUERPO DEL VEHÍCULO MEDIDOR.

COMO SE ILUSTRAN EN LA FIGURA #4:

A.- SI NO EXISTE SOBREVOLACIÓN ENTRE LOS DOS RIELES, EL INCLINOMETRO NO REGISTRARA NINGÚN GIRO (BALANCEO) DE LA CARROCERÍA DEL VEHÍCULO, DEBIDO A QUE SU PLATAFORMA PERMANECE HORIZONTAL.

B.- EN LA MEDIDA QUE EL CARRO SE BALANCEA, A UN LADO Y OTRO, DE SU EJE VERTICAL, EL INCLINOMETRO DETECTARÁ LA DIFERENCIA ENTRE EL NIVEL DEL CHASIS DEL VEHÍCULO Y EL HORIZONTE.

4.- PERFIL DEL RIEL.-

LAS DIFERENCIAS EN EL NIVEL O PERFIL DE LOS RIELES A LO LARGO DE UNA VÍA CON RIELES EMPLANCHUELOS Y/O SOLDADOS, FUERA DE LAS TOLERANCIAS PARA CADA CLASE DE VÍA, PUEDEN CONDUCIR A LA GENERACIÓN DE IMPACTOS Y VIBRACIONES, ASÍ COMO A BALANCEO DEL EQUIPO, DE TANTO MÁS PELIGRO, CUANTO MAS ALTAS SEAN LAS VELOCIDADES DE OPERACIÓN DE TRENES.

PARA MEDIR EL NIVEL LONGITUDINAL DE AMBOS RIELES, SE EMPLEA UNA BASE DE MEDICIÓN (CUERDA) DE 9.45 M. (31'), DEFINIDA POR LA UBICACIÓN DE RES EJES, MONTADOS EN EL VEHÍCULO MEDIDOR, ESTOS EJES PROPORCIONAN MEDICIONES DE NIVEL INDEPENDIENTES, UNO DEL OTRO.

MEDIANTE LA VALORACIÓN DEL PERFIL DE CADA RIEL, ASÍ COMO EL ALINEAMIENTO Y EL ALABEO, LOS GERENTES DE MANTENIMIENTO OBTIENEN UN PANORAMA GENERAL DEL ESTADO DE SUS VÍAS, TANTO EN FORMA GLOBAL (INTEGRAL) COMO EN SITIOS ESPECÍFICOS, DETERMINANDO LA DINÁMICA VÍA-TREN DEL EQUIPO RODANTE, OPERANDO A DIFERENTES VELOCIDADES, SOBRE UN MISMO TRAMO DE VÍA, ESTABLECIENDO PRIORIDADES EN SUS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO, COMO SE ILUSTRAN EN LA FIGURA #5:

LOS EJES MEDIDORES FRONTAL Y TRASERO CONSTITUYEN LA BASE PARA LA MEDICIÓN DEL PERFIL DE RIELES; EL EJE MEDIDOR CENTRAL DETECTA LA ORDENADA MEDIA DE ESA BASE DE MEDICIÓN.

AL TRANSITAR LOS EJES Y RUEDAS MEDIDORAS, A LO LARGO DE UNA VÍA DEFECTUOSA, LA LIGA ENTRE LOS ELEMENTOS DE MEDICIÓN Y EL TRANSDUCTOR, TRANSMITEN, LOS DESPLAZAMIENTOS FÍSICOS QUE CONVERTIDOS A SEÑALES ELÉCTRICAS, SON RECIBIDAS POR LA COMPUTADORA, INSTALADA EN EL VEHÍCULO MEDIDOR.

5.- ALINEAMIENTOS DEL RIEL.-

ASÍ COMO UNA VÍA CON DEFECTOS IMPORTANTES EN SU NIVEL (SUPERFICIE), PUEDE DAÑAR SERIAMENTE LAS MERCANCIAS TRANSPORTADAS POR TRENES, UNA VÍA DESALINEADA PRODUCE DAÑOS IMPORTANTES TANTO EN LA CARGA TRANSPORTADA, EN EL EQUIPO RODANTE Y EN LA PROPIA VÍA.

PARA LA DETECCIÓN DE LAS IRREGULARIDADES EN EL ALINEAMIENTO DE RIELES, EL VEHÍCULO MEDIDOR DISPONE DE 3 EJES.

CILINDROS DE PRESIÓN NEUMÁTICOS GUARDAN LAS RUEDAS DE LOS EJES, EN UNA POSICIÓN A LA VEZ SEGURA Y COMODA, SOBRE EL HONGO DE RIELES.

ESTOS EJES MEDIDORES ESTÁN CONECTADOS A TRANSDUCTORES POR UN ELEMENTO DE LIGA QUE TRANSMITE EL MOVIMIENTO LATERAL DE LAS RUEDAS MEDIDORAS A LOS TRANSDUCTORES.

COMO SE ILUSTRAN EN LA FIG. #6.

LOS EJES MEDIDORES ESTÁN DISPUESTOS EN POSICIONES: DELANTERA, TRASERA E INTERMEDIA.

LA DESVIACIÓN HORIZONTAL, RELACIONADA CON LA DIRECCIÓN GENERAL DE LA VÍA, ES DETECTADA POR LAS RUEDAS MEDIDORAS Y TRANSMITIDA A LOS TRANSDUCTORES, EN DONDE EL DESPLAZAMIENTO FÍSICO ES CONVERTIDO EN UNA SEÑAL ELÉCTRICA, QUE DE INMEDIATO ES ENVIADA A LA COMPUTADORA DEL SISTEMA.

6.- MEDICIÓN DEL ALABEO.-

EXISTEN VARIOS FENÓMENOS QUE PUEDEN PROVOCAR EL ALABEO DE LA VÍA (ALTERACIÓN DEL PARALELISMO DE LA VÍA EN EL PLANO TRANSVERSAL), ALGUNO DE ELLOS PUEDEN SER: FATIGA DEL MATERIAL, DEFORMACIÓN O EROSIÓN DE LA CAPA DE SUBRASANTE, FALTA DE APOYO DE LA CAMA DE BALASTO, ETC.

EN LA MEDIDA QUE UN CONVOY (TREN) SE DEPLAZA POR UNA VÍA DEFECTUOSA, LOS EJES COMIENZAN A TORSIONARSE CAUSANDO FRICCIÓN ENTRE CEJA DE RUEDA Y HONGO DE RIEL, PRODUCIENDO DESGASTE EN AMBOS ELEMENTOS, DAÑO DE LA CARGA TRANSPORTADA Y OTRAS COSTOSAS CONSECUENCIAS.

EL ALABEO DE LA VÍA SE CALCULA A PARTIR DE LA SOBREVACIÓN Y EN LA MEDICIÓN DEL DESNIVEL, EN DOS SECCIONES CONSECUTIVAS DE LA VÍA, SEPARADAS EN UNA DISTANCIA VARIABLE CONVENIDA.

DE LA OBSERVACIÓN DE LA FIGURA No. 7:

ALABEO (T).-

$$T = S_1 - S_2$$

7.- MEDICIÓN DE LA DISTANCIA.-

LA MEDICIÓN DE LA DISTANCIA SE HACE POR MEDIO DE UN ADITAMENTO QUE VA MONTADO AL EJE DE MEDICIÓN CENTRAL Y ACCIONADO POR MEDIO DE UN SISTEMA DE FLECHA Y CORONA (ENGRANE) A UNA DE LAS RUEDAS DEL EJE CENTRAL DE MEDICIÓN.

LOS IMPULSOS DEL "ENCODER" QUE PROCEDEN DE LA COMPUTADORA, CADA DÉCIMO DE MILLA (160 M) Y CADA POSTE DE KILOMETRAJE, PRODUCEN UN DESPLAZAMIENTO DEL GRAFICADOR.

TAMBIÉN, FRENTE A CADA POSTE DE KILOMETRAJE, SE OPRIME EL BOTÓN DEL CADENAMIENTO PARA PROVOCAR LA IMPRESIÓN DE LA DISTANCIA, DEL ÚLTIMO POSTE, EN LA COMPUTADORA TERMINAL.

III.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ANÁLISIS Y GRABACIÓN.

1.- GENERALIDADES.-

EL SISTEMA DE MEDICIÓN INCORPORA TODAS LAS FUNCIONES NECESARIAS PARA LA CALIBRACIÓN DEL SISTEMA, RECOLECTA Y ANALIZA LA INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL, GRABA LA INFORMACIÓN EN CINTA MAGNÉTICA, PRODUCE REPORTES EN LA TERMINAL Y GUÍA AL GRAFICADOR. NO SE REQUIERE DE ACCESORIOS ADICIONALES CUANDO SE PROGRAMA LA COMPUTADORA.

DURANTE EL TRAYECTO DE PRUEBA LA COMPUTADORA CHECA TODOS LOS PARÁMETROS MEDIDOS Y CALCULADOS, EN ORDEN DE PRIORIDAD DE DEFECTOS. SE OBTIENE UN REPORTE ESCRITO DE EXCEPCIONES Y UN RESUMEN, POR TRAMOS, IMPRESOS EN TIEMPO REAL (TIEMPO QUE CONSUME EL VIAJE DE MEDICIÓN). SIMULTÁNEAMENTE SE COLECTA Y SE ALMACENA LA INFORMACIÓN DE VÍA, EN CINTA MAGNÉTICA, PARA FUTUROS ANÁLISIS.

YA QUE LA CINTA MAGNÉTICA CONTIENE, EXACTAMENTE LOS DATOS CALCULADOS, JUNTO CON TODAS LAS MANIVELAS

DE "ENTRADA", DESDE LA TERMINAL, EL MISMO SISTEMA SE PUEDE USAR PARA "RECORRER" LA VÍA MEDIDA CON DIFERENTES PARÁMETROS DE CONTROL, SIN NECESIDAD DE REGRESAR AL SITIO DONDE SE PRODUJO LA INFORMACIÓN (SITIO DE LEVANTE DE DATOS).

ESTOS DATOS SON SUMAMENTE VALIOSOS PARA ANÁLISIS SUBSECUENTES DE PLANES DE: SEGURIDAD, INVESTIGACIÓN PLANIFICACIÓN Y COSTOS.

2.- SISTEMA DE COMPUTO.-

UNA COMPUTADORA INSTALADA EN EL INTERIOR DEL VEHÍCULO ES LA ENCARGADA DE COLECTAR Y PROCESAR LA INFORMACIÓN RECOGIDA ANTES DE GRAFICARLA E IMPRIMIR LOS DEFECTOS DETECTADOS.

ALMACENA TODOS LOS CÁLCULOS DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS EN CINTAS MAGNÉTICAS Y TRABAJA COMO UNA INTERFASE Y SELECCIONADOR DE ESCALA, ENTRE LOS SENSORES Y LOS ACCESORIOS DE GRABADO.

ANALIZA LOS DIFERENTES PARÁMETROS Y ENLISTA LAS EXCEPCIONES DENTRO DE LÍMITES PRESTABLECIDOS, PARA CADA PARÁMETRO EN PARTICULAR, EN UN REPORTE DE EXCEPCIONES, DURANTE EL VIAJE DE MEDICIÓN.

SE ANALIZAN LOS SIGUIENTES PARÁMETROS:

- A).- PERFIL DEL RIEL IZQUIERDO.
- B).- PERFIL DEL RIEL DERECHO.
- C).- ESCANTILLÓN.
- D).- SOBREVOLACIÓN.
- E).- ALINEAMIENTO RIEL IZQUIERDO.
- F).- ALINEAMIENTO RIEL DERECHO.
- G).- ALABEO.

TODAS LAS EXCEPCIONES CONTENIDAS EN EL REPORTE SE IDENTIFICAN POR SU TIPO, VALOR, NÚMERO Y LOCALIZACIÓN. MÁS AÚN, ARRIBA DE CINCO MARCAS EVENTUALES, A LO LARGO DEL DERECHO DE VÍA, TAMBIÉN SON IDENTIFICADAS EN EL REPORTE, AL FINAL DE CADA KILOMETRO (O MILLA), SE OBTIENE UN ESTADO DE LA VÍA, RELATIVO AL ÚLTIMO TRAMO PROBADO, CONSISTE EN: DISTANCIA, ENTRE DOS POSTES CONSECUTIVOS DE KILOMETRAJE, LA CANTIDAD DE "DESVIACIONES" PARA CADA PARÁMETRO Y EL RANGO DE CALIDAD DETERMINADO PARA EL ÚLTIMO TRAMO DE VÍA PROBADO.

3.- TERMINAL DE TELETIPOS.-

SE EMPLEA UNA TERMINAL DE TELETIPO COMO UN ADITAMENTO CLAVE PARA OPERAR LA COMPUTADORA, ASÍ COMO UNA IMPRESORA DE ALTA VELOCIDAD PARA TIPEAR LOS REPORTES DE EXCEPCIÓN, DURANTE EL RECORRIDO DE PRUEBA.

4.- CINTAS MAGNÉTICAS.-

LAS CINTAS MAGNÉTICAS SE USAN PARA "LEER" LOS PROGRAMAS CONTENIDOS EN LA COMPUTADORA; TAMBIÉN PARA ALMACENAR LA INFORMACIÓN COLECTADA Y CALCULADA Y PARA "RECORRER" LAS VÍAS PROBADAS SIN TENER QUE REGRESAR AL SITIO DE OBTENCIÓN DE DATOS.

5.- GRAFICADOR.-

SE USA EL GRAFICADOR PARA PRESENTAR LOS DATOS RECOLECTADOS, DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS. EN FORMA GRÁFICA; ESTE VA INSTALADO EN LA MESA O ESCRITORIO DE MEDICIÓN.

LOS PARÁMETROS QUE SE MUESTRAN EN EL GRAFICADOR, SON LOS SIGUIENTES:

A).- MARCAS DE POSTE DE KILOMETRAJE.

B).- EVENTOS VARIOS.

C).- PERFIL IZQUIERDO

D).- PERFIL DERECHO.

E).- ALINEAMIENTO IZQUIERDO.

F).- ALINEAMIENTO DERECHO.

G).- SOBREVACIÓN.

H).- ESCANTILLÓN Y

J).- ALABEO.

IV.- INCLINOMETRO ELECTRÓNICO.-

INSTALADO EN EL PISO, DENTRO DEL ESCRITORIO DE MEDICIÓN, SE ENCUENTRA EL INCLINOMETRO ELÉCTRONICO TIPO LM -2,000.

V.- PARÁMETROS GEOMÉTRICOS.-

1.- PARÁMETROS DE ENTRADA:

A).- PERIFIL.-

EL DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE UN SENSOR MONTADO, CENTRICAMENTE ENTRE DOS SENSORES Y EN CADA EXTREMO DEL VEHÍCULO. LA INDICACIÓN DEL PERFIL ES "CERO", CUANDO LOS 3 SENSORES MENCIONADOS ESTÁN EN EL MISMO PLANO HORIZONTAL.

FORMULA: $CENTRAL - (FRONTAL + \frac{FRONTAL - TRASERO}{2})$

2

2.- SUPERFICIE O CIMA.-

EL DESPLAZAMIENTO VERTICAL DE UN EJE TRASERO LOCALIZADO ASIMETRICAMENTE EN RELACIÓN CON LOS EJES CENTRAL Y TRASERO (DESCARGADOS).

FORMULA: NINGUNA.

TOMADO DIRECTAMENTE DE UN TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO, MONTADO EN EL EJE.

3.- ESCANTILLÓN.-

EL DESPLAZAMIENTO DE UN SENSOR LOCALIZADO, SIMETRICAMENTE, ABAJO DEL VEHÍCULO.

LA INDICACIÓN DEL VALOR DEL ESCANTILLÓN ES "CERO", CUANDO LA SEPARACIÓN ENTRE RIELES ES LA NORMAL (1,435 MM.).

4.- ALINEAMIENTO O FLECHA.-

SIMILAR AL DISPOSITIVO QUE MIDE EL PERFIL, PERO CON LOS SENSORES COLOCADOS EN EL PLANO VERTICAL.

FORMULAS.-

LADO DERECHO: CENTRAL.- $(\text{FRONTAL} + \text{TRASERO})$

2

LADO IZQUIERDO: $(\text{C.L.A.} + \text{C.G.}) - [(\text{F.L.A.} + \text{F.G.} + (\text{R.L.A.} + \text{F.G.})/2.)$

C.L.A.- ALINEACIÓN CENTRAL IZQUIERDA.

C.L.A.- ALINEACIÓN FRONTAL IZQUIERDA.

R.L.A.- ALINEACIÓN TRASERA IZQUIERDA.

C.G.- ESCANTILLÓN EN EL CENTRO.

F.G. ESCANTILLÓN EN EL FRENTE.

R.G. ESCANTILLÓN TRASERO.

5.- NIVEL TRANSVERSAL O INCLINACIÓN.-

LA DIFERENCIA DE ELEVACIONES, ENTRE UN RIEL Y OTRO.

FORMULA: $(\text{CORRECCIÓN IZQ.} - \text{CORRECCIÓN DERECHA}) + \text{NIVEL TRANSVERSAL AMPLIFICADO.}$

V.- 2.- PARÁMETROS CALCULADOS.-

ESTOS PARÁMETROS SON DETERMINADOS A PARTIR DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA.

1.- ALABEO.-

ESTA DIMENSIÓN ES LA DIFERENCIA ENTRE DOS VALORES DEL NIVEL TRANSVERSAL DE DOS SECCIONES, SEPARADAS A UNA DISTANCIA CONVENIDA.

DISTANCIAS COMUNES PARA MEDIR EL ALABEO:

62 PIES (18.90 M).

31 PIES (9.45 M.)

10 M.

5 M.

PARÁMETROS RELATIVOS.-

LOS EFECTOS DE LAS CURVAS Y COMO SE ELIMINAN (VER MÉTODO EN FIG. No. 8).

PARÁMETROS RELATIVOS COMUNES:

NIVEL (SUPERFICIE).

PERFIL

ALINEAMIENTO.

NIVEL TRANSVERSAL.

PERFIL AMPLIFICADO Y/O CUERDA DE ALINEACIÓN.-

EL PARÁMETRO ES CONVERTIDO A ORDENADAS MEDIAS DE CUERDAS CON LONGITUD QUE ES DOBLE O MÚLTIPLO DE LA LONGITUD BASE DEL PARÁMETRO.

PARA EL CARRO GEOMÉTRICO EM-80/110

31 PIES/10 M A 62 PIES/20 M.

$P1 + 2 * P2 + P3.$

LOS VALORES P1, P2 Y P3, SON 15 PIES/5 M.,

SEPARADOS.

PARA EL CARRO EM - 25.-

15.5 PIES A 62 PIES.

$P1 + 2 * P2 + 3 * P3 + 4 * P4 + 3 * P5 + 2 * P6 + P7.$

LOS VALORES P1 A P7, ESTÁN SEPARADOS 8 PIES.

VELOCIDAD MÁXIMA (MPH).-

$$V = \frac{\sqrt{X + U}}{0.007 * C}$$

X= SOBREVAC. (NIVEL TRANSV.).

U= EQUILIBRIO

C= ALINEAMIENTO PROMEDIO.

(CUERDA DE 62 PIES).

VI.- REPORTES DE EXCEPCIÓN.-

A.- REPORTES DE RESUMEN.-

LOS REPORTES DE RESUMEN CONTIENEN LOS SIGUIENTES DATOS:

1.- PUNTO DE PARTIDA.

2.- PUNTO FINAL.

3.- CLASE.- LIMITE DE PARTIDA (REFERENCIA) PARA DETERMINAR LONGITUDES DE EXCEPCIÓN (DISTANCIAS).

4.- CLASE RIGUROSA (LA LETRA U.P.)- LA CLASE PERMISIBLE MÁS ALTA, EN EL RESUMEN DE ÁREA CERO (0) SIGNIFICA UN PARÁMETRO QUE EXCEDE LOS LÍMITES DE LAS SEIS CLASES DE VÍAS (EN U.S.A.).

LOS LÍMITES DE CLASE UNIÓN PACIFIC (U.P.), SE USAN PARA DETERMINAR EL VALOR.

5.- CLASE RIGUROSA (F.R.A.)- LOS MISMO QUE EL CONCEPTO (4), PERO USANDO LÍMITES DE CLASE DEL FEDERAL RAILROAD D ADMINISTRACIÓN (F.R.A.).

6.- ICV (TQ1)- ÍNDICE DE CALIDAD DE LA VÍA, DETERMINADO POR MEDIO DE LA SIGUIENTE FORMULA:

$$ICV = C. CS . S/L.$$

DONDE:

C= CONSTANTE (VARIABLE. PARA UNA ORDEN DE CALIDAD DE VÍA)

$$CS = 40. \sqrt[4]{\text{VELOCIDAD DE OPERACIÓN.}}$$

L= CANTIDAD DE PUNTOS EN LA SUMA:

$$S = \sqrt{\sum (X^2 + Y^2 + Z^2)}$$

$$X = \frac{(ASFL) + (ASFR)}{2}$$

$$Y = ASFL - ASFR$$

$$Z = \frac{\Delta ALL - \Delta ALR}{2}$$

Δ (DELTA).- SON VALORES OBTENIDOS DE LAS DIFERENCIAS DE DATOS TOMADOS A DISTANCIAS DE 1.22 M (4 PIES).

7.- LONGITUD.- DISTANCIA REPORTADA POR EL RESUMEN, DESGLOSADA EN: LONGITUD EN TANGENTE Y LONGITUD EN CURVA.

8.- PARA PARÁMETROS INDIVIDUALES:

A).- EXCEPCIÓN DE LONGITUD (U.P Y F.R.A.)-

EL PARÁMETRO DISTANCIA EXCEDE EL LÍMITE DE REFERENCIA, DENTRO DEL RESUMEN DE ÁREA. EL LÍMITE. O TOLERANCIA ES ABSOLUTO. NO SE AGREGA NINGÚN INTERVALO DE CONFIANZA.

B).- PARTIDA DE EXCEPCIÓN (U.P. Y F.R.A.)-

CANTIDAD DE EXCEPCIONES DETALLADAS EN EL RESUMEN DE ÁREA.

9.- TOTALES .-

INDICA LA LONGITUD TOTAL DE VÍAS QUE SE ENCUENTRA EXCEPCIONADA, EN UNO O MÁS PARÁMETROS. NO PUEDE EXCEDER EL RESUMEN DE LONGITUD (7).

VI. B).- REPORTE DE EXCEPCIONES DETALLADAS

(U.P Y F.R.A.)-

ESTOS REPORTE IMPRIMEN LA SIGUIENTE INFORMACIÓN:

PUNTO DE PARTIDA.-

DONDE EL PARÁMETRO EXCEDE EL LIMITE DE EXCEPCIÓN MÁS EL INTERVALO DE CONFIANZA. (FIG. No. 10). (1)

PUNTO FINAL.-

CUANDO EL PARÁMETRO CAE ABAJO DEL LIMITE DE EXCEPCIÓN, MENOS EL INTERVALO DE CONFIANZA (FIG. No. ____)

(2).

LONGITUD DE EXCEPCIÓN.-

LA DISTANCIA ENTRE EL PUNTO DE PARTIDA Y EL PUNTO FINAL, REDONDEADA AL METRO (FIG. No. 10) (3).

UBICACIÓN DEL VALOR MÁXIMO.-

LOCALIZACIÓN REAL DEL VALOR MÁXIMO

(FIG. No. 10) (4).

VALOR MÁXIMO.-

VALOR MÁXIMO DEL PARÁMETRO. DENTRO DE LA LONGITUD TOTAL DE EXCEPCIÓN

(FIG. No. 10) (5).

LÍMITE DE PARTIDA.-

EL VALOR USADO PARA OBTENER LA EXCEPCIÓN.

CUANDO LA REFERENCIA CAMBIA, DURANTE UNA EXCEPCIÓN, EL CURSO DE LA EXCEPCIÓN TERMINA, INCLINÁNDOSE UNA NUEVA EXCEPCIÓN CON UN NUEVO LÍMITE DE PARTIDA.

(FIG. No. 10), (6).

EXCEPCIÓN DE CLASE.-

CLASE CORRIENTE. USADA PARA DETERMINAR LOS VALORES DE REFERENCIA.

(FIG. No. 10), (7).

CLASE RIGUROSA (F.R.A.).-

LA MÁS ALTA PERMITIDA POR F.R.A., ENCONTRARA LA EXCEPCIÓN DE CLASE.

(FIG. No. 10), (8).

CLASE RIGUROSA (U.P. O F.R.A.).-

LA CLASE MÁS ALTA PERMITIDA QUE LA EXCEPCIÓN ENCONTRARÁ, SI LA EXCEPCIÓN DETALLADA ES DE U.P., ESTA SE DETERMINARÁ POR LOS NIVELES DE REFERENCIA DE UNIÓN PACIFIC (U.P.) (FIG. No. 10, (9).

CLASE SEVERA TOTAL (U.P O F.R.A.).-

LAS CLASE MÁS ALTA PERMITIDA, ENTRE EL "PUNTO FINAL DEL ÚLTIMO RESUMEN Y EL "PUNTO FINAL" DE LA EXCEPCIÓN.

ESTE VALOR ES REUSADO PARA DETERMINAR LA CLASE DE VÍA AL PRINCIPIO DE CADA NUEVO RESUMEN.

FIG., No. 10. (10).

VI. C.- TABLA DE REPORTES - RESUMEN.-

LA TABLA - RESUMEN ES UNA RELACIÓN DE INFORMACIÓN - CLAVE, DERIVADA DE CADA UNO DE LOS RESÚMENES. ESTA TABLA ES ALMACENADA EN UNA EXTENSA MEMORIA DE LA COMPUTADORA CON "ENTRADAS" HECHAS AL FINAL DE CADA RESUMEN DE REPORTE.

LA TABLA DE LA GRÁFICA #9 ENLISTA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN CADA "ENTRADA". EL REPORTE PUEDE SER IMPRESO EN CUALQUIER TIEMPO, SI LA COMPUTADORA ESTA EN EL MODO DE "PROCEDER".

EL PROPÓSITO FUNDAMENTAL DE ESTE REPORTE ES DAR AL OPERADOR UN PANORAMA GENERAL DE LAS CONDICIONES DE LA VÍA, EN UNA FORMA CONDENSADA.

CADA RENGLÓN INDIVIDUAL CONTIENE LO SIGUIENTE:

- 1).- NÚMERO DE SEGMENTO.- AL FINAL DEL RESUMEN.
 - 2).- NÚMERO DE VÍA.- AL FINAL DEL RESUMEN.
 - 3).- PUNTO DE PARTIDA.- EN DONDE SE INICIA EL RESUMEN (Mp, + DISTANCIA; + INDICA SECUENCIA DE Mp).
 - 4).- LONGITUD.- DISTANCIA CUBIERTA POR EL RESUMEN, TANGENTE Y CURVA, JUNTAS.
 - 5).- "ICV"- ÍNDICE DE CALIDAD DE LA VÍA, POR ÁREA DE RESUMEN.
 - 6).- CLASE DE VÍA.- NIVEL DE RESTRICCIÓN USADO.
 - 7).- CLASE RIGUROSA (U.P.).- LA CLASE MÁS ALTA PERMISIBLE PARA LA NORMA UNIÓN PACIFIC (U.P.), EN EL RESUMEN DE ÁREA.
 - 8).- LONGITUD TOTAL DE VÍA EXCEPCIONADA (U.P.).- PARA UNO O MÁS PARÁMETROS .
 - 9).- PORCENTAJE (U.P.).- LONGITUD DADA EN INCISO 4), DIVIDIDA ENTRE LA LONGITUD TOTAL EXCEPCIONADA. INCISO 8).
- ESTE NÚMERO NORMALIZARA CUALQUIER DIFERENCIA DEBIDA A RESÚMENES DE LONGITUD DESIGUALES (5,280 PIES DE LONGITUD DE VÍA, CON 1,000 PIES DE EXCEPCIÓN, ES MEJOR QUE 1,000 PIES DE VÍA, CON 300 PIES DE EXCEPCIÓN).
- 10).- CLASE RIGUROSA (F.R.A.).- LA CLASE MÁS ALTA PERMISIBLE PARA F.R.A; EN EL RESUMEN DE ÁREA.
 - 11).- LONGITUD TOTAL DE VÍA EXCEPCIONADA (F.R.A.).- IGUAL QUE 8), PERO PARA LAS RESTRICCIONES DE FEDERAL RAILROAD ADMINISTRATION (F.R.A.).
 - 12).- PORCENTAJE (F.R.A.).- IGUAL QUE 9), EXCEPTO 11) USADO EN VEZ DE 8).

AL FINAL DE CADA RENGLÓN INDIVIDUAL (O "ENTRADA"), SE IMPRIME UNA CALIDAD TOTAL DE VÍA. ESTE CONTIENE NUMEROS QUE INVOLUCRAN EL ÁREA TOTAL CUBIERTA POR TODOS LOS RESÚMENES.

13).- LONGITUD.- ÁREA CUBIERTA POR TODOS LOS RESÚMENES (MILLAS O KMS).

14).- PROMEDIO DE ÍNDICES DE CALIDAD DE VÍA, (ICV)= $\frac{\text{ICV} \cdot \text{LONGITUD}}{\text{LONGITUD TOTAL}}$

15).- PROMEDIO DE CLASE DE VÍA = $\frac{\text{CLASE} \cdot \text{LONG}}{\text{LONG. TOTAL}}$

16) PROMEDIO DE

CLASE RIGUROSA (U.P.) = $\frac{\text{CLASE RIG. (U.P.)} \cdot \text{LONG}}{\text{LONG. TOTAL}}$

17).- LONGITUD TOTAL DE VÍA EXCEPCIONADA (U.P.)-

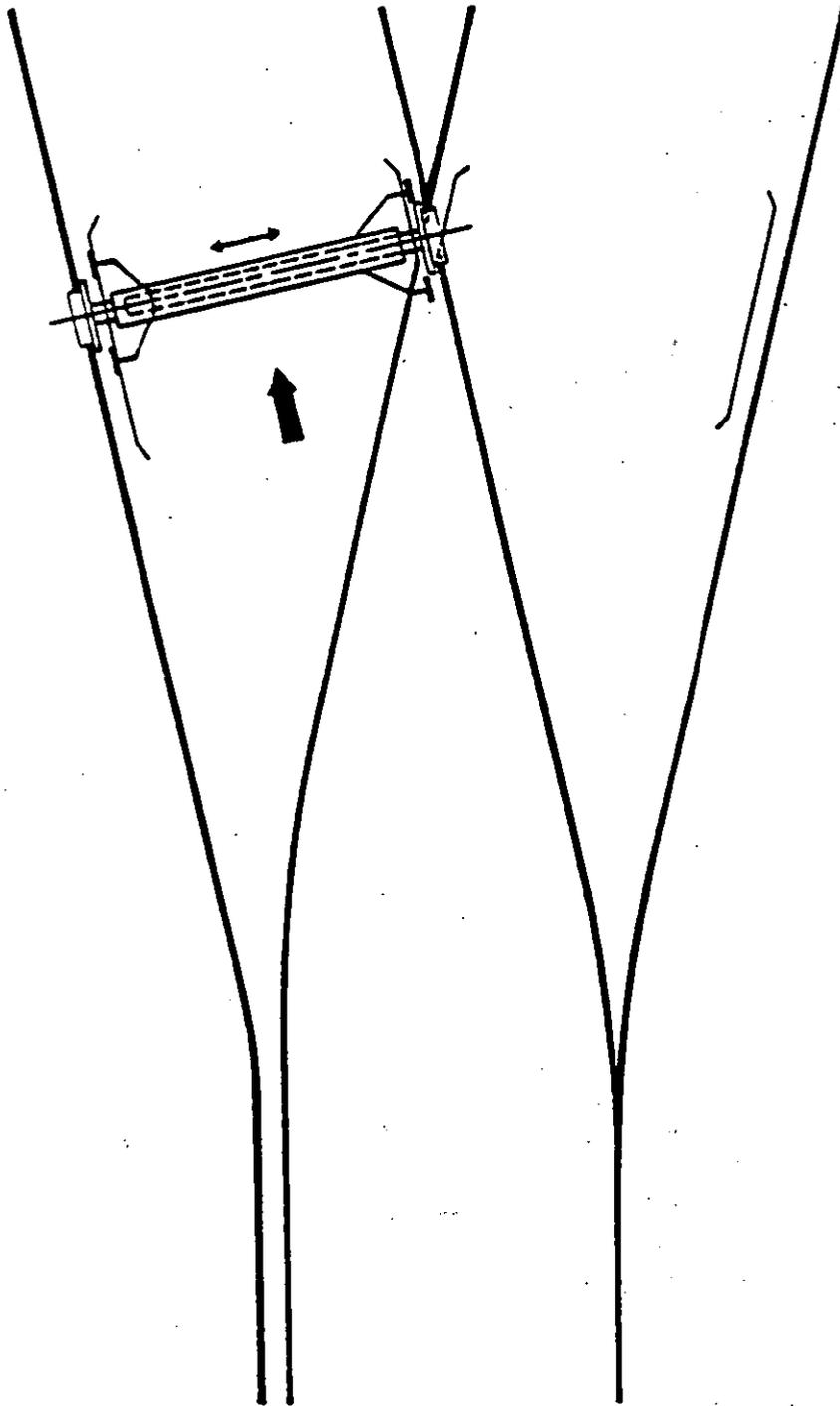
LA SUMA DE TODAS LAS LONGITUDES EXCEPCIONADAS (8), EN MILLAS (O KMS.).

18).- EL PORCENTAJE TOTAL (U.P.)- LA LONGITUD TOTAL DE VÍA EXCEPCIONADA/LONG. TOTAL:

(19), (20), Y (21), IGUAL QUE: (16), (17) Y (18), RESPECTIVAMENTE.

F I G U R A No. 1

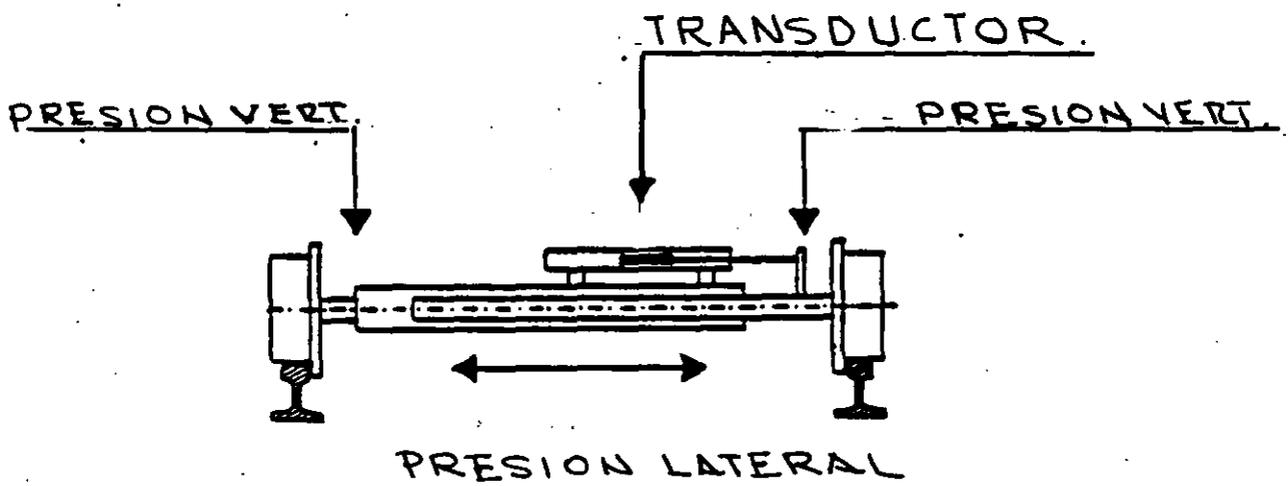
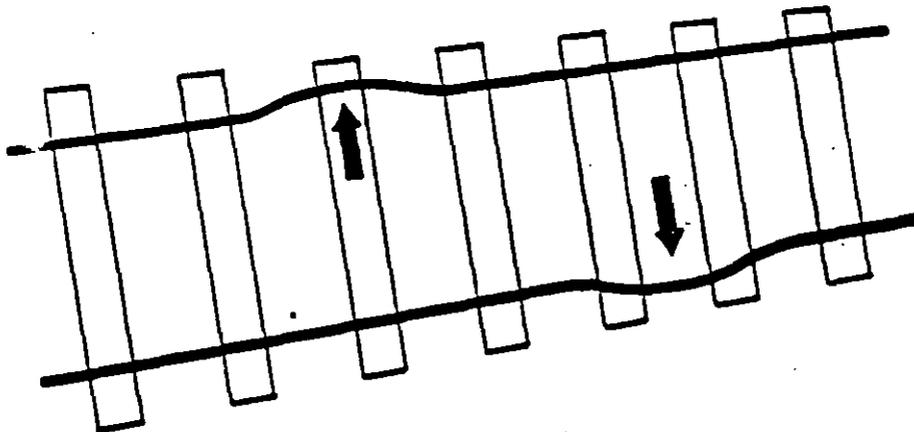
EJE MEDIDOR, TRANSITANDO A LO LARGO DE UN JUEGO DE CAMBIO



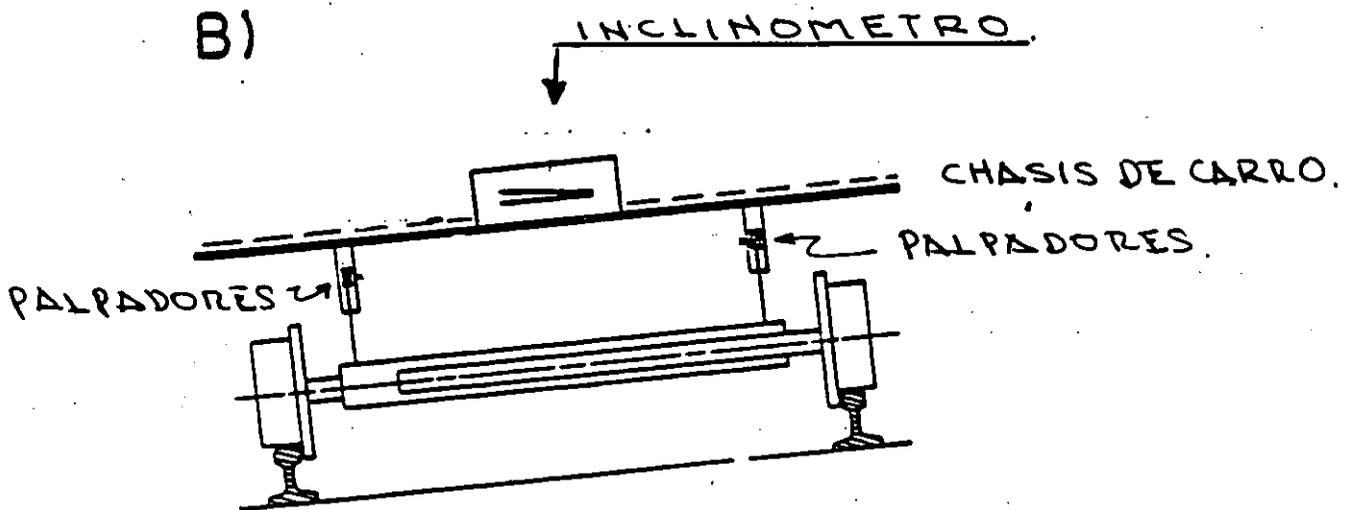
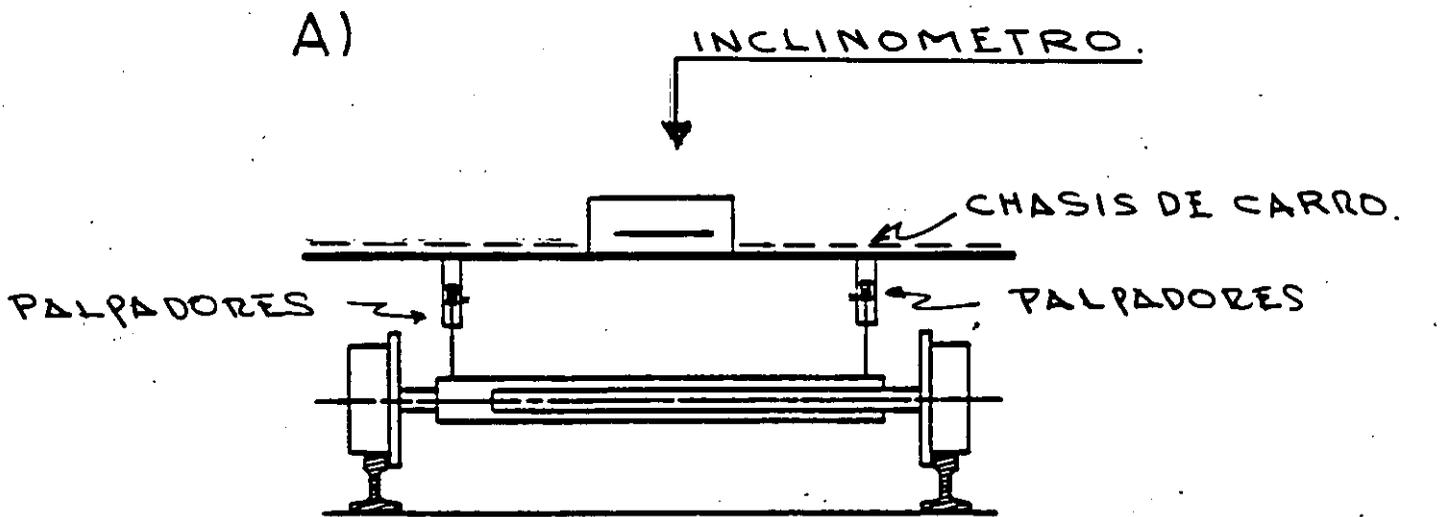
F I G U R A No. 3

MEDICION DEL ESCANTILLON

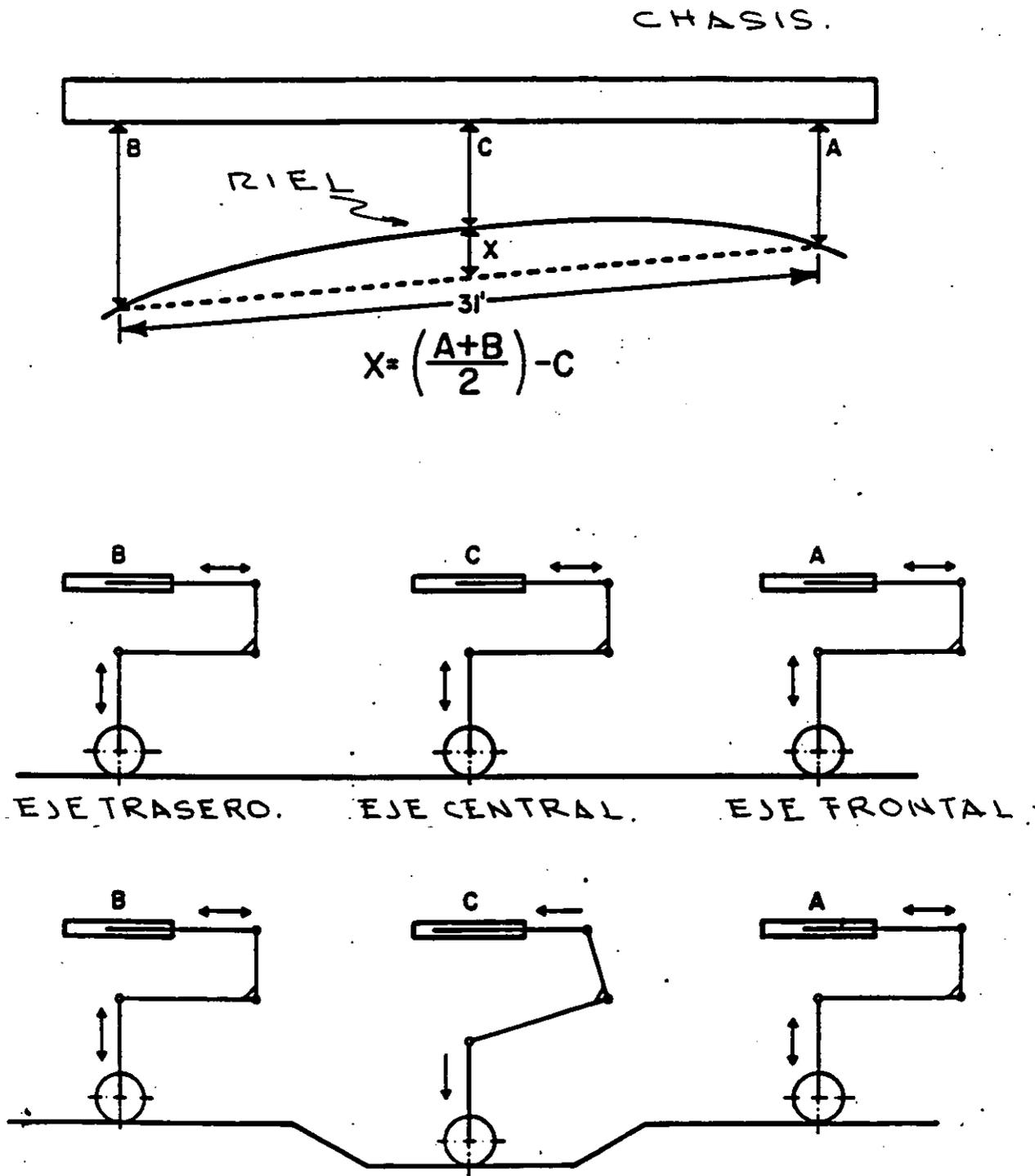
EJE DE MEDICION TELESCOPICO



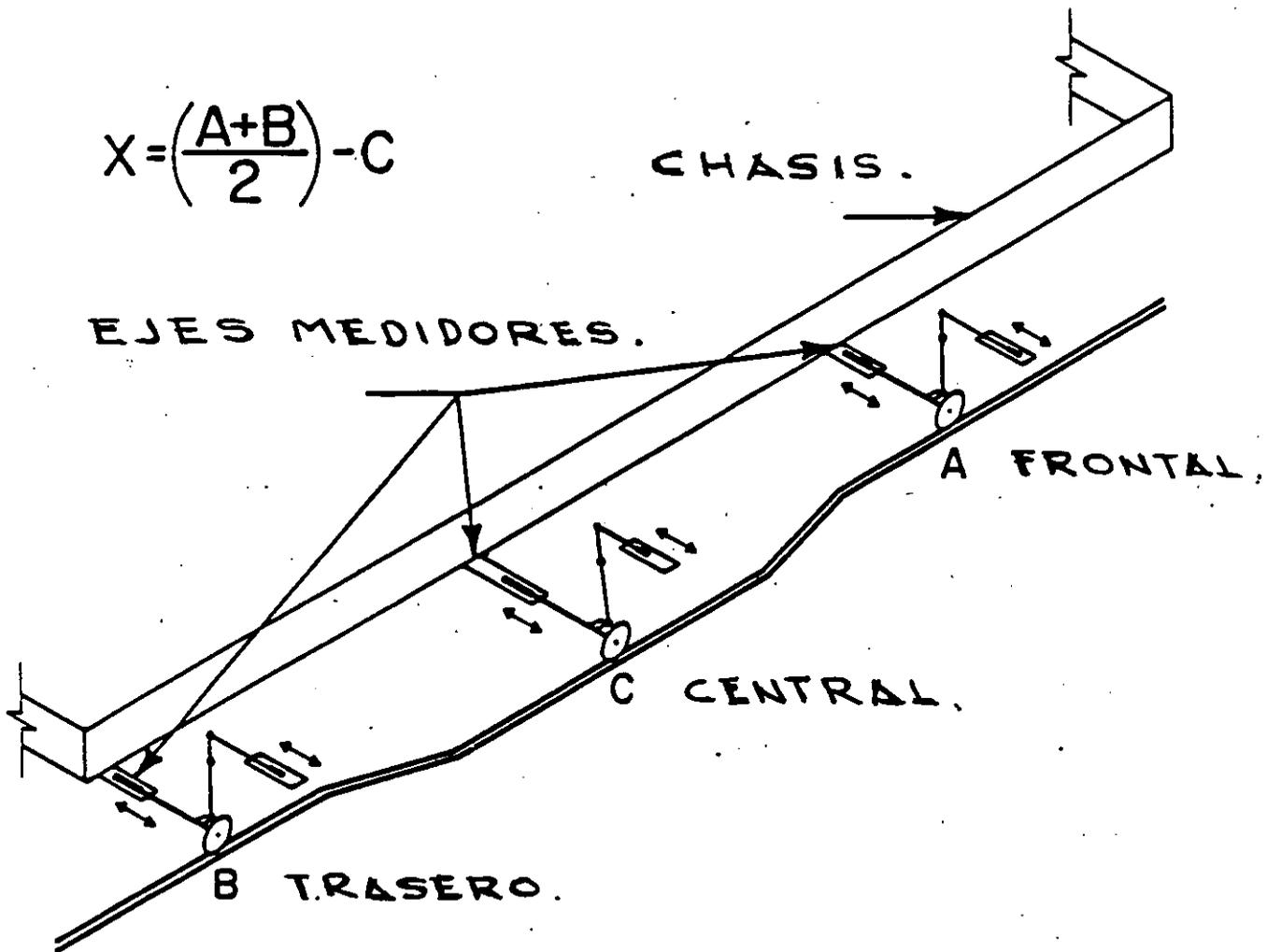
MEDICION DE LA SOBRE ELEVACION



MEDICION DEL PERFIL LONGITUDINAL



MEDICION DEL ALINEAMIENTO



$$X = \left(\frac{A+B}{2} \right) - C$$

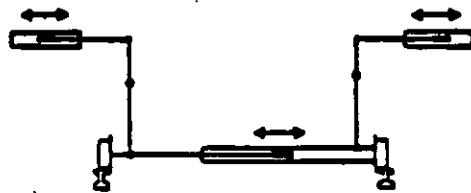
CHASIS.

EJES MEDIDORES.

A FRONTAL.

C CENTRAL.

B TRASERO.



SECCION TRANSV.

FIGURA No. 7

MEDICION DEL ALABEO

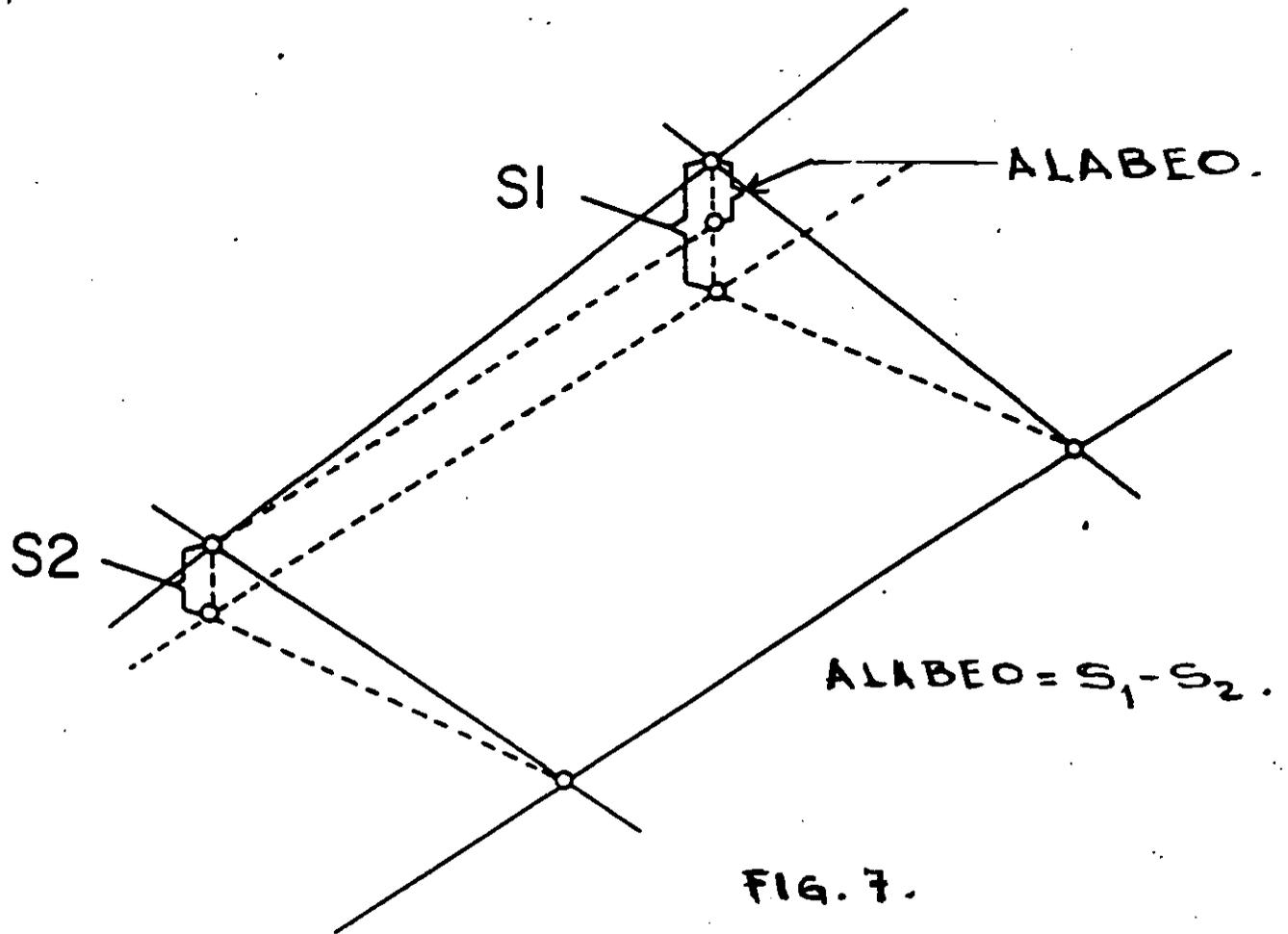
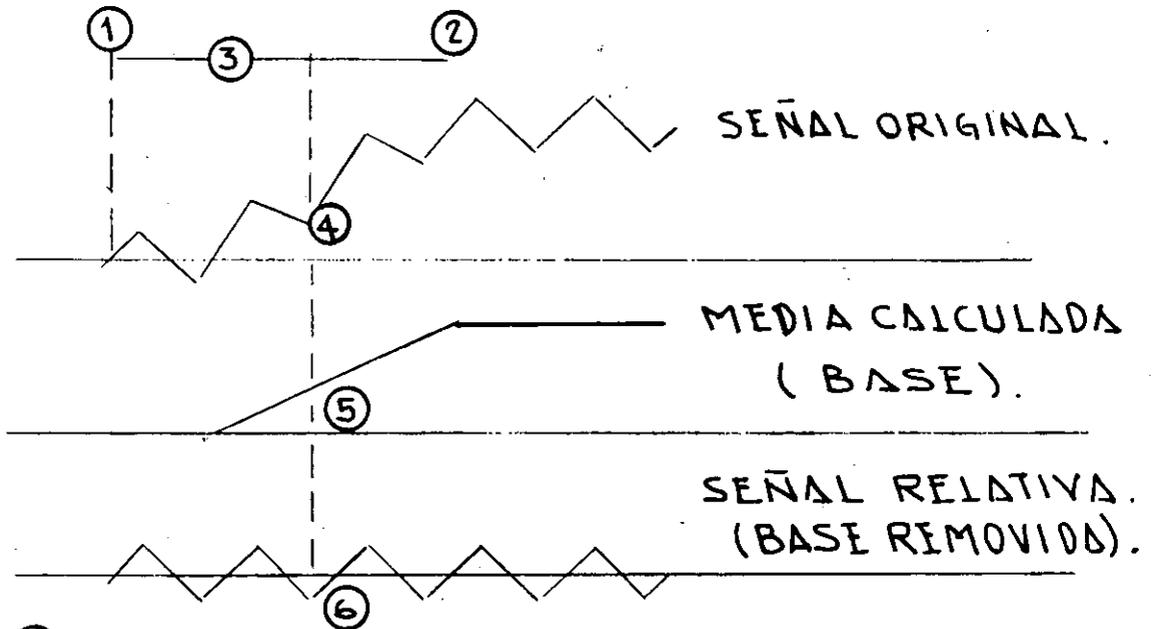


FIG. 7.

FIGURA N° 8.

PARAMETROS GEOMETRICOS-MEDICION DEL ALABEO.



- ① VALOR ULTIMO EN LA SUMA DE MEDIAS.
- ② VALOR NUEVO EN LA SUMA DE MEDIAS.
- ③ LONGITUD DE SUMA (40 M. 156 PIES).
- ④ VALOR PUNTO MEDIO.
- ⑤ $MEDIA = \frac{SUMA}{LONG.}$ ① EXCLUS. ② INCLUS.
- ⑥ VALOR RELATIVO = ④ - ⑤

METODO DE CALCULO RELATIVO.

FIGURA N° 9.
RESUMEN DEL METODO DE REPORTE.

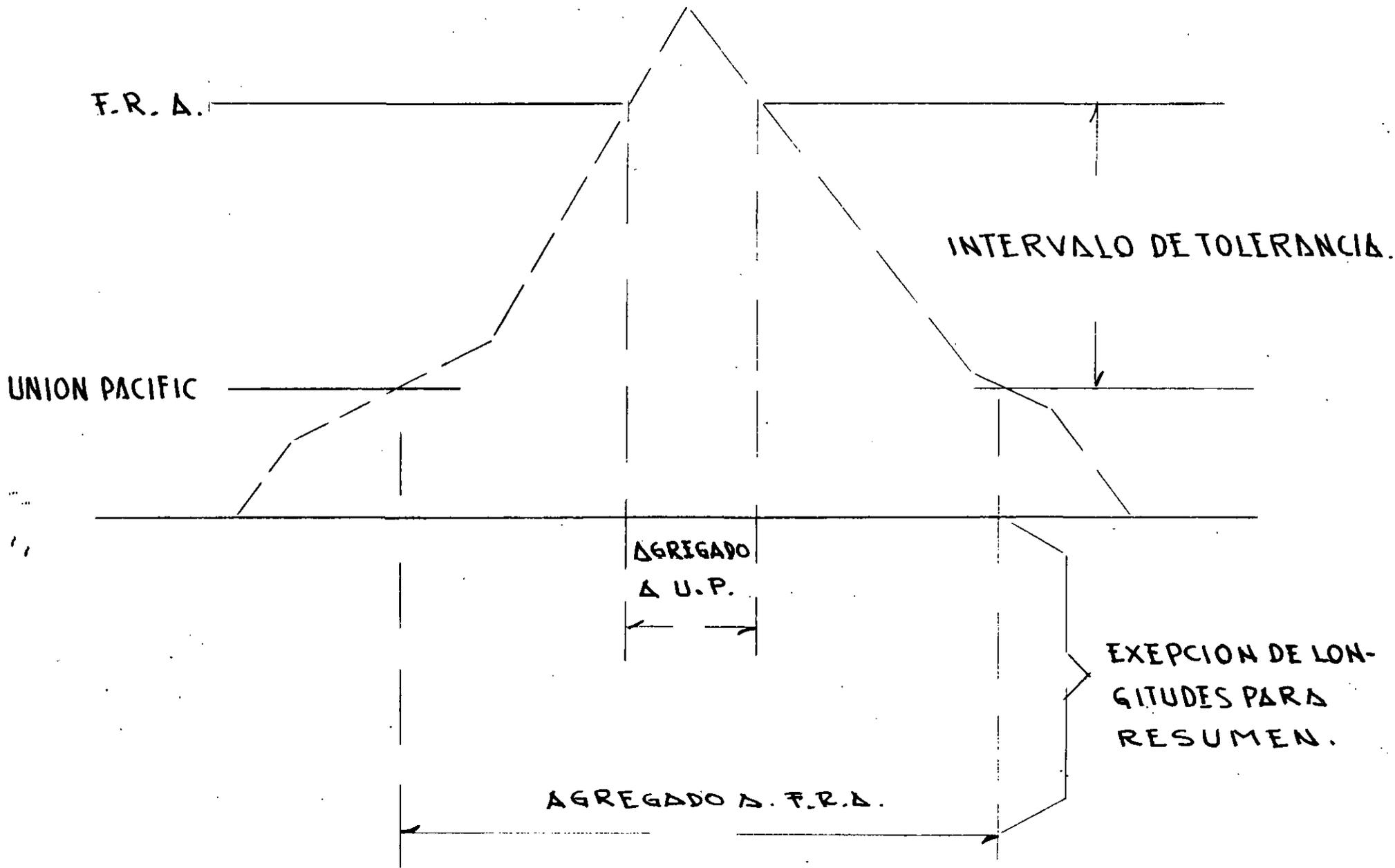
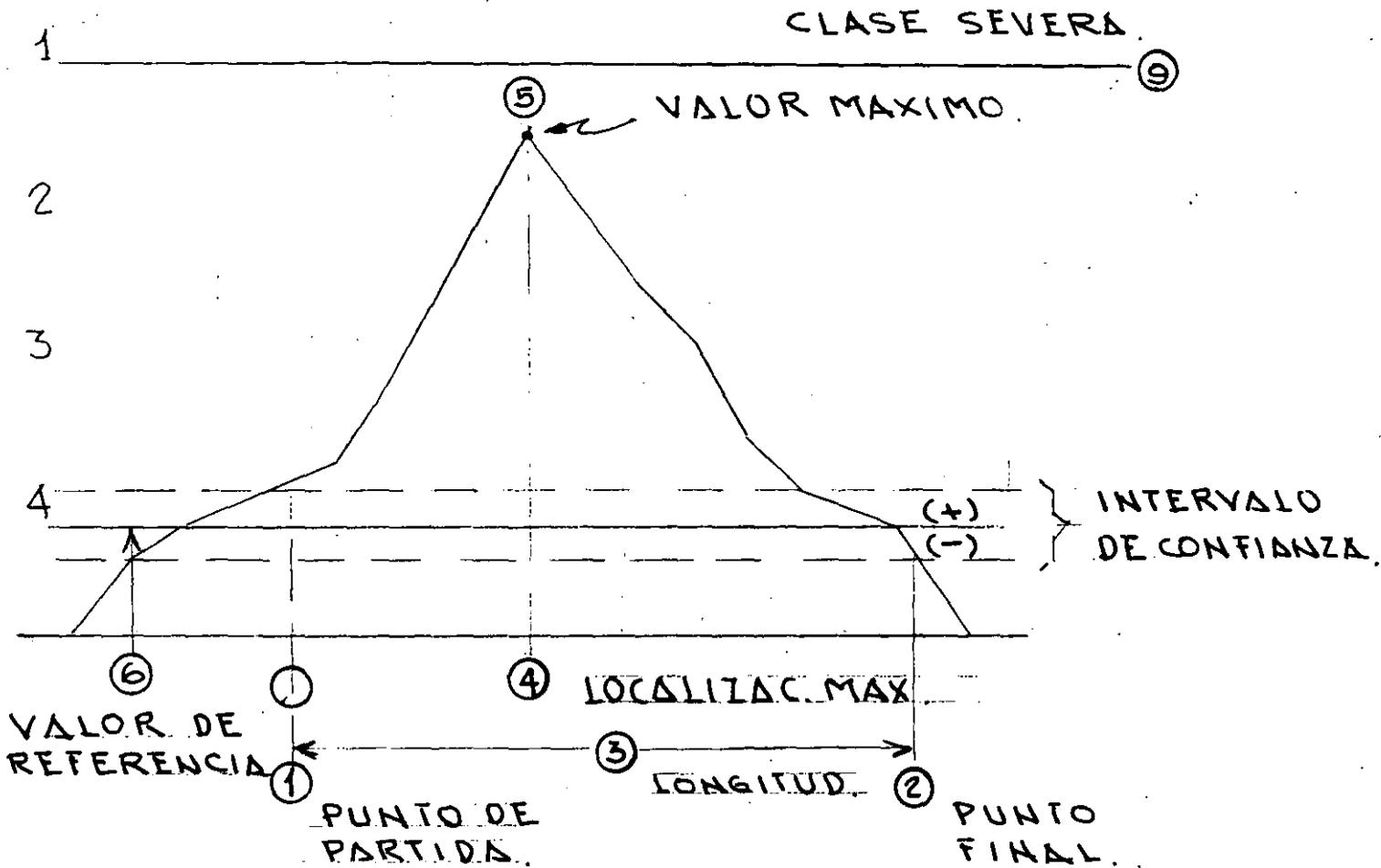
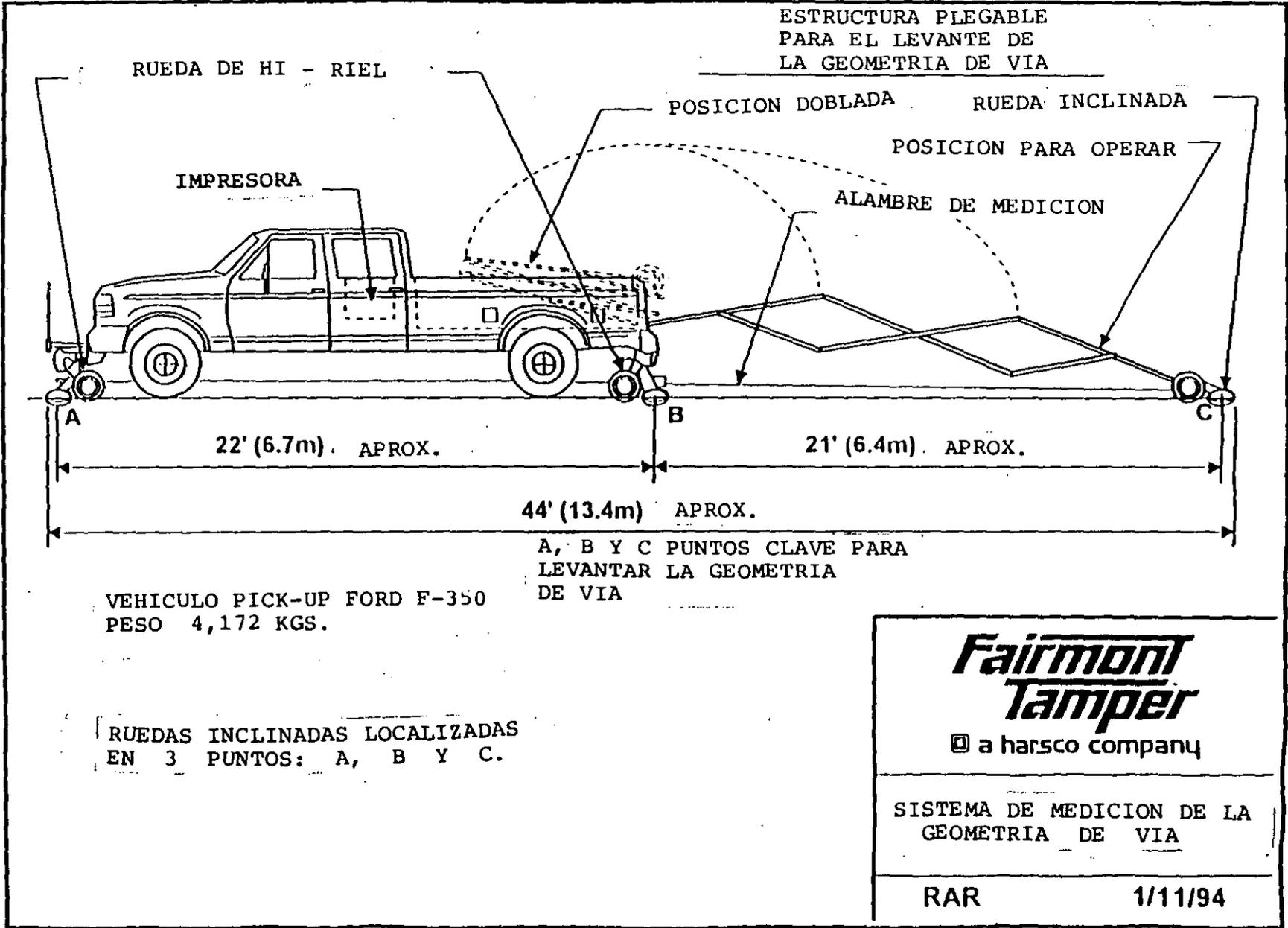


FIGURA N° 10



XLV	7+2839	7+2864	25	-1 5/8"	2851	+1 1/4"	4	4	3	2
PRL	7+4213	7+4243	30	-2 7/8"	4227	+2	4	2	1	1
	①	②	③	⑤	④	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

EXCEPCION ESTANDAR (DETALLADA).



ESTRUCTURA PLEGABLE
 PARA EL LEVANTE DE
 LA GEOMETRIA DE VIA

RUEDA DE HI - RIEL

POSICION DOBLADA

RUEDA INCLINADA

IMPRESORA

POSICION PARA OPERAR

ALAMBRE DE MEDICION

A

22' (6.7m) . APROX.

B

21' (6.4m) . APROX.

C

44' (13.4m) APROX.

A, B Y C PUNTOS CLAVE PARA
 LEVANTAR LA GEOMETRIA
 DE VIA

VEHICULO PICK-UP FORD F-350
 PESO 4,172 KGS.

RUEDAS INCLINADAS LOCALIZADAS
 EN 3 PUNTOS: A, B Y C.

**Fairmont
 Tamper**

© a harsco company

SISTEMA DE MEDICION DE LA
 GEOMETRIA DE VIA

RAR

1/11/94



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

C U R S O S A B I E R T O S

SUPERVISION DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO Y RECONSTRUCCION
DE LA INFRAESTRUCTURA
FERROVIARIA

COMISION DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE



LEGISLATIVO FEDERAL
CÁMARA DE DIPUTADOS

Comisión de Comunicaciones y Transportes

DICTAMEN CON PROYECTO DE DECRETO DE LA LEY REGLAMENTARIA DEL SERVICIO FERROVIARIO.

HONORABLE ASAMBLEA:

A esta Comisión de Comunicaciones y Transportes, le fue turnada para su estudio y dictamen, la minuta con Proyecto de Decreto de Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario, aprobada por la Cámara de Senadores el 24 de abril de este año.

Esta Comisión, de acuerdo con las facultades que le confieren los artículos 42, 43, fracción II, 48, 56 y demás relativos de la Ley Orgánica del Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos y los artículos 65, 87, 88, y demás aplicables del Reglamento para el Gobierno Interior del Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, se permite someter a la consideración de esta Soberanía el presente dictamen, de acuerdo con los siguientes antecedentes:

I. ANTECEDENTES

1. Conforme a lo dispuesto en los Artículos 73, fracciones XVII, XXIX-E, XXIX-F; 25; 27; 28; y, 123, apartado "A", fracción XXXI, inciso 18 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el Poder Legislativo tiene facultades para legislar en materia de vías generales de comunicación e inversión extranjera, estando contemplados los criterios para tal efecto en las diversas disposiciones citadas, sobre las siguientes materias: soberanía nacional, rectoría del Estado, y otorgamiento de concesiones para el uso y aprovechamiento de bienes del dominio público y la prestación de servicios públicos.
2. En este marco, con fecha 9 de enero de 1995, el C. Presidente de la República, en uso de las facultades que le confiere el artículo 89, fracción XI, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, remitió a la Comisión Permanente la solicitud para convocar a un Periodo Extraordinario de Sesiones del H. Congreso de la Unión para conocer, entre otros asuntos, de la "Iniciativa de reformas al párrafo cuarto del artículo 28 constitucional en materia de ferrocarriles y comunicaciones vía satélite". La Comisión Permanente, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 67, 79 fracción IV, 89 fracción XI de la



LEGISLATIVO FEDERAL
CÁMARA DE DIPUTADOS

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 4o, 5o, 24, 69 de la Ley Orgánica y 27, 28 y 35 del Reglamento para el Gobierno Interior, ambos ordenamientos del Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, aprobó el decreto por el que se convocó a un periodo de sesiones extraordinarias y que estableció como fecha de apertura el 17 de enero de 1995.

3. La colegisladora en sesión celebrada el día 26 de enero de este año, aprobó la reforma al cuarto párrafo del artículo 28 constitucional, mismo que incluyó modificaciones propuestas en sesión conferencia, por los señores Senadores y Diputados.
4. En la minuta del Senado se establece que en el dictamen respectivo se destacó que "el otorgamiento de concesiones o permisos no implica en manera alguna una enajenación de las vías generales de comunicación, ya que éstas son en todo momento patrimonio nacional. Tal es el caso de las vías férreas, las frecuencias y las posiciones orbitales, siendo la concesión un régimen jurídico de servicio público que permite su plena explotación por un periodo determinado, sin afectar la integridad de los derechos soberanos y la rectoría del Estado."
5. Las Comisiones dictaminadoras de ambas Cámaras estimaron necesario incluir en el artículo 28 constitucional una referencia expresa a que el dominio de las vías de comunicación ferroviarias corresponde a la Nación y la vigencia del régimen de concesión en relación con vías de comunicación, en tanto que servicios conexos o de apoyo pueden, ser objeto de permisos. Pero la principal preocupación de las Comisiones fue garantizar explícitamente que la reforma constitucional no pudiera interpretarse en el sentido de permitir la transmisión de la propiedad de vías de comunicación a los particulares, ya que éstos sólo podrán operar por medio de concesión cuando se trate de la explotación directa de las mismas.
6. De esa manera se aseguró que las vías férreas existentes se mantendrán dentro del dominio de la Federación, y las que se establezcan o construyan por parte de los concesionarios se incorporarán de inmediato al patrimonio inmobiliario federal, independientemente de los plazos y condiciones de las concesiones del servicio público ferroviario.
7. Otro compromiso adquirido mediante la aprobación del dictamen sobre la reforma al artículo 28 constitucional, según lo establece la minuta de la Colegisladora, fue que el Estado y en su caso, los concesionarios, garantizarían que los servicios públicos de comunicación ferroviaria apoyen a los centros de población que por su dispersión y



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

características, requieran de manera indispensable de este servicio, independientemente de la rentabilidad del mismo.

8. Resaltó también el texto del dictamen, y así lo consigna la minuta del Senado, la necesidad de proceder cuanto antes a la elaboración de un marco normativo que rija el servicio ferroviario, mismo que deberá regularse en la ley reglamentaria que se expida con fundamento en la modificación propuesta en esa fecha al párrafo cuarto del artículo 28 constitucional.
9. Con base en los ordenamientos ya mencionados, el pasado 20 de abril el Ejecutivo remitió a la H. Cámara de Senadores como Cámara de origen, la Iniciativa de Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario.
10. La Colegisladora en sesión celebrada el 24 de abril aprobó dicha iniciativa realizando diversos cambios de fondo a la propuesta del Ejecutivo.
11. Los C.C. Secretarios de esta Cámara de Diputados dieron cuenta, al pleno, de la minuta con proyecto de decreto aprobado por la Cámara de Senadores en sesión celebrada el pasado 24 de abril del presente año; hecho lo cual, el Presidente de la Mesa Directiva acordó turnar la minuta en cuestión a esta Comisión de Comunicaciones y Transportes, la que sesionó el 25 y 27 de los corrientes, a efecto de conocer, discutir y dictaminar sobre la minuta en estudio.
12. Resulta de particular importancia señalar, que esta Comisión a partir de la aprobación al párrafo cuarto del Artículo 28 Constitucional, ha mantenido un trabajo permanente participando en la discusión y análisis de los anteproyectos de la iniciativa de Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario.
13. Se llevaron a cabo 3 reuniones plenas y un importante número de consultas informales, con el sector ferroviario a lo largo de los meses de febrero a abril y en ellas se realizaron sugerencias y recomendaciones que se detallan en el apartado respectivo del presente Dictamen. En dichas reuniones se contó con una asistencia promedio de más de 20 Ciudadanos Diputados de las distintas fracciones parlamentarias.
14. Asimismo, el pasado 21 de abril se llevó a cabo una reunión conferencia entre las Comisiones Unidas de Comunicaciones y Transportes y Estudios Legislativos, Tercera Sesión de la Cámara de Senadores y la Comisión de Comunicaciones y Transportes de esta



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

Cámara, de la que se desprendieron propuestas concretas que fueron incluidas por la Colegisladora en la iniciativa que se dictamina.

De acuerdo con los antecedentes expresados, esta Comisión de Comunicaciones y Transportes se permite presentar las siguientes:

IL CONSIDERACIONES

La reforma estructural en el sector comunicaciones y transportes responde a una estrategia que parte del reconocimiento de que la inversión en infraestructura básica, su fortalecimiento y ampliación, son elementos determinantes en la velocidad del cambio estructural que se debe seguir promoviendo en todos los órdenes de la actividad económica y social.

La calidad de la infraestructura es un indicador crítico para medir la vitalidad de una nación: mejor transporte y mejores comunicaciones son elementos básicos de una economía productiva. Su ausencia o fallas significan obstáculos para el crecimiento y la competitividad.

Así por ejemplo, mejor infraestructura en comunicaciones y transportes significa mayor comercio, más capacidad de insertarse en la globalización y mejores oportunidades de incrementar la calidad y eficiencia.

Se busca alentar una estrategia de inversión en infraestructura básica que promueva la complementación de los recursos de inversión pública con la participación privada en renglones económicos prioritarios, tales como infraestructura carretera, puertos, aeropuertos y ferrocarriles, mismos que inciden particularmente en el crecimiento de la actividad económica. El contar con la infraestructura necesaria, permite incrementar la tasa de retorno de la economía en su conjunto.

La infraestructura así edificada constituye un activo valioso al que se puede revalorizar aún más. Al concesionarla o darla en explotación, dentro del marco previsto por nuestro régimen jurídico, el Gobierno Federal obtiene en el presente los recursos que, de otra manera, recibiría en el transcurso del tiempo, pudiendo destinar desde ahora esos flujos hacia la ampliación de infraestructura o bien le permite liberar recursos para apuntalar el desarrollo social.

EN LA MATERIA DE FERROCARRILES

NO SE DEBE OLVIDAR QUE EL OBJETIVO ES LLEGAR TARDE A LA ESTACION DEL DESARROLLO



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

En este marco, los criterios fundamentales que deben orientar la acción de la autoridad en materia de la política de inversiones con la participación de recursos públicos y privados son: no afectar los presupuestos de las dependencias o entidades gubernamentales; no incrementar la deuda pública; y considerar la viabilidad y rentabilidad de los proyectos, para que funcionen también como unidades económicas generadoras de recursos que permitan recuperar la inversión.

No obstante, el principal reto no es la carencia de capacidad ingenieril o de ejecución de proyectos concretos, sino en resolver de fondo el problema del financiamiento. En efecto, la competencia por recursos con otros sectores en los mercados financieros nacionales e internacionales, obliga a plantear esquemas imaginativos, viables y rentables, para financiar el desarrollo de la infraestructura.

Los retos inmediatos en el sector comunicaciones y transportes, van en el sentido de fortalecer su función de autoridad y sus tareas normativas y de regulación y, al mismo tiempo, su papel promotor para impulsar la concurrencia de crecientes inversiones privadas.

Así por ejemplo, culminar y consolidar una política de puertos donde la participación privada vaya en aumento, aunado al diseño e instrumentación de una política integral de ferrocarriles y transporte multimodal, son asignaturas que merecen la mayor atención en lo inmediato.

Un marco regulatorio más acorde a los retos que enfrenta la consolidación y ampliación de la infraestructura del país, para que ésta permita mayores niveles de competitividad y de diversificación de la planta productiva. Se precisa seguir avanzando para, por un lado, fortalecer lo ya hecho, pero por el otro, establecer reglas de juego más claras en aquellos rubros que aún no muestran avances satisfactorios.

En materia de ferrocarriles se tiene que reconocer que la competencia por recursos, en virtud del costo, la ha ganado el autotransporte. En los últimos años, México ha construido un importante número de carreteras y caminos alimentadores, que han desplazado al ferrocarril en el transporte tanto de carga como de pasajeros. Se precisa si no revertir la tendencia, si que el ferrocarril tome el lugar que le corresponde a través de la participación de la iniciativa privada y social, a este sector.

En este contexto, la importancia del ferrocarril se deriva de que:

- Actualmente es el transporte más eficiente para cargas masivas y en distancias largas.
- Es un transporte seguro y no contaminante.
- Se constituye como un eslabón fundamental en la cadena del transporte multimodal.
- Es un detonante del desarrollo regional y social.
- A nivel internacional la actividad ferroviaria toma un nuevo auge.

Cabe señalar de que el transporte ferroviario en México enfrenta actualmente una baja competitividad y productividad, que ha provocado una reducción importante en la demanda y consecuentemente en los ingresos de la actividad. Esto se ha traducido en el deterioro de la situación financiera de Ferrocarriles Nacionales de México y en restricciones presupuestales para inversiones en infraestructura y equipo, así como en un rezago importante en el mantenimiento de vías y señalización insuficiente.

El diagnóstico que sintetiza la problemática de la actividad ferroviaria en México, tiene las características que a continuación se señalan:

Rezago de mantenimiento de vías

- El 50% de las vías se encuentra en condiciones para una operación adecuada, y el resto en condiciones que no son las óptimas para aprovechar el gran potencial de este modo de transporte.

Señalización

- Sólo una porción limitada de la vía cuenta con señalización moderna y eficiente.

Infraestructura y equipo

- Puentes y alcantarillas con baja disponibilidad de carga.



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

- No se cuenta con una disponibilidad adecuada de locomotoras y carros.

Financiamiento

- Existe astringencia de recursos públicos para impulsar el desarrollo del sector, lo que aunado a los altos costos de operación ha ocasionado rezagos en inversiones, mantenimiento y en la operación.

Operación

- La velocidad promedio del equipo ferroviario es de 25 km. por hora.
- Sólo se transporta por este medio la quinta parte del total de la carga transportada en el país y ésta permanece el 75 por ciento del tiempo en patios.
- La falta de una adecuada programación de trenes obstaculiza la velocidad de operación del sistema.

Comercialización

- Falta de una orientación comercial adecuada que atienda a criterios de competencia con base en tarifas que reflejen la situación del mercado, que le permitan competir con otros modos de transporte.

Todo lo antes expuesto se refleja en un hecho concreto, el sistema ferroviario del país presenta un rezago importante que se manifiesta en que no existen los elementos que permitan considerarlo como un servicio confiable. Para avanzar en la solución de esta problemática, la iniciativa que se dictamina es un paso sustancial que permite contar con un marco legal acorde para ordenar de inmediato las actividades del sector, y al mismo tiempo, sentar las bases para un sólido desarrollo en el mediano y largo plazos.

EL CONTENIDO DE LA INICIATIVA

La iniciativa de ley se caracteriza por utilizar un esquema general, en el que los aspectos técnicos y procedimentales se regularán a través de disposiciones reglamentarias y administrativas. Los contenidos fundamentales son los siguientes:

Capítulo I, Disposiciones generales:

- El objeto de la ley será regular la construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento de las vías férreas, los servicios públicos de transporte ferroviario y los servicios auxiliares.
- El Estado mantendrá en todo momento el dominio sobre las vías generales de comunicación ferroviaria, actuales y futuras.
- El Estado será el rector del desarrollo del servicio ferroviario, protegiendo la soberanía y seguridad de la Nación y promoviendo la libre competencia entre los distintos modos de transporte.

Capítulo II, De las concesiones y permisos:

- Los particulares podrán participar en la prestación del servicio ferroviario mediante concesión del derecho de vía, las vías, los centros de control de tráfico, los patios y las señales para operación y la prestación del servicio público de transporte; o permisos, de construcción de accesos, terminales, cruzamientos y puentes, según sea el caso. El Gobierno Federal podrá recibir una contraprestación por el otorgamiento de concesiones y permisos.
- Las concesiones se otorgarán mediante licitación pública y su plazo puede ser hasta de 50 años, y se podrán otorgar prórrogas hasta por otros 50 años.
- Las concesiones podrán otorgarse a personas morales mexicanas, en las que se permitirá la participación de la inversión extranjera, la cual no podrá exceder del 49 por ciento, salvo autorización expresa de la Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras. Tratándose de permisos, éstos podrán asignarse a personas físicas y morales.
- Se podrán asignar directamente las concesiones a estados y municipios así como a entidades paraestatales.



- El servicios público de transporte ferroviario y los servicios auxiliares se prestarán a todos los usuarios o solicitantes de manera permanente y en condiciones de igualdad.
- Los concesionarios celebrarán convenios entre sí para permitir en los puntos de interconexión, la circulación de sus equipos; así como derechos de paso y derechos de arrastre; en caso de controversia, la Secretaría resolverá lo conducente.
- Los concesionarios, previa autorización de la Secretaría, podrán constituir gravámenes sobre los derechos derivados de la concesión.
- Al vencimiento de la concesión, los objetos de la misma, revertirán a la Nación en buen estado operativo, sin costo alguno y libres de todo gravamen.

Capítulo III, De la construcción, conservación, mantenimiento y operación de las vías férreas:

- Es de utilidad pública la construcción, conservación y mantenimiento de las vías férreas y para tal fin la Secretaría por sí, o a petición y por cuenta de los interesados efectuará la compraventa o promoverá la expropiación de terrenos, construcciones y bancos de material necesarios. Los terrenos y aguas nacionales podrán ser utilizados para igual fin.
- Los centros de control de tráfico, deberán establecerse dentro del territorio nacional.
- Se requiere autorización para la instalación de obras en la vías de comunicación ferroviaria, (fibra óptica, ductos, etc.); para lo cual la Secretaría podrá obtener una contraprestación, diferente a la concesión de la vía férrea.
- Si el concesionario no mantiene las vías de comunicación en buen estado operativo, el Gobierno Federal podrá nombrar un verificador especial, por el tiempo que resulte necesario para corregir las irregularidades de que se trate.

Capítulo IV, Del servicio público de transporte ferroviario:

- El servicio público de transporte ferroviario podrá ser de pasajeros y de carga

- Los concesionarios que presten el servicio público de transporte ferroviario deberán contar con el equipo y personal adecuados para garantizar la seguridad, eficiencia, rapidez y funcionalidad del servicio.
- Se regulará especialmente el transporte de materiales y residuos peligrosos.

Capítulo V, De los servicios auxiliares:

- Se requiere de permiso para la prestación de los servicios auxiliares al servicio ferroviario tales como terminales, talleres de mantenimiento, transbordo y transvases de líquidos y centros de abasto para la operación de los equipos.
- Los permisionarios deberán contar con la infraestructura y equipo que se requiera para prestar los servicios con seguridad y eficiencia.
- Asimismo, deberán capacitar y adiestrar a la tripulación del servicio de transporte ferroviario.

Capítulo VI, De las tarifas:

- Las tarifas podrán fijarlas libremente los concesionarios y permisionarios. Sin embargo, cuando se den prácticas que disminuyan, dañen o impidan la competencia la Secretaría, con la opinión de la Comisión Federal de Competencia, podrá establecer bases de regulación tarifaria.

Capítulo VII, Del transporte ferroviario internacional:

- Los equipos ferroviarios extranjeros que se internen en el territorio nacional deberán cumplir con los requisitos de seguridad establecidos en esta Ley.

Capítulo VIII, De las responsabilidades:

- Es obligación de los concesionarios de transporte ferroviario de personas o de carga, responder por los daños y pérdidas que se puedan ocasionar a los pasajeros y su equipaje, a los bienes y productos que transporten, daños a terceros en su persona y sus bienes, y a las vías generales de comunicación.



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

Capítulo IX, De la requisita:

- En caso de desastre natural, de guerra, grave alteración del orden público, o bien cuando se tema algún peligro inminente para la seguridad nacional, el Gobierno Federal podrá, de manera temporal, hacer la requisita de las vías generales de comunicación ferroviaria, de sus servicios auxiliares, accesorios y en general, de todo lo que juzgue conveniente, para salvaguardar la seguridad nacional. En este supuesto, el Estado indemnizará a los afectados pagando los daños y perjuicios a su valor real.

Capítulo X, De la verificación:

- La Secretaría tendrá a su cargo la verificación para garantizar el pleno cumplimiento de esta Ley y demás disposiciones aplicables. Dicha verificación deberá llevarse a cabo en términos de la ley, y en lo no previsto, de conformidad con lo establecido en la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.

Capítulo XI, De las sanciones y recursos:

- Se conceden facultades a la Secretaría para imponer sanciones en caso de incumplimiento de la Ley y demás disposiciones aplicables.
- Se establecen sanciones por la invasión o uso indebido del derecho de vía, pudiendo la Secretaría solicitar a la autoridad competente el desalojo de los invasores.

Artículos Transitorios:

- Ferrocarriles Nacionales de México continuará operando la totalidad de las vías férreas que hoy maneja, al amparo de su Ley Orgánica, hasta que la Secretaría, en términos de la propia Ley cuya iniciativa se comenta, proceda al otorgamiento de concesiones y permisos a particulares, en el entendido de que en la operación y en la prestación de los servicios, le será aplicable lo dispuesto en esta Ley.
- Los derechos de los trabajadores de activos, jubilados y pensionados de Ferrocarriles Nacionales México, no serán afectados con motivo de la presente Ley, los que serán resueltos conforme a las disposiciones legales aplicables.

IV. ADICIONES Y MODIFICACIONES SUGERIDAS A LA INICIATIVA A LO LARGO DEL PROCESO DE DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

Como se ha señalado, la elaboración de la iniciativa que se dictamina, contó con amplio periodo de discusión y análisis de los anteproyectos respectivos. Esta dictaminadora ha considerado necesario hacer del conocimiento del pleno las distintas recomendaciones que se realizaron por parte de sus integrantes a lo largo de los trabajos en torno a esta iniciativa.

Las distintas fracciones parlamentarias coincidieron en que el mecanismo establecido para la discusión y análisis de esta iniciativa, ha sido el adecuado y permite fortalecer las relaciones entre los poderes de la Unión.

A continuación se reseñan las aportaciones que los Ciudadanos Senadores y Diputados realizaron a los distintos documentos de trabajo que fueron estudiados:

1. Se modificó el plazo establecido por el artículo 11, para la duración de las concesiones, habiendo sido originalmente en el anteproyecto de 70 años, y por petición de los miembros de la Comisión de Comunicaciones y Transportes, fue disminuido a 50 años, criterio establecido por el artículo vigésimo de la Ley General de Bienes Nacionales.
2. Se eliminó de una serie de disposiciones de los anteproyectos la mención a plazos indefinidos para la determinación de una situación jurídica concreta, con lo que se suprimió una posible fuente de conflictos jurisdiccionales y se redujo la esfera discrecional de la autoridad, delimitando los periodos temporales de manera específica.
3. Se revisaron las multas fijadas sobre las infracciones, ajustándose al perjuicio ocasionado por el incumplimiento o falla que generó su imposición.
4. Se reiteró la necesidad de incluir en la Ley un artículo transitorio que, a fin de no dejar lugar a confusiones, asegurara el respeto a los derechos adquiridos por los trabajadores, pensionados y jubilados de Ferrocarriles Nacionales de México.
5. Asimismo se reiteró la necesidad de que la ley contemplara explícitamente la garantía de la libre competencia, a fin de que no se constituyeran monopolios o se permitieran en el sistema de transporte prácticas monopólicas.



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

6. Se incluyó la exigencia de no dejar sin servicio ferroviario a las comunidades a las que sólo se pueda acceder por medio de esta prestación.
7. Se revisaron y ajustaron los procesos de licitación pública, para afirmar las funciones de la autoridad y los derechos de los particulares.
8. Se revisaron y fueron ajustadas las condiciones para la prestación del servicio público ferroviario, privilegiando la satisfacción y seguridad del usuario.
9. Se revisaron las características que deberá tomar en cuenta la autoridad para el otorgamiento de la prórroga de concesiones y permisos, habiéndose recomendado la verificación sistemática de los indicadores de eficiencia y seguridad de los servicios y la verificación del cumplimiento de la normatividad aplicable, lo que incluye a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que habrá de expedirse en materia ferroviaria en términos de la Ley Federal de Metrología y Normalización.
10. Se estableció la necesidad de que el marco normativo recogiera la necesaria coordinación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes con la autoridad municipal correspondiente, respecto de la necesidad de que los predios colindantes a las vías férreas se cerquen o delimiten, así como en toda obra de infraestructura ferroviaria se respete la legislación en materia de desarrollo urbano y protección ambiental.
11. Se enunció el requerimiento de que se promueva la atención preferente y adecuada en el servicio ferroviario para las personas con discapacidad, de edad avanzada, pensionados y jubilados.
12. Se planteó la necesidad de que en la contratación, conservación y mantenimiento de las vías férreas, como condicionante del contrato de concesión, debe ser obligación del concesionario la ejecución de las obras enunciadas, atento a los planes y programas de desarrollo de los estados y municipios de que se traten.
13. Se propuso que en lo que hace a los servicios auxiliares, a pesar de la obligación que tengan los concesionarios o permisionarios de contar con los elementos técnicos necesarios para que por sí, realicen la verificación físico-mecánica de su equipo ferroviario, la Secretaría, debe continuar con la verificación del estado del equipo ferroviario -con cargo al concesionario o permisionario- que garantice la prestación óptima del servicio, como parte de la administración y operación del sistema ferroviario mexicano.
14. Se dijo que sería sano tomar en cuenta de inicio, la opinión de la Comisión Federal de Competencia, para que en base a la experiencia del sector, se establezcan las mínimas y máximas tarifarias.
15. Se propuso que la contratación con terceros por parte de las concesiones, sea bajo vigilancia y condiciones que establezca la Secretaría la que debe ser notificada en forma preliminar de aquellas actividades cuya ejecución pretendan contratar con terceros.
16. Se recomendó que la operación sólo podría ser llevada a cabo por los concesionarios.
17. Se incluyó la recomendación de que los concesionarios deberán proporcionar un seguro que ampare los daños que pudieren ocasionarse a la carga o bienes transportados.
18. Se propuso establecer que la Secretaría cumpliría con las funciones que tiene asignadas en esta Ley con base al Plan Nacional de Desarrollo, y a los planes sectoriales respectivos.
19. Se solicitó que se precisara de manera más clara la facultad reguladora de la Secretaría.
20. Se propuso un cambio en el orden de los ordenamientos supletorios a la Ley o Tratados Internacionales, a fin de que en tercer término se aplique la Ley Federal de Procedimiento Administrativo.
21. Se propuso que se precisará el plazo para expedir la convocatoria para el otorgamiento de concesiones.
22. Se sugirió que se tomara en cuenta la capacidad jurídica entre los requisitos para el otorgamiento de concesiones.
23. Se propuso que la prestación del servicio público se apegue a los principios de regularidad, permanencia, uniformidad, obligatoriedad y generalidad.



LEGISLATIVO FEDERAL
CÁMARA DE DIPUTADOS



LEGISLATIVO FEDERAL
CÁMARA DE DIPUTADOS

24. Se sugirió que la licencia estuviera siempre vigente para el servicio de transporte, así como la obligatoriedad de realizar los exámenes médicos correspondientes.

En síntesis, la Ley que se dictamina parte de un intenso proceso de discusión, análisis y concertación; precisa las funciones de la autoridad y promueve de manera fundamental la inversión en los servicios ferroviarios. Asimismo, atiende la seguridad de los usuarios y protege de manera decidida los derechos de los trabajadores. En suma es una Ley sin duda perfectible, pero que llena un espacio importante en este sector. Este nuevo marco regulatorio permite contar con reglas claras para todos los actores involucrados en esta actividad. Por ello, la Comisión que dictamina, estima que las condiciones actuales del país y la necesidad de contar con una infraestructura sólida y moderna en materia de comunicaciones y transportes, justifica la aprobación de este nuevo marco legal.

No obstante, y con el fin de contribuir al cumplimiento de los objetivos estipulados en la misma Ley, esta Comisión Dictaminadora considera indispensable formular las siguientes:

RECOMENDACIONES

PRIMERA. La Cámara de Diputados a través de la Contaduría Mayor de Hacienda, en términos de los artículos 74, fracción IV de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 10, fracción III de la Ley Orgánica de dicha Contaduría, y demás disposiciones aplicables, deberá revisar las concesiones y permisos que otorgue y asigne la autoridad ferroviaria.

SEGUNDA. Los proyectos estratégicos, entendidos como aquellos que comprometen en el largo plazo el desarrollo de los servicios ferroviarios, como pudieran ser, en su caso, los servicios que se llegasen a prestar en el Istmo de Tehuantepec o en la Península de Baja California, deberán de ser evaluados no sólo en cuanto a su factibilidad técnica o económica, sino también atendiendo a criterios que garanticen la rectoría del Estado y la soberanía de la Nación sobre esta actividad prioritaria. En el caso de la inversión extranjera, se deberá revisar los términos de su participación a la luz de lo establecido en los ordenamientos en la materia.

TERCERA. Reafirmado lo que dispone el Transitorio Quinto de la Ley, esta Cámara de Diputados, a través de sus Comisiones correspondientes, deberá estar atenta al cumplimiento de las disposiciones constitucionales y legales en materia laboral.

CUARTA. El sector social, de conformidad con los ordenamientos vigentes, podrá participar en las licitaciones de los servicios ferroviarios en los términos contenidos en esta Ley.

Con base en lo anterior y

CONSIDERANDO

PRIMERO. Que los servicios ferroviarios son componentes estratégicos para el desarrollo eficiente y competitivo de la infraestructura de comunicaciones y transportes de México.

SEGUNDO. Que la Ley que se dictamina es resultado de un intenso proceso de discusión y análisis entre los involucrados en el sector.

TERCERO. Que la economía nacional precisa de una infraestructura adecuada que se adelante a la demanda y sea el detonante de un crecimiento sano y sustentable.

CUARTO. Que el nuevo marco regulatorio permitirá liberar recursos públicos para atender otras prioridades del desarrollo nacional.

QUINTO. Que el Estado mantiene y garantiza su rectoría en la materia y cuenta a través de este ordenamiento, con los instrumentos adecuados para planear y regular esta actividad.

Por todo lo antes expuesto y con base en la Minuta enviada por el Senado y en el análisis que esta Comisión ha realizado de la iniciativa remitida por el Ejecutivo Federal, nos permitimos someter a la consideración del pleno de la H. Cámara de Diputados el siguiente proyecto de:

LEY REGLAMENTARIA DEL SERVICIO FERROVIARIO



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

Capítulo I
Disposiciones generales

Artículo 1. La presente Ley es de orden público y de observancia en todo el territorio nacional, y tiene por objeto regular la construcción, operación, explotación, conservación y mantenimiento de las vías férreas cuando sean vías generales de comunicación, así como el servicio público de transporte ferroviario que en ellas opera y los servicios auxiliares.

El servicio ferroviario es una actividad económica prioritaria y corresponde al Estado ser rector de su desarrollo. Al ejercer sus funciones de rectoría, el Estado protegerá en todo momento la seguridad y la soberanía de la Nación y promoverá el desarrollo del servicio ferroviario en condiciones que garanticen la libre competencia entre los diferentes modos de transporte.

Artículo 2. Para los efectos de esta Ley, se entenderá por:

I. Derecho de vía: la franja de terreno que se requiere para la construcción, conservación, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de una vía general de comunicación ferroviaria, cuyas dimensiones y características fije la Secretaría de Comunicaciones y Transportes;

II. Equipo ferroviario: los vehículos tractivos, de arrastre o de trabajo que circulan en las vías férreas.

III. Secretaría: la Secretaría de Comunicaciones y Transportes;

IV. Sistema ferroviario: las vías generales de comunicación ferroviaria, el servicio público de transporte ferroviario y los servicios auxiliares;

V. Servicio público de transporte ferroviario de carga: el que se presta en vías férreas destinado al porte de bienes, incluyendo el servicio de arrastre de vehículos de terceros;

VI. Servicio público de transporte ferroviario de pasajeros: el que se presta en vías férreas destinado al traslado de personas,;

VII. Terminal: tratándose del servicio público de transporte ferroviario de pasajeros, las instalaciones en donde se efectúa la salida y llegada de trenes para el ascenso y descenso de pasajeros y, tratándose del servicio público de transporte ferroviario de carga, en las que se realiza la recepción, almacenamiento, clasificación, consolidación y despacho de bienes, y

VIII. Vías férreas: los caminos con guías sobre los cuales transitan trenes, inclusive los que se encuentren en los patios que, a su vez, sean indispensables para la operación;

Artículo 3. Las vías férreas son vías generales de comunicación cuando:

I. Comuniquen entre sí a dos o más entidades federativas;

II. En todo o parte del trayecto, estén dentro de la zona fronteriza de cien kilómetros o en la faja de cincuenta kilómetros a lo largo de las costas, con excepción de las líneas urbanas que no crucen la línea divisoria con otro país y que no operen fuera de los límites de las poblaciones, y

III. Entronquen o conecten con alguna otra vía férrea de las enumeradas en este artículo, siempre que presten servicio al público. Se exceptúan las líneas urbanas que no crucen la línea divisoria con otro país.

Son parte integrante de la vía general de comunicación ferroviaria el derecho de vía, los centros de control de tráfico y las señales para la operación ferroviaria.

Artículo 4. Son de jurisdicción federal las vías generales de comunicación ferroviaria, el servicio público de transporte ferroviario que en ellas opera y sus servicios auxiliares.

Corresponderá a los tribunales federales conocer de las controversias que se susciten con motivo de la aplicación de esta Ley.



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

En todo caso, las autoridades que conozcan de las controversias proveerán lo necesario para que no se interrumpa la prestación del servicio público de transporte ferroviario.

Artículo 5. A falta de disposición expresa en esta Ley o en los tratados internacionales aplicables, se aplicarán:

- I. La Ley de Vías Generales de Comunicación;
- II. La Ley General de Bienes Nacionales;
- III. La Ley Federal de Procedimiento Administrativo, y
- IV. Los códigos de Comercio; Civil para el Distrito Federal en materia común, y para toda la República en materia federal; y Federal de Procedimientos Civiles.

Artículo 6. Corresponde a la Secretaría, en materia de servicio ferroviario, el ejercicio de las atribuciones siguientes:

- I. Planear, formular y conducir las políticas y programas, así como regular el desarrollo del sistema ferroviario, con base al Plan Nacional de Desarrollo, y a los planes sectoriales respectivos.
- II. Otorgar las concesiones y permisos a que se refiere esta Ley, verificar su cumplimiento y resolver sobre su modificación o terminación;
- III. Determinar las características y especificaciones técnicas de las vías férreas, del servicio público de transporte ferroviario y de sus servicios auxiliares, mediante la expedición de normas oficiales mexicanas;
- IV. Verificar que las vías férreas, los servicios públicos de transporte ferroviario y sus servicios auxiliares cumplan con las disposiciones aplicables;
- V. Establecer, en su caso, bases de regulación tarifaria;

VI. Aplicar las sanciones establecidas en esta Ley;

VII. Integrar el registro de las concesiones y permisos que se otorguen conforme a lo dispuesto en la presente Ley;

VIII. Interpretar esta Ley para efectos administrativos, y

IX. Las demás que señalen ésta y otras disposiciones legales aplicables.

Capítulo II
De las concesiones y permisos
Sección Primera
De las concesiones

Artículo 7. Se requiere de concesión para:

- I. Construir, operar y explotar vías férreas, que sean vía general de comunicación.

Los concesionarios podrán contratar con terceros, la construcción, la conservación y el mantenimiento de las vías férreas, pero, en todo momento, el concesionario será el único responsable ante el Gobierno Federal por las obligaciones establecidas a su cargo en la respectiva concesión, y

- II. Prestar el servicio público de transporte ferroviario.

Las concesiones de que trata el presente artículo podrán comprender los permisos para prestar servicios auxiliares, caso en el cual no será necesario obtener el permiso a que se refiere el artículo 15 de la presente Ley.

Artículo 8. Las vías generales de comunicación ferroviaria se mantendrán en todo momento dentro del dominio público de la Federación. Las vías férreas que se construyan al amparo



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

de un título de concesión, pasarán a formar parte del dominio público inmediatamente, con independencia de las condiciones y plazo de la concesión.

Artículo 9. Las concesiones a que se refiere este capítulo se otorgarán mediante licitación pública, conforme a lo siguiente:

I. La Secretaría, por sí o a petición del interesado, expedirá convocatoria pública para que se presenten proposiciones en presencia de los participantes.

Cuando exista petición del interesado, la Secretaría, en un plazo de 180 días naturales, expedirá la convocatoria; o señalará al propio interesado las razones de la improcedencia de su petición, en un plazo no mayor de 60 días naturales;

II. La convocatoria se publicará en el Diario Oficial de la Federación y en un periódico de la entidad o entidades federativas en donde se encuentren o se hayan de construir las vías férreas;

III. Las bases de la licitación incluirán, como mínimo:

- a) Las características, especificaciones y límites de la concesión;
- b) En su caso, las características técnicas de la vía férrea o el proyecto técnico, así como los requisitos de calidad de la construcción y operación;
- c) En su caso, las especificaciones y características del servicio público de transporte ferroviario objeto de la concesión;
- d) El plazo de la concesión, y
- e) Los criterios para el otorgamiento de la concesión, entre los cuales se considerarán, según sea el caso, las contraprestaciones ofrecidas al Estado por el otorgamiento de la concesión; la calidad del servicio que se propone; el programa y calendario de inversiones; los volúmenes de operación; las bases para determinar los precios y las tarifas para el usuario, y las demás condiciones que se consideren convenientes;



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

IV. Los interesados deberán demostrar su capacidad jurídica, técnica, administrativa y financiera, debiendo señalar en forma preliminar, aquellas actividades cuya ejecución pretendan contratar con terceros y cumplir con los demás requisitos que se establezcan,

Entre tales requisitos, los interesados deberán contar con opinión de la Comisión Federal de Competencia, respecto de su participación en la licitación de que se trate.

V. La Secretaría emitirá el fallo con base en el análisis comparativo de las proposiciones recibidas, el cual será dado a conocer a todos los participantes. La evaluación de las proposiciones se hará con base en los criterios contenidos en las bases a que se refiere el inciso e) de la fracción III anterior;

VI. La Secretaría, en su caso, otorgará la concesión dentro del plazo señalado en las bases correspondientes, y el título respectivo se publicará en el Diario Oficial de la Federación a costa del concesionario, y

VII. No se otorgará la concesión cuando las proposiciones presentadas no aseguren las mejores condiciones de eficiencia para la prestación del servicio ferroviario; o la proposición económica no sea satisfactoria a juicio de la Secretaría; o no cumplan con los requisitos de las bases de la licitación. En estos casos, se declarará desierta la licitación y podrá expedirse una nueva convocatoria.

Artículo 10. La Secretaría podrá otorgar asignaciones a los estados, municipios y entidades paraestatales de la Administración Pública Federal, sin sujetarse al procedimiento de licitación a que se refiere esta Ley.

Artículo 11. Las concesiones se otorgarán hasta por un plazo de 50 años, y podrán ser prorrogadas, en una o varias ocasiones, hasta por un plazo que en total no exceda de 50 años, siempre que el concesionario:

- I. Hubiera cumplido con las condiciones previstas en la concesión que se pretenda prorrogar;
- II. Lo solicite antes de que inicie la última décima parte del plazo de la concesión;
- III. Acepte las nuevas condiciones que establezca la Secretaría, y



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

IV. Hubiera realizado el mejoramiento de las instalaciones y la calidad de los servicios prestados durante la vigencia de la concesión, de acuerdo con las verificaciones sistemáticas practicadas conforme a los indicadores de eficiencia y seguridad que se determinen en los reglamentos respectivos y demás disposiciones aplicables.

Artículo 12. El título de concesión deberá contener, como mínimo, lo siguiente:

I. Nombre y domicilio del concesionario;

II. Objeto:

- a) La vía troncal, ruta o ramal a cubrir por la concesión;
- b) La descripción de los bienes, obras e instalaciones que, en su caso, se concesionan, así como los compromisos de conservación y mantenimiento de los mismos, y
- c) Las características y especificaciones del servicio público de transporte ferroviario que, en su caso, se concesiona;

III. Los servicios auxiliares que, en su caso, podrán prestarse;

IV. Los programas de inversión, construcción, explotación, conservación y modernización de la infraestructura;

V. Los derechos y obligaciones de los concesionarios;

VI. Los indicadores de eficiencia y seguridad para la evaluación correspondiente;

VII. El periodo de vigencia;

VIII. Las características y el monto de la garantía que, en su caso, deberá otorgar el concesionario, y



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

IX. En su caso, forma de pago de las contraprestaciones.

Artículo 13. Los bienes muebles concesionados en los términos de esta Ley, podrán enajenarse cuando en razón de su uso o características hayan sido sustituidos, tales como rieles, durmientes y señales.

Los concesionarios, previa autorización de la Secretaría, podrán constituir gravámenes sobre los derechos derivados de la concesión. En las escrituras públicas correspondientes se hará constar que bajo ninguna circunstancia se podrán gravar los bienes del dominio público objeto de la concesión y que al terminar la concesión, por cualquiera de las causas señaladas en el artículo 20 de esta Ley, los bienes de dominio público se reintegrarán a la Nación.

Artículo 14. Las vías férreas, el derecho de vía, los centros de control de tráfico, las señales de operación ferroviaria y los demás bienes que se hubieren concesionado, al terminar la concesión, revertirán a la Nación en buen estado operativo, sin costo alguno.

El Gobierno Federal tendrá derecho de preferencia para adquirir el equipo ferroviario y demás bienes que considere necesarios para continuar con la prestación del servicio.

*Sección Segunda
De los permisos*

Artículo 15. Se requiere permiso para:

I. Prestar los servicios auxiliares a que se refiere el artículo 44 de esta Ley,

II. Construir accesos, cruzamientos e instalaciones marginales, en el derecho de vía de las vías férreas; excluyendo la construcción e instalación de espuelas, mismas que se podrán construir sin necesidad de concesión o permiso;

III. Instalar anuncios y señales publicitarias en el derecho de vía, y

IV. Construir y operar puentes sobre vías férreas.



LEGISLATIVO FEDERAL
DE DIPUTADOS



LEGISLATIVO FEDERAL
DE DIPUTADOS

En caso de que haya dos o más interesados en construir y operar una terminal, la Secretaría otorgará el permiso respectivo conforme al procedimiento a que se refiere el artículo 9 de esta Ley.

Artículo 16. Los permisos a que se refiere el artículo anterior se otorgarán previo cumplimiento de los requisitos exigidos; por los plazos y con las condiciones que establezcan los reglamentos de la presente Ley, y en atención a la naturaleza del servicio.

En todo caso, la resolución correspondiente deberá emitirse en un plazo que no exceda de 90 días naturales, contado a partir de aquél en que se hubiere presentado la solicitud debidamente integrada.

Sección Tercera
Disposiciones comunes

Artículo 17. Las concesiones sólo se otorgarán a personas morales mexicanas.

La inversión extranjera podrá participar hasta el cuarenta y nueve por ciento en el capital social de las empresas concesionarias a que se refiere esta Ley.

Se requerirá resolución favorable de la Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras para que la inversión a que se refiere el párrafo anterior participe en un porcentaje mayor. Dicha Comisión deberá considerar al resolver, que se propicie el desarrollo regional y tecnológico, y se salvaguarde la integridad soberana de la Nación.

Los concesionarios deberán dar aviso a la Secretaría de las modificaciones que realicen a sus estatutos, relativas a la disolución anticipada, cambio de objeto, fusión, transformación o escisión. Asimismo, deberán informar el cambio de participación, directa o indirecta, en el capital social de que se trate, cuando dicha participación sea igual o superior al cinco por ciento.

Los permisos sólo se otorgarán a personas físicas o morales mexicanas.

Artículo 18. La Secretaría autorizará, dentro de un plazo de 90 días naturales, contado a partir de la presentación de la solicitud, la cesión total o parcial de los derechos y

obligaciones establecidos en las concesiones o permisos, siempre que el cesionario se comprometa a realizar las obligaciones que se encuentren pendientes, y asuma las condiciones que, al efecto, establezca la Secretaría.

Las partes interesadas, previamente a la presentación de la solicitud a que se refiere el párrafo anterior, deberán dar aviso a la Comisión Federal de Competencia.

Artículo 19. Los concesionarios o permisionarios en ningún caso podrán ceder, ni en forma alguna gravar, transferir o enajenar la concesión o el permiso, los derechos en ellos conferidos, así como los bienes afectos a la concesión, a ningún gobierno o Estado extranjero.

Artículo 20. Las concesiones y permisos, según sea el caso, terminan por:

- I. Vencimiento del plazo establecido en la concesión o el permiso o las prórrogas que se hubieren otorgado;
- II. Renuncia del titular;
- III. Revocación;
- IV. Rescate;
- V. Desaparición del objeto de la concesión o permiso, y
- VI. Liquidación o quiebra de la concesionaria o permisionaria.

La terminación de la concesión o el permiso no extingue las obligaciones contraídas por el titular durante su vigencia.



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS



LEGISLATIVO FEDERAL
CAMARA DE DIPUTADOS

Artículo 35. Los concesionarios, a cambio de una contraprestación previamente convenida, deberán prestar a otros concesionarios, los servicios de interconexión y de terminal requeridos para la prestación del servicio público de transporte ferroviario.

En caso de que los concesionarios no llegaren a un acuerdo dentro de los 90 días naturales siguientes a la fecha en que hubieren iniciado las negociaciones, la Secretaría, previa audiencia de las partes, establecerá las condiciones y contraprestaciones conforme a las cuales deberán prestarse dichos servicios.

Artículo 36. Los concesionarios podrán acordar entre ellos derechos de arrastre y derechos de paso, por virtud de los cuales puedan compartir una vía férrea determinada. El concesionario de la vía férrea será el responsable del despacho de los equipos ferroviarios y de la conservación y mantenimiento de la vía.

La Secretaría podrá establecer, en las bases de licitación y en los títulos de concesión respectivos, que para tramos determinados se otorguen derechos de arrastre y derechos de paso. Cuando los concesionarios no lleguen a un acuerdo dentro de los 90 días naturales siguientes a la fecha en que hubieren iniciado las negociaciones, la Secretaría, previa audiencia de las partes, fijará las condiciones y contraprestaciones conforme a las cuales se otorgarán dichos derechos.

Los concesionarios deberán remitir a la Secretaría copia de los convenios que celebren en términos del presente artículo.

Capítulo IV Del servicio público de transporte ferroviario.

Artículo 37. El servicio público de transporte ferroviario podrá ser:

- I. De pasajeros, y
- II. De carga.

Artículo 38. Los concesionarios que presten el servicio público de transporte ferroviario deberán contar con el equipo adecuado para el tipo de servicio que presten y el personal capacitado para manejarlo, y proporcionarlo en condiciones de seguridad, eficiencia, rapidez y funcionalidad, de acuerdo con lo dispuesto en esta Ley.

Artículo 39. El equipo ferroviario deberá cumplir las condiciones de peso, dimensiones, capacidad y otras especificaciones; con la verificación técnica de sus condiciones físicas y mecánicas, y obtener la constancia de aprobación correspondiente.

El equipo tractivo deberá contar con dispositivos de control gráfico o electrónico de velocidad máxima.

Artículo 40. El personal que opere o auxilie en la operación del equipo ferroviario deberá obtener licencia federal ferroviaria que expida la Secretaría y someterse a exámenes médicos.

Los concesionarios estarán obligados a vigilar y constatar que su personal cumpla con lo dispuesto en el párrafo anterior.

Artículo 41. Los concesionarios del servicio público de transporte ferroviario tendrán la obligación, de conformidad con la ley de la materia, de proporcionar al personal a que se refiere el artículo anterior, la capacitación y el adiestramiento que se requiera para que la prestación de los servicios sea eficiente y segura.

La Secretaría, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, en coordinación con otras autoridades federales competentes, determinará los lineamientos generales aplicables para la definición de aquellos conocimientos, habilidades y destrezas que requieran de certificación, según sea necesario para garantizar la seguridad en la prestación de los servicios. Dicha certificación se sujetará al régimen que las autoridades señaladas establezcan. En la determinación de los lineamientos generales antes citados, las autoridades competentes establecerán procedimientos que permitan considerar las propuestas y operaciones de los concesionarios del servicio público del transporte ferroviario.



EL LEGISLATIVO FEDERAL
DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Artículo 42. La concesión para la prestación del servicio público de transporte ferroviario, de carga autoriza a sus titulares para realizar el transporte de cualquier tipo de bienes.

La Secretaría regulará el transporte de materiales, residuos, remanentes y desechos peligrosos que circulen en las vías férreas, sin perjuicio de las atribuciones que la ley otorga a otras dependencias del Ejecutivo Federal.

Artículo 43. El Gobierno Federal promoverá la prestación del servicio público de transporte ferroviario en las comunidades aisladas que no cuenten con otro medio de transporte al público.

Los concesionarios estarán obligados a proporcionar servicio a dichas comunidades en los términos y condiciones que establezca la Secretaría, lo que deberá establecerse en el título de concesión respectivo. En estos casos, el Gobierno Federal podrá otorgar un subsidio directamente al concesionario.

Los concesionarios deberán adoptar las medidas necesarias que permitan atender de manera adecuada a los discapacitados y a las personas de edad avanzada.

Capítulo V

De los servicios auxiliares

Artículo 44. Los permisos que en los términos de esta Ley otorgue la Secretaría para la prestación de servicios auxiliares, serán los siguientes:

- I. Terminales de pasajeros;
- II. Terminales de carga;
- III. Transbordo y transvases de líquidos;
- IV. Talleres de mantenimiento de equipo ferroviario, y
- V. Centros de abasto para la operación de los equipos.



EL LEGISLATIVO FEDERAL
DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Artículo 45. Los permisionarios, en lo conducente, estarán obligados a contar con las instalaciones que se requieran para garantizar que los servicios se presten con seguridad, eficiencia, higiene, rapidez y funcionalidad.

En el caso de las terminales de carga y de los servicios de transbordo y transvases de líquidos, adicionalmente, los permisionarios deberán disponer del personal, equipo e infraestructura adecuados para el fardo, volumen y características de la carga que se maniobre.

Capítulo VI

De las tarifas

Artículo 46. Los concesionarios y permisionarios fijarán libremente las tarifas, en términos que permitan la prestación de los servicios en condiciones satisfactorias de calidad, competitividad, seguridad y permanencia.

Las tarifas deberán registrarse ante la Secretaría para su puesta en vigor y colocarse en lugar visible en las terminales en que presten servicios los concesionarios y permisionarios.

Artículo 47. Cuando la Secretaría, por sí o a petición de parte afectada, considere que no existe competencia efectiva, solicitará la opinión de la Comisión Federal de Competencia para que, en su caso, la Secretaría establezca bases tarifarias. Dicha regulación se mantendrá sólo mientras subsistan las condiciones que la motivaron.

Los concesionarios sujetos a tal regulación podrán solicitar a la Comisión Federal de Competencia que emita opinión sobre la subsistencia de tales condiciones.

Se considera que existe competencia efectiva cuando haya por lo menos dos prestadores de servicio ferroviario o dos modos de transporte en la misma ruta o por rutas alternativas, siempre y cuando puedan ser considerados como alternativa viable.

Capítulo VII

Del transporte ferroviario internacional.

DIP. GERARDO ORDAZ MORENO

PRI

DIP. CECILIO LEPE BAUTISTA

PRI

DIP. JAIME JESUS ARCEO CASTRO

PRI

DIP. RICARDO F. PACHECO RODRIGUEZ

PRI

DIP. ROBERTO M. FLORES GONZALEZ

PRI

DIP. ISRAEL REYES LEDEZMA MAGAÑA

PRI

DIP. CARLOTA VARGAS GARZA

PRI

DIP. R. LUIS ANTONIO GODINA HERRERA

PRI

DIP. DANIEL COVARRUBIAS RAMOS

PRI

DIP. TUFFY GABER ARJONÁ

PRI

DIP. MIGUEL RODRIGUEZ RAMIREZ

PRI

DIP. APOLONIO MENDEZ MENESES

PAN

DIP. EUSEBIO MORENO MUÑOZ

PAN

DIP. JORGE HUMBERTO GOMEZ GARCIA

PAN

DIP. JESUS DURAN RUIZ

PAN

DIP. MARTIN HERNANDEZ BALDERAS

PAN

DIP. ALFONSO SOLORZANO FRAGA

PRD

DIP. CARLOS NAVARRETE RUIZ

PRD

DIP. RAMON SOSAMONTES HERRERAMORO

PRD

DIP. ALEJANDRO MORENO BERRY

PT

EL PRESIDENTE

EL VICEPRESIDENTE

EL SECRETARIO GENERAL

EL SECRETARIO DE ECONOMIA

EL SECRETARIO DE EDUCACION

EL SECRETARIO DE SALUD

[Handwritten signatures and scribbles over the PRD and PT party names and lines]

[Handwritten scribbles and marks on the right side of the page]