



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

Facultad de Construcciones

TRABAJO DE DIPLOMA

Titulo: Perfeccionamiento de las
Asignaturas de las Actividades de Vías
Férreas Para el ***Plan D***

Autor: Arley Manuel Rojas Trujillo.

Tutor: Juan Lima Menéndez

2007-2008

El presente trabajo, trata especialmente de las vías para el perfeccionamiento del contenido de la disciplina vías férreas de ing. Civil.

El objetivo a alcanzar ha sido que este trabajo se encuentre dentro del marco de la seriedad científica, con un rigor metodológico, tratando de armonizar la solidez del conocimiento con la agilidad expositiva.

El primer capítulo contiene un folleto para la asignatura de Diseño, Construcción y Conservación de Vías Férreas dando con esto solución a la problemática de la bibliografía de la Disciplina, incluyéndose en la temática del capítulo todo el contenido de la asignatura de forma más representativa para captar el interés de los alumnos.

En el capítulo dos se puede apreciar un manual de usuario que le facilitará el desempeño con el software que tiene como objetivo lograr una estrecha relación de la asignatura con la computación y aumentar la motivación de los estudiantes ante la misma.

Por último las conclusiones y recomendaciones recogen los resultados más generales derivados de los objetivos específicos del proyecto y las vías para el perfeccionamiento y profundización de la labor científico didáctica en la Disciplina. Los anexos presentan un conjunto de ejercicios resueltos para con ellos consolidar el aprendizaje y conocimiento de los estudiantes.

Índice:

Capítulo I: Generalidades del Ferrocarril.

Tema 1: Breve Reseña histórica.

- 1.1. Historia del Primer Ferrocarril. Antecedentes.
- 1.2. Historia del Ferrocarril Cubano.

Tema 2: El Material Rodante.

- 2.1. El Material Rodante. Características.
- 2.2. Tipos de Material Rodante.
 - 2.2.1. Tractivos.
 - 2.2.2. De Arrastre.
- 2.3. Dimensiones del Eje Milimetrado. Ancho de la Vía.

Tema 3: Descripción de las Actividades que atiende las Vías Férreas.

- 3.1. Organización y Estructura.

Capítulo II: La Vía Férrea.

Tema 4: Partes Componentes de la Vía Férrea.

- 4.1. Infraestructura. Definición. Partes Componentes.
 - 4.1.1. Explanación. Tipo. Elementos que Componen la Explanación.
 - 4.1.2. Obras de Fabrica. Definición. Tipo.
 - 4.1.3. Obras de Drenaje. Definición. Tipos
- 4.2. Superestructura de la Vía Férrea. Definición. Partes Componentes.
 - 4.2.1. Carril.
 - 4.2.1.1. Función. Formas. Tipo.
 - 4.2.1.2. Características Geométricas.
 - 4.2.1.3. Características Mecánicas.
 - 4.2.1.4. Defectos y Desgastes. Tolerancias.
 - 4.2.1.5. Métodos para la Alineación de los defectos y desgastes.
 - 4.2.2. Sustentaciones. Funciones. Tipos.
 - 4.2.2.1. Traviesas. Formas. Características. Materiales Utilizados.
 - 4.2.2.2. Losas. Formas. Características
 - 4.2.2.3. Marcos. Formas. Características.
 - 4.2.2.4. Defectos de las Sustentaciones y formas de Corregirlo.
 - 4.2.3. Fijaciones. Función. Tipos.
 - 4.2.3.1. Fijación Carril-Carril. Elementos. Tipos
 - 4.2.3.2. Fijación Carril-Traviesa. Tipos. Elementos de Cada Tipo.
 - 4.2.3.3. Defectos de las Fijaciones y Formas de Corregirlos.
 - 4.2.4. Balasto. Función. Tipo. Características de Cada Tipo.

Capítulo III: Diseño de a Vía Férrea.

Tema 5: Diseño Geométrico de la Vía Férrea. Categorías de la Vía Férrea.

- 5.1. Diseño de una Planta.
 - 5.1.1. Diferencias entre la Planta de la Vía Férrea y de la Carretera. Radios Mínimos.
 - 5.1.2. Selección del Trazado. Trazado Libre, Trazado Forzado.
 - 5.1.2.1. Curvas Circulares. Simples, Compuestas. Calculo de los Puntos Notables.

- 5.1.2.2. Curvas en Transición. Simples, Compuestas. Calculo de los Puntos Notables.
- 5.1.2.3. Peralto y Sobreancho. Definición. Calculo del Peralto y el Sobreancho.
- 5.2. Diseño del Perfil. Definición de Rampa, Rasante y Pendiente.
- 5.2.1. Diferencia entre el Perfil Ferroviario y el automotor.
- 5.2.2. Planos Inclinados. Tipos.
- 5.2.2.1. Pendientes limitantes. Dominantes, de Equilibrio, de Inercia.
- 5.2.2.2. Pendientes de Proyecto. Perjudiciales, no Perjudiciales, Media, Equivalente y Transformada.
- 5.2.2.3. Calculo de las Pendientes Equivalentes y Transformadas.
- 5.2.3. Secciones Transformadas.
- 5.3. Diseñar un Tramo de Vía.

Tema 6: Fuerzas que Actúan Sobre la Marcha del Tren.

- 6.1. Fuerzas Tractivas. Definición. Características. Fuerza de Adherencia.
- 6.2. Fuerzas de Resistencia a la Marcha.
- 6.2.1. Fuerzas Resistentes. Definición.
- 6.2.2. Fuerzas de Frenado. Definición.
- 6.3. Resultantes. Definición.
- 6.4. Ecuaciones Sobre la Marcha del Tren. Condiciones para el Calculo.

Capitulo IV : Diseño Estructural de Vías Férreas.

Tema 7: Diseño Estructura.

- 7.1. Carriles cortos en las Curvas.
- 7.1.1. Necesidad de Colocar los Carriles Cortos en la banda Interior de las Curvas.
- 7.1.2. Calculo del Numero de Carriles Necesarios y su Ubicación.

Tema 8: Fuerzas que Actúan en la Superestructura de la Vía Férrea.

- 8.1. Definición de las Fuerzas que Actúan a Nivel de la Superestructura.
- 8.2. Fuerzas Verticales.
- 8.2.1. Calculo de los Coeficientes Dinámicos.
- 8.2.1.1. Influencia de la Velocidad.
- 8.2.1.2. Influencia de los Defectos de la Vía y de las Ruedas.
- 8.2.2. Calculo del Carril a Flexión. Datos Iniciales.
- 8.2.2.1. Coeficiente de Rigidez Relativa. Definición.
- 8.2.2.2. Longitud de Cazado. Definición. Calculo.
- 8.2.2.3. Modulo de Soporte. Definición.
- 8.2.3. Esfuerzos Sobre las Sustentaciones.
- 8.2.3. Esfuerzos Sobre el Balasto y Sobre la Explanada. Espesor de Balasto.
- 8.3. Fuerzas Longitudinales y Transversales. Definición. Tipos.
- 8.3.1. Inscripción en las Curvas.
- 8.3.2. Métodos de Cálculos.
- 8.3.2.1. Método Ruso.
- 8.3.2.2. Método Francés.
- 8.3.2.3. Método de Shajuniantz.
- 8.3.2.4. Estabilidad al Vuelco.

- 8.4. Fuerzas Horizontales longitudinales. Definición, Tipos.
- 8.4.1. Efectos de l Temperatura. Orígenes.
- 8.4.1.1. Estabilidad de la Vía.
- 8.4.1.2. Condiciones Para la Colocación del Carril Largo Soldado.

Capitulo V : Uniones, Enlaces y Cruzamientos.

Tema 9: Uniones, Enlaces y Cruzamientos.

- 9.1. Uniones o Conexiones. Funciones. Tipos. Características.
- 9.1.1. Conexiones Simples. Partes Componentes.
- 9.1.2. Conexiones Dobles.
- 9.1.3. Conexiones Asimétricas.
- 9.1.4. Conexiones Simétricas.
- 9.2. Cruzamientos Funciones.
- 9.3. Combinación de Colocación.
- 9.4. Calculo de la Longitud de las Carrileras. Diseño de un Patio.
- 9.4.1. Definición de Entrevías.
- 9.4.2. Definición de Longitud Útil y Longitud Total.
- 9.4.3. Definición del Termino Monolinial.
- 9.5. Defectos de las Conexiones.
- 9.5.1. Defectos Geométricos. Tolerancias.
- 9.5.2. Defectos Mecánicos.
- 9.5.2.1. Desgastes de los Elementos Metálicos. Tolerancias.

Capitulo VI : Defectos de la Geometría de la Vía. Resolución 124.

Tema 10: Defectos en Planta. Causas, Consecuencias y Modo de Corregirlo.

- 10.1. Carrilera Abierta, Definición. Tolerancias.
- 10.2. Desplazamiento Lateral de la Vía en Recta y Curva.
- 10.3. Juntas Abiertas.
- 10.4. Alabeos.

Tema 11: Defectos en el Perfil. Causas, Consecuencias y Modo de Corregirlo.

- 11.1. Desnivel Relativo.
- 11.2. Desnivel longitudinal.
- 11.3. Alabeos.
- 11.4. Baches.
- 11.5. Deficiencia del Peralte en las Curvas.

Capitulo VII : Equipos, Herramientas e Instrumentos Utilizados en los Trabajos de Vías.

Tema 12: Maquinas Para los Trabajos de Vías.

- 12.1. Equipos Tendedores o Colocadores de Vías. Tipos. Funcionamiento. Características.
- 12.2. Alineadora-Niveladora-Calzadora. Tipos. Funcionamiento. Características.
- 12.3. Reguladora de Balasto. Tipos. Funcionamiento. Características.
- 12.4. Limpiadora de Balasto. Funcionamiento. Características.
- 12.5. Estabilizado Dinámico. Funcionamiento. Características.
- 12.6. Equipo Reparador. Funcionamiento. Características.

12.7. Vagón Comprobador. Funcionamiento. Características.

12.8. Soldador de Carriles. Funcionamiento. Características.

Tema 13: Herramienta Para los Trabajos de Vías.

13.1. Herramientas Eectromeácnicas, Diesel y Neumáticos.

13.1.1. Segueta de Cortar Carriles. Características.

13.1.2. Barrenadora Horizontal y Vertical.

13.1.3. Aprieta Tuercas Horizontal y Vertical.

13.1.4. Calzadoras.

13.1.5. Cambiadora de Traviesas.

13.1.6. Martillos Para Traviesas de Madera.

13.2. Herramientas Manuales.

13.2.1. Gatos Para Izaje.

13.2.2. Gatos Para Alinear.

13.2.3. Herramientas Vacías.

Tema 14: Instrumentos de Madera.

14.1. Calibrador de Carril.

14.2. Calibrador de Presillas.

14.3. Cartabón Para el ancho de la Vía (Trocha) y Para el Nivel.

14.4. Nivel de Carrilera.

Capitulo VIII : Trabajos que se Realizan en la Vía.

Tema 15: Tipos de Trabajos que se Realizan en la Superestructura.

15.1. Construcción, Reconstrucción y Reparación Capital. Definición de Cada Uno de estos Trabajos.

15.1.1. Planta de Ensamblaje, Función. Desarrollo Vial.

15.1.2. Ensamblaje de Campos.

15.1.2.1. Calculo de los Materiales Necesarios Según Categoría de la Vía.

15.1.2.2. Caculo de la Mano de Obra Necesaria.

15.1.2.3. Calculo del Presupuesto.

15.1.3. Colocación y Montaje.

15.1.3.1. Calculo de los Materiales Necesarios.

15.1.3.2. Calculo de la Mano de Obra.

15.1.3.3. Calculo del Presupuesto.

15.2. Reparación Media. Definición.

15.2.1. Calculo de los Materiales.

15.2.2. Calculo de la Mano de Obra.

15.2.3. Calculo del Presupuesto.

15.3. Reparación Ligera. Definición.

15.3.1. Calculo de los Materiales.

15.3.2. Calculo de la Mano de Obra.

15.4. Cambio de Carril de Largo Normal.

15.5. Mantenimiento Definición.

15.5.1. Necesidad de Materiales.

15.5.2. Mantenimiento de los Tramos Curvos. Cálculo de los Desfasamientos.

15.5.3. Mantenimiento a los Puntos. Control de las Calas.

- 15.5.4. Cálculo de la Mano de Obra para el Mantenimiento.
- 15.5.4.1. Método de la AREA.
- 15.5.4.2. Método Utilizado en Cuba.
- 15.5.4.3. Método Ruso.

Capítulo IX: Seguridad y Protección al Trabajador. Sistema de Señales.

Tema 16: Normas de Seguridad del Trabajo.

- 16.1. Procedimiento para la Protección del Trabajador de Vía.
 - 16.1.1. Procediendo a Seguir en los Tramos.
 - 16.1.2. Procediéndose a Seguir en los Patios.
- 16.2. Ubicación de los Materiales para que no Entorpezcan el Trabajo de Vía ni la Circulación de Trenes.
- 16.3. Señales Fijas Para la Protección.
- 16.4. Tablas de Velocidades Autorizadas para la Circulación de Trenes en Vías con Defectos o Reparadas.

Anexos:

Tema 17: Ejercicios Resueltos:

- 17.1. Cálculo del Tipo de Carril por los Métodos de Yeishor, Congreso del Carro, Shulga Shajuneantz.
- 17.2. Cálculo del Desgaste Global o Equivalente del Carril.
- 17.3. Cálculo de los Momentos de Inercia y Módulos de sección Para un Carril con Desgaste.
- 17.4. Cálculo de la Longitud Útil de Una Traviesa.
- 17.5. Cálculo de los Puntos Notables de una Curva Circular.
- 17.6. Cálculo de los Puntos Notables de una Curva con Transición.
- 17.7. Cálculo del Peralto de una Curva Circular y su Ubicación.
- 17.8. Cálculo de la Pendiente Equivalente.
- 17.9. Cálculo de la Pendiente Transformada.
- 17.10. Cálculo de la Marcha del Tren.
- 17.11. Cálculo de los Carriles Cortos.
- 17.12. Cálculo de los Esfuerzos Verticales Sobre la Explanada.
- 17.13. Cálculo de los Esfuerzos Horizontales Laterales.
- 17.14. Cálculo de los Esfuerzos Horizontales Longitudinales.
- 17.15. Cálculo de las Longitudes de una Carrilera.
- 17.16. Cálculo de las Velocidades a Establecer en una Vía con Defectos: Utilizando la Resolución 124-95.
- 17.17. Cálculo de un Presupuesto para el Ensamblaje.
- 17.18. Cálculo de un Presupuesto para la colocación y Montaje.
- 17.19. Cálculo de un Presupuesto para la colocación del Carril Largo Soldado.
- 17.20. Cálculo de un Presupuesto para la Reparación Ligera.
- 17.21. Cálculo de un Presupuesto para la Reparación Media.
- 17.22. Cálculo de la Mano de Obra Para el Mantenimiento.
- 17.23. Cálculo del Mantenimiento a una Curva en mal Estado.

Introducción:

El ferrocarril desde su comienzo en el mundo, se convirtió en uno de los principales medios de transporte y sobre todo el más económico. Su uso se extendió por los países más desarrollados. Al surgir el automóvil, el transporte por carretera compite con el ferrocarril, produciéndose en algunos países períodos de aletargamiento técnico en la explotación de este último. Es cierto que el automóvil brinda muchas facilidades para la transportación, por su rapidez, pero su extensiva explotación trajo consigo algunos problemas colaterales: el uso excesivo del combustible, que en los últimos años ha provocado una disminución paulatina e inquietante de las reservas de petróleo del mundo, ya que es precisamente de este de donde proviene el combustible utilizado para el transporte terrestre y aéreo; congestión de las carreteras y los aspectos negativos que esto produce en la ocupación del espacio, lo cual en los países de mayor desarrollo, constituye un verdadero mal nacional; contaminación de la atmósfera en un grado tan elevado que perjudica de manera cada vez más alarmante al ser humano y a la vida en general. Estas son algunas de las razones que demuestran la importancia del tren como medio de transporte.

Ante tan crítica situación el transporte ferroviario no solo está recuperando su serenidad su posición predominante, sino que se ha lanzado en la carrera de la alta velocidad. El ferrocarril ofrece en este momento un futuro lleno de esperanzas y perspectivas, configurándose como el modo que ocasionará el menor riesgo ante los cambios que se intuyen, además las fortalezas del ferrocarril (consumo energético, ocupación del espacio, velocidad, contaminación etc) le aseguran un lugar destacado, el mismo que en una época tuvo, entre los medios de transportación. Hoy percibimos un resurgimiento del tren como medio principal de transporte.

En Cuba su utilización constituyó un punto de apoyo importante en el desarrollo de la industria azucarera nacional como el principal medio para transportar la caña de los campos al central.

La reconstrucción del transporte ferroviario y la necesidad de formar especialistas en función de mantener en buen estado la red de vías de comunicación del ferrocarril fueron acuerdos que se adoptaron en el primer congreso del PCC y

desde ese momento quedan incluidos en los planes de estudios de técnicos, ingenieros y especialistas de la construcción en la disciplina “ Vías Férreas ” la cual incluye la asignatura que sostiene el sistema de conocimientos, habilidades. Hábitos y capacidades profesionales tanto en el diseño como en la construcción y conservación de vías férreas que hacen posible el éxito en tan honrosa tarea.

En la actualidad la reparación de carriles defectuosos y la construcción de nuevos tramos, para hacer más confiables y eficientes estos caminos de hierro es una prioridad en el país

Se denomina **vía férrea** a la parte de la infraestructura [ferroviaria](#) formada por el conjunto de elementos que conforman el sitio por el cual se desplazan los [trenes](#). Las vías férreas son el elemento esencial de la infraestructura ferroviaria y constan, básicamente, de [rieles](#) apoyados sobre [traviesas](#) que se disponen dentro de una capa de [balasto](#). Para su construcción es necesario realizar [movimiento de suelos](#) y obras existentes ([puentes](#), [alcantarillas](#), [muros de contención](#), [drenajes](#) entre otras). En la actualidad se emplean principalmente durmientes o traviesas de [hormigón pretensado](#) y materiales plásticos sobre los que apoyan rieles soldados con longitudes relativamente grandes y juntas de dilatación más separadas gracias a un diseño más perfeccionado.

La carrera de Ingeniería Civil de la facultad de Construcciones de la “Universidad Marta Abreu de las Villas” incorporó estas asignaturas al grupo interdisciplinario “Diseño y Construcción de Vías” en el año 1970 en el que se inauguró la carrera como tal, en este período se imparte el contenido de Vías férreas en dos asignaturas que se complementaban: **Ferrocarriles I** y **Ferrocarriles II**, posteriormente y producto al perfeccionamiento de los planes de estudios, en 1976 La facultad desarrolló la especialización en la rama de estructuras lo que conllevó a eliminar las asignaturas referidas al diseño y construcción de vías, reapareciendo el colectivo interdisciplinario de Diseño y Construcción de Obras Viales y con ello la disciplina “Vías Férreas” que incluye las asignaturas: Diseño Geométrico y Estructural de Vías Férreas y Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Lógicamente en esta etapa la disciplina sufre cambios en aras de su perfeccionamiento y adaptación a los planes de estudios que se fueron sucediendo El cambio a un nuevo plan de estudio conocido como Plan D agrupa a las dos asignaturas mencionadas anteriormente resumiéndolas en una que lleva por

nombre ***Diseño Estructural de Vías Férreas y Construcción y Conservación de Vías Férreas*** con esta fusión de asignatura se logra intercalar el diseño, la construcción y la conservación de vías férreas en un solo año ya que hasta entonces el futuro Ingeniero Civil recibía el diseño geométrico y estructural en cuarto año de la carrera y la construcción y conservación en quinto año de carreteras.

Los objetivos básicos que se persiguen son:

Diseñar un texto que consolide todo el contenido de las asignaturas de Diseño Geométrico y Estructural de Vías Férreas y Construcción y Conservación de Vías Férreas de forma intercalada y con esto el alumno pueda asimilar con mayor solides el contenido.

Lograr abarcar todo el contenido de vías férreas y que sea compatible con los objetivos específicos en toda su derivación gradual. Su estructura facilitará la asimilación integrada, sin disociaciones, cumpliendo con el principio de científicidad.

Lograr suplir la necesidad de una bibliografía lo suficientemente actualizada e integrada al nuevo programa de la disciplina la cual facilite el proceso de asimilación y disminuya el nivel de abstracción de los estudiantes.

Suplir las necesidades didácticas y aumentar los niveles de accesibilidad y con ello mejorar la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Esta situación se hizo evidente en la nueva asignatura lo que motivo a la creación de un folleto que tiene como objetivo:

El contenido de la disciplina “Vías Férrea” que se imparte en la especialidad Ingeniería Civil de la facultad de Construcciones

El problema que abordamos desde el punto de vista científico debe darle respuesta a la siguiente interrogante:

¿Cómo suplir la necesidad bibliográfica de la disciplina “Vías Férreas” de modo que se logre mejorar la calidad del proceso de enseñanza y aprendizaje?

De modo que nos planteamos el siguiente objetivo central:

Perfeccionar la presentación del contenido de la disciplina “Vías Férreas” a través de un folleto que posibilite un acceso más directo y actualizado del mismo.

De este objetivo central se derivaron los siguientes objetivos o tareas específicas:

Objetivos Específicos

Elaborar un texto que compile todo el contenido actualizado de los programas de la asignatura a partir de las normas, orientaciones e instrucciones técnicas actuales del organismo rector de la actividad de vía férrea en Cuba.

Crear una base de datos gráfica en soporte digital y video que presente el equipamiento con que cuenta nuestro país para la actividad de vías férreas, así como las tecnologías y equipos que puntean el desarrollo de esta actividad en el mundo.

Elaborar un banco de ejercicios resueltos y propuestos que facilite el desarrollo de habilidades prácticas a través del estudio independiente.

Crear un pequeño software que logre vincular a los estudiantes con las nuevas tecnologías.

Para el desarrollo de la investigación partimos de la siguiente hipótesis con implicación condicional:

Si se perfecciona la presentación del contenido de la disciplina “Vías Férreas” a través de un folleto actualizado y un software ambos subordinados al programa de la disciplina, entonces se logrará un mayor nivel de accesibilidad y actualidad del contenido.

Variable independiente: Presentación del contenido de la disciplina “Vías Férreas”

Variable Dependiente: Mayor nivel de accesibilidad y actualidad del contenido.

Variable interviniente: Confección de un folleto actualizado y un software ambos subordinados al programa de la disciplina. Para lograr una mayor efectividad en la comprobación del cumplimiento de los objetivos y corroboración de la hipótesis operativizamos la variable dependiente en sus dos aspectos esenciales.

Operativización de la variable dependiente

Indicadores para un mayor nivel de accesibilidad del contenido

Los estudiantes cuentan con un folleto que aborda el contenido de la disciplina de forma integral y subordinada a la lógica de los programas que la integran.

Los estudiantes tienen la posibilidad de intercambiar con un software el cual dará solución a un ejercicio didáctico implícito en el contenido de la asignatura.

Los estudiantes tienen la posibilidad de observar mediante fotografías componentes de la infraestructura y superestructura de la vía férrea.

Los estudiantes cuentan con un banco de ejercicios resueltos que contribuirá al desarrollo de las habilidades y preparación previa a las clases prácticas de forma independiente.

Indicadores para un mayor nivel de actualización del contenido.

El contenido del folleto parte de:

La “Norma Cubana” actual

Orientaciones e instrucciones técnicas vigentes

Las clasificaciones, coeficientes y datos tabulados de uso actual en la “Unión Ferroviaria de Cuba”

Las fotos del equipamiento tecnológico para la actividad de servicio ferroviario y Construcción y Conservación de Vías férreas en Cuba son actuales.

Las fotos de las nuevas tecnologías empleadas para la actividad de vía férreas, así como el equipamiento que puntea el servicio ferroviario en el mundo se corresponden con tecnologías y equipos puestos en explotación a partir de la década del 90.

Las actividades inherentes al proceso tecnológico de la actividad de Vía Férrea presentado en conferencia y clases prácticas están actualizadas con respecto a las nuevas regulaciones e instrucciones emanadas del organismo rector de la actividad de vías férreas en Cuba.

Novedad Científica

Se eleva el nivel de científicidad de la disciplina “Vías Férreas” a partir de la actualización de su contenido con respecto a las tecnologías de avanzadas aplicadas en el mundo.

Aporte Práctico

Se presenta el contenido de la disciplina de forma actualizada y accesible, lo que permite su mejor asimilación y el desarrollo del sistema de habilidades práctica y profesionales concebidas en el programa de la disciplina.

Estructura del proyecto

Introducción.

Capítulo I:

Contiene el folleto de la asignatura *Diseño Estructural de Vías Férreas y Construcción y Conservación de Vías Férreas*

Capítulo II:

Contiene el manual de usuario del software

Conclusiones

Recomendaciones

Anexos

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

1.1 Expediente de la asignatura

Asignatura: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

5^{to} Año de Ingeniería Civil.

I Semestre

Contendo:

Tema I. Características del transporte ferroviario

Tema II. Partes componentes de la vía férrea.

Tema III. Diseño geométrico de vías férreas.

Tema IV. Diseño estructural de vías férreas.

Tema V. Uniones, enlaces y cruzamientos.

Tema VI. Defectos en la geometría de la vía.

Tema VII. Maquinas y Herramientas para el Trabajo de Vías.

Tema VIII. Trabajos que se realizan en la vía.

Tema IX. Seguridad protección al trabajador. Sistema de Señales.

1.1.1 Fundamentación.

Esta asignatura es fundamental para el conocimiento de la actividad ferroviaria, aportando en gran medida conocimientos que sirven de base para su impartición, su sistema de conocimientos, habilidades y hábitos, garantizan el desempeño básico del ingeniero civil en la construcción de vías férreas.

1.1.2 Objetivos generales:

A.- Educativos.

Crear hábitos de estudios mediante las evaluaciones periódicas y parciales, así como con la confección de una tarea extra clases, y las visitas a instalaciones ferroviarias.

Lograr hábitos de educación formal e integral, tal y como se requiere en nuestra sociedad socialista.

Conocimiento de las actividades laborales en las visitas efectuadas a las instalaciones de los centros de trabajo.

B. - Objetivos instructivos.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Caracterizar los elementos que componen la superestructura de la vía férrea.

Aplicar los requerimientos técnicos exigidos para el diseño de una vía férrea.

Evaluar el comportamiento mecánico de estos elementos y la vía en su conjunto, en su interacción con el material rodante.

Resolver los problemas referentes al diseño geométrico y estructural de la vía férrea.

C. - Objetivo Didáctico

Preparar al estudiante para la asimilación de la asignatura construcción y

Conservación de la vía férrea.

1.1.3 Tipología y fondo de tiempo

No	Tema	Tipología				Fondo de tiempo
		C	CP	V	E	
1	I	2	-			2
2	II	8	2	2	2	14
3	III	12	8			20
4	IV	16	14	2	2	34
5	V	20	14	2		36
6	VI	8				8
7	VII	8			2	10
8	VIII	12	8		2	22
9	IX	6	8			14
10	Practica Laboral					40
Total		92	54	6	8	200
Prueba Final						4

1.1.4 Contenidos por Temas.

Tema I. Características del transporte ferroviario

Contenido

1 Breve Reseña Historica.

1.1. Historia del Primer Ferrocarril.Antecedente

El 27 de septiembre de 1825.- Se pone en servicio el primer ferrocarril del mundo.



El ferrocarril fue producto de la revolución industrial surgida en Inglaterra durante los siglos XVIII y XIX

Una locomotora a la que se le agregó vagones para el transporte humano y de carga, son básicamente las partes en las que hasta la fecha constituyen un ferrocarril

Los ferrocarriles o trenes, han sido sujetos de los avances tecnológicos y ejemplo de ello es el tren bala del Japón.

El constructor de la primera locomotora -25 de julio de 1814, que derivaría más tarde en un ferrocarril, fue George Stephenson.

El destino inicial de la locomotora, fue su utilización en las minas carboníferas, en cuya primera demostración se logró arrastrar una carga de cuarenta toneladas, a una velocidad de seis kilómetros por hora.

En 1823, el Parlamento inglés aprobó el acta que aseguraba a George Stephenson la titularidad de un proyecto, cuya finalidad era unir los pueblos de Stockton y Darlington, mediante una vía férrea.

Edward Pease, promotor de la empresa, le otorga a Stephenson el puesto de ingeniero jefe y fue así como el 27 de septiembre de 1825, la locomotora emprendía el viaje transportando ocho toneladas de peso a una velocidad de 25km/h por hora.

Tras una larga batalla tecnológica y con el rechazo de campesinos y agricultores, el 15 de septiembre de 1830, quedó inaugurada la línea férrea Liverpool-Manchester.

A partir de 1833, surgieron compañías interesadas en financiar el proyecto de Stephenson, cuyo objetivo era tender una red ferroviaria que intercomunicara a toda la nación inglesa.

Esta red ferroviaria favoreció el desarrollo textil de Inglaterra durante la Revolución Industrial.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

George Stephenson es requerido en el extranjero para asesorar y revisar los proyectos ferroviarios de Bélgica, Alemania y España.

La expansión ferroviaria y el interés de Stephenson por la aplicación útil de este nuevo sistema de transporte, hacen posible el reemplazo de los canales de navegación y en consecuencia, la transformación de los medios de comunicación.

Naturalmente, Inglaterra fue el primer país que sufrió esta transformación en sus medios de transporte siguiéndole el resto de Europa y por último, el resto del mundo.

1.2. Historia del Ferrocarril Cubano

Primer ferrocarril construido por España en el Nuevo Mundo



En la [Ciudad de Bejucal](#), La Habana, Cuba, el 19 de noviembre de 1837, se ve en el tramo Habana - Bejucal, del primer ferrocarril construido por España en el Nuevo Mundo, que constituyó a su vez el pionero en Ibero América, el segundo en el continente americano

y el séptimo a nivel mundial.

Actualmente en Bejucal, en los altos de la Estación de Ferrocarril que aún presta sus servicios, existe el modesto pero significativo Museo Ferroviario más antiguo de Ibero América (desde 1837), en los terrenos de San Felipe y Santiago del Bejucal, inolvidable día en que el camino de hierro vislumbró el desarrollo industrial, en un trabajo mancomunado de la corona Española y grandes hacendados criollos.

El tramo de vía Habana –Bejucal resultaba, sin duda el más complejo de todo el proyecto. La elevación de Bejucal sobre La Habana era de 320 pies en 16 millas, por lo que en ocasiones se hacía difícil obtener planos de 30 pies de inclinación. Las desigualdades del terreno demandaban complicados trabajos de infraestructura; resultaba necesario elevar terraplenes, rebajar lomas e incluso horadarlas. Incluía, también, la construcción de diversos puentes, uno de ellos sobre el río Almendares exigió la utilización de 200 pilares de cantería importados de Estados Unidos.

Las líneas se tendían sobre una capa de balastro de seis pulgadas de espesor, que garantizaría un drenaje adecuado. Aunque estaba previsto que los raíles se colocarían sobre traviesas de madera, la quiebra de los contratistas que habrían de suministrarlas obligó a sustituirlas por similares de cantería. Estos bancos de piedra de 7,5 pies de largo por 2 de ancho y 1,5 de grueso, se colocaban a una distancia de 12 pies entre uno y otro.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

En su construcción se emplearon esclavos (principalmente de origen africano), negros libertos, criollos, chinos, yucatecos (convictos mexicanos), irlandeses procedentes de Estados Unidos y naturales de las Islas Canarias, personal que frecuentemente se sublevó por el maltrato y la explotación a la que fue sometido.

En ocasión del santo de la reina Isabel II, el 19 de noviembre de 1837, la "Real Junta de Fomento" inauguró solemnemente el Ferrocarril. A las 8:00 de la mañana salió el primer tren entre la Habana y Bejucal. Fue vital su implementación para la industria azucarera.

El tren partía de la estación de Garcini, exactamente en la cuadra situada en la calle de Oquendo entre Estrella y Maloja, próxima a la Capital, con varios carros y unos 70 pasajeros, entre ellos importantes autoridades de la colonia, y fue recibida en Bejucal por el Alcalde Corregidor y otras personalidades del lugar. El precio de la primera clase fue de 20 reales, los de tercera 5. El segundo viaje partió a las 2:00 de la tarde con iguales condiciones.

Aquel primer viaje entre La Habana y Bejucal se produjo en una mañana invernal y lluviosa, lo que no impidió la aglomeración del público a lo largo de seis y media leguas (unos 35 kilómetros), asombrado de observar el paso del convoy despidiendo una humareda negra por su chimenea.

El ferrocarril Habana - Bejucal fue un increíble triunfo tecnológico mundial. Su precio, en hombres, 12 muertos por kilómetro, un cadáver cada 83 metros.

Para un mayor conocimiento del transporte ferroviario en el país y el accionar de sus trabajadores, puede visitarse [el Museo Ferroviario existente en las instalaciones de la antigua Estación de Cristina, único de su tipo en la Antilla Mayor, situado en Calzada de Cristina y calle Manglar en Ciudad de La Habana, considerado Museo Nacional.](#)

Cuba cuenta hoy con una red ferroviaria que cubre todo el territorio nacional. En los últimos tiempos el ferrocarril cubano ha sido objeto de importantes remodelaciones. En el año 1990, la longitud de la red era de 4 881Km.

2. Características del material rodante ferroviario.

2.1. Características del material rodante ferroviario:

El ferrocarril tiene la característica de ser un transporte guiado, sus movimientos están limitados a la ubicación de los carriles o rieles.

Es un transporte seguro, estable y económico, aunque su costo inicial es muy elevado.

El consumo de combustible de un tren es 3 veces menor que el de un equipo de

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

carretera para iguales cargas y distancias. La carga llega al destino todo al mismo tiempo, requiere menos personal para su traslado y generalmente sus tarifas por kilómetro son más baratas.

El material móvil ferroviario tiene también características propias que lo hacen distinto al resto de los medios de transporte.

Las ruedas de los equipos ferroviarios están fijados a los ejes (**calado**), lo que los hace más fuertes pero tiene el inconveniente de que al entrar en las alineaciones curvas resbala una con respecto a la otra, para evitar esto la ruedas se construyen de forma **cónica** lo que permite que al entrar en las curvas las ruedas tengan una velocidad lineal, debido a la diferencia de diámetro.

Las ruedas para evitar que se salgan de los carriles, tienen **pestañas en su borde interior**.

Las cargas, excepto en las locomotoras de vapor; **se aplican en el exterior de los ejes**, en las manguetas o muñones. Esto permite que el equipo sea más ancho y por ende permitir más cargas, esto último también es posible por estar la carrocería o **caja sobre las ruedas**.

Los ejes son paralelos en cada bogie (truck o carretilla), para girar en una curva se realizan dos movimientos, uno alrededor del eje del radio de la curva y otro alrededor de un punto denominado centro de giro.

2.2. Tipos de material Rodante:

Los equipos ferroviarios se ubican en dos grupos. Equipos tractivos y equipos de arrastre. De donde las ruedas tienen una notable diferencia como se puede observar en la Fig. 2.2.a y Fig. 2.2.b

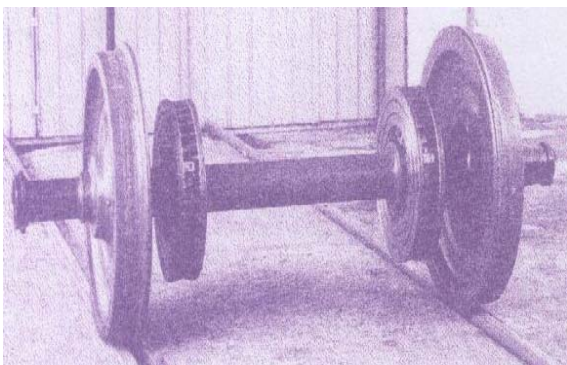


Fig. 2.2.a:Ruedas de un Equipo Tractivo

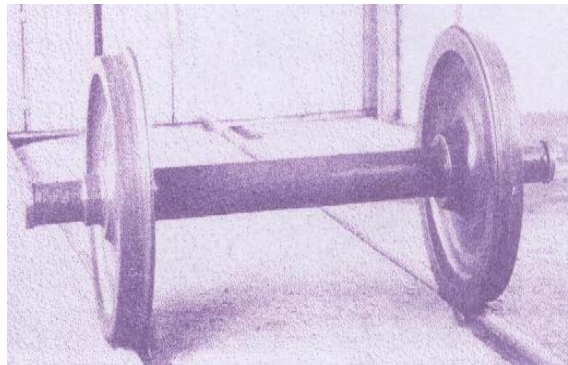


Fig. 2.2.b:Ruedas de un Equipos de Arrastre

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

2.2.1. Equipos tractivos

Los equipos tractivos son los que generan el movimiento, pueden ser: locomotoras, coches motores y otros equipos automotores.

Las locomotoras según la energía que utilicen pueden ser:

➤ **De vapor:** como combustible pueden utilizar: carbón mineral, fuel oil o madera según su fabricación. El vapor producido hace mover los pistones que a su vez mueven las barras que están unidas a las ruedas



➤ **Diesel – eléctricas:** el motor de combustión interna mueve un generador que produce la electricidad necesaria para mover unos motores eléctricos de tracción instalados en los ejes de los



bogies.

➤ **Diesel – hidráulicas:** el motor diesel alimenta unas bombas de presión que hacen mover el mecanismo de los ejes de los bogies de las locomotoras o las barras unidas a las ruedas, semejantes a las de las locomotoras de vapor



➤ **Eléctricas:** se mueven por la electricidad que toma de las conductoras eléctricas instaladas. (Catenaria)



CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

2.2.2 Equipos de arrastre

- **Vagones:** Los vagones pueden ser para cargas y para pasajeros, cada uno de ellos con sus características específicas.



Los equipos para cargas, según el tipo de mercancía que traslade pueden ser:

- **Casillas:** equipos cerrados con puertas de cierre casi hermético, que se utiliza para el traslado de productos envasados, tanto en cajas como en sacos, que requieren de cierta protección contra el intemperismo.
- **Cajones o góndolas:** estos equipos son abiertos por arriba o presentan barandas altas, se utilizan para la carga de mercancías a granel, fundamentalmente granulados.
- **Planchas o plataformas:** equipos lisos, para cargas de gran dimensión. Pueden ser de varios tipos como:
 - Trineos*, planchas que tienen en el piso un sistema de rodillos para trasladar cargas que se coloquen en la vía como carriles, campos o eslabones, etc.
 - Calandrias*, para cargar elementos altos
 - Porta contenedores*, tiene instalados elementos que sirven para fijar los contenedores al piso y evitar su caída o vuelco.
- **Cisternas:** para líquidos, silos para cereales.
- **Tolvas:** para materiales que se descarguen por gravedad, como piedra para el balasto, azúcar a granel, etc.
- **Jaulas:** para la carga de ganado y para caña de azúcar
- **Equipos:** refrigerados para trasladar mercancías de fácil descomposición.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

2.3. Ancho de la vía:

Para determinar el ancho de la vía y sus tolerancias es necesario conocer el:

Calculo Medio de Rodadura: Es una línea ubicada a 70mm de la banda exterior de las pestañas según la Fig.

Plano de Rodadura: Plano Tangente a la superficie de los carriles.

Plano de Calculo: Plano ubicado a la distancia entre 12 y 15mm por debajo de la superficie de la rodadura del carril y se encuentra a 18mm de la banda inferior de la pestaña de la rueda.

t- Distancia entre caras interiores de la rueda (1360±3mm en Cuba)

h- Espesor de la pestaña(33mm en Ruedas Nuevas y 25mm Ruedas en Limite de Desgaste)

ξ- Valor debido a la Deformación elástica de los ejes.

El signo positivo o negativo se debe a que si la carga esta aplicada en el exterior o el interior del eje.

$$q = t + h_1 + h_2 \pm \xi$$

$$S_0 = q + \zeta = 1435 \pm 6 \leftrightarrow 4mm$$

ξ- Juego lateral de la vía es la distancia entre la cara interior del carril y la de la pestaña, cuando una de las ruedas esta pegada al carril (9mm en Cuba).

$$S_0 = q + \zeta$$

$$q = t + h_2 = 1360 + 66 = 1426mm$$

$$S_0 = 1426 + 9 = 1435mm$$

Con desgaste en la pestaña

$$q = t + h_2 = 1360 + 50 = 1410mm$$

$$\zeta = S_0 - q = 1435 - 1410 = 25mm$$

3. Descripción de las actividades que atiende las vías férreas.

3.1. Organización y Estructura.

En los Ferrocarriles de Todo los Países del Mundo, existe una organización especializada dedicada a la construcción y conservación de

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

las instalaciones ferroviarias. La unidad fundamental de esta actividad es la brigada que es la que directamente realiza estas labores.

La organización y estructura de esta actividad comprende cuantas brigadas sean necesarias para la actividad, no obstante existen normas que regulan la cantidad de instalaciones que puede atender cada una de estas unidades para que su utilización fuese eficiente.

Se tiene en cuenta que la brigada este ubicada en un lugar que sea el centro de gravedad de las instalaciones.

En su estructura la brigada tiene no menor de cuatro operarios ya que es el número de hombres necesario para el traslado y colocación de una traviesa de hormigón o de un carril. El número de hombre depende de la cantidad de vías que posean. Cada tres o mas brigadas componen un distrito o sección, la unión de varios distritos o secciones componen una organización que en algún lugar se le denomina división, departamento o como en Cuba distancia o unidad básica económica.

Estas distancias realizan disímiles trabajos como son:

- Construcción
- Reconstrucción
- Reparación
- Mantenimiento

Construcción: Es el montaje de la superestructura en tramos de nuevas construcciones.

Reconstrucción: Es el mejoramiento del trazado cumpliendo radios de curva, ancho de la explanada, aumento de la capacidad portante de los elementos

Reparaciones: Según el volumen de trabajo a realizar pueden ser :

Capital: Cuando se cambian todos los elementos los elementos de la superestructura.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Media y Ligera: Cuando se cambia el elementos aislados como traviesas, balasto y fijaciones, etc.

Cuando el valor de la reparación sobrepasa en un 10 y un 15% del costo inicial de la obra se denomina **Media Capital** si no llega se denomina **Media No Capital**.

Levante: se eleva hasta el nivel requerido cuando la vía tiene asentamientos continuos.

Cambio de Carril: cuando se cambia el carril existente por otro de igual calibre nuevo o de mayor calibre, nuevo o de uso en gran escala.

Mantenimiento: Trabajos que se realizan para prevenir la formación de defectos.

Tema II. Partes componentes de la vía férrea.

Contenido

4. Partes Componentes de la Vía Férrea.

La vía férrea se compone de dos partes:
Infraestructura y superestructura.

4.1. Infraestructura. Definición. Partes Componentes.

Función de la infraestructura.

La infraestructura es la obra ingeniera que se obtiene mediante el movimiento de tierra para llevarla al estado tal, que permita la colocación en su superficie de la superestructura de la vía férrea.

La superestructura no se coloca directamente sobre la superficie de la tierra debido a sus irregularidades.

Para la colocación de la superestructura de la vía férrea se requiere que en los lugares donde el nivel del terreno se halle por debajo de la rasante proyectada se rellene con material y en el caso contrario se corte, es decir sea confeccionada una faja de vía de ancho y alto determinado a todo lo largo del tramo diseñado denominada explanación, explanada o plataforma. De esta forma se obtienen terraplenes cuando el nivel de la rasante proyectada se halla por encima del nivel de terreno y excavaciones en el caso contrario, relacionados muy estrechamente con los drenajes y obras de fábrica

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

necesarias para la evacuación de las aguas o para salvar obstáculos que se interpongan en la dirección de la vía

Las características del ferrocarril hacen que su trazado sea lo más recto y llano posible, por lo que se trata de que no se produzcan pendientes de grandes dimensiones y curvas horizontales de cortos radios. No obstante por la presencia en la superficie terrestre de elevaciones con fuertes pendientes, depresiones, lagunas, ríos, etc.; se precisa construir las explanadas no sólo en rasante sino además con pendientes, rampas, curvas, etc.

La infraestructura se compone no solo de explanaciones, también se compone de: obras de fábricas y obras de drenaje.

En los lugares donde se crucen con ríos, arroyos, depresiones, o elevaciones, etc.; se construyen puentes, viaductos, alcantarillas o túneles, así como canales, canaletas, cunetas y zanjas con vista a conducir las aguas pluviales hacia los arroyos o ríos, también se construyen obras protectoras como banquetas, muros de contención, para evitar deslaves o corrimientos de las capas de suelo.

4.1.1. Explanación. Tipo. Elementos que Componen la Explanación.

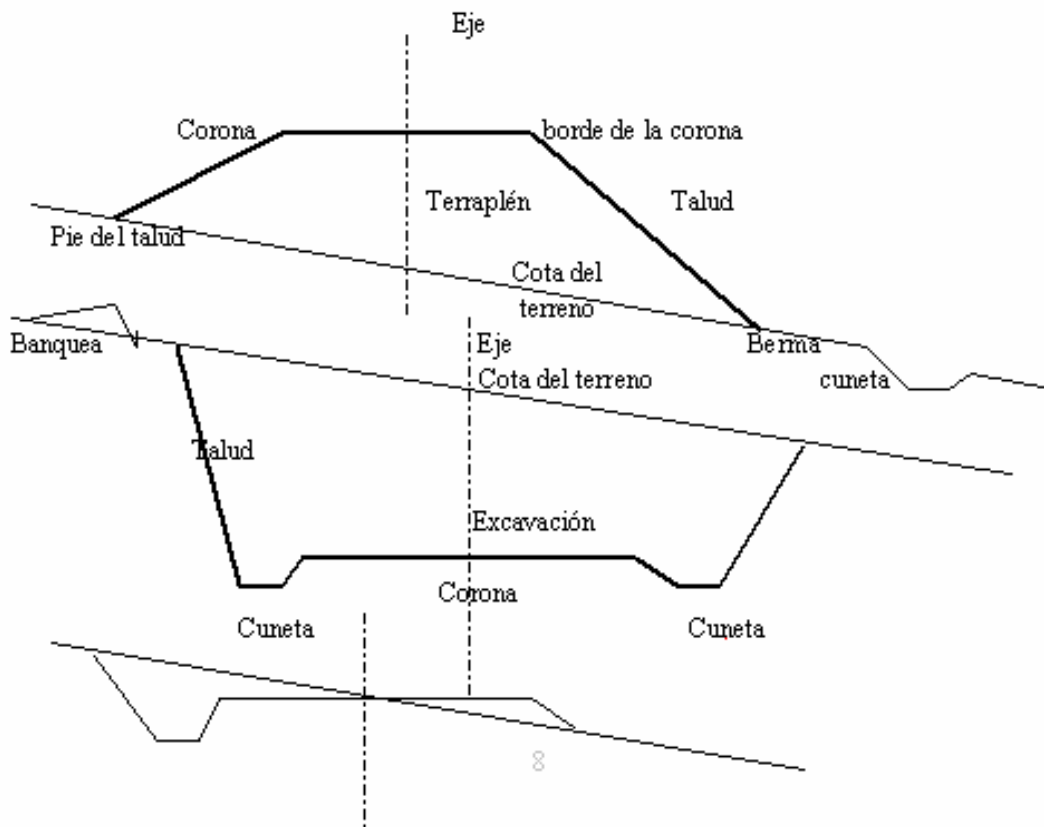
En dependencia de que sea necesario rellenar o cortar las masas de tierra para construir la explanación, se construyen los terraplenes o las excavaciones respectivamente.

Cuando se construyen las explanaciones en laderas, se pueden obtener una combinación de estas dos formas de construir la infraestructura, denominándose semi-excavación, semi- terraplén o semi terraplén- excavación. El punto de traspaso de una excavación a un terraplén donde el nivel de la rasante es igual al nivel del terreno natural, donde no es necesario ni rellenar ni cortar; se denomina punto 0 ó rasante 0. Excluyendo los puntos o rasantes 0, incluso en los lugares donde la capacidad portante del terreno lo permita, no debe construirse la explanada a nivel del terreno, para protegerla de posibles inundaciones.

La faja del terreno donde se construyen las explanadas se denomina base. La parte superior, donde se coloca la superestructura de la vía se denomina corona. Ella está limitada por los taludes.

El punto donde se corta la corona con el talud se llama borde de la corona

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.



El punto donde se corta la base de la explanada y el talud se denomina

pie de talud.

El espacio entre el pie de talud y la obra de drenaje más cercana se denomina bermá. La altura de la explanada se determina por su eje desde el nivel de la corona hasta el nivel del terreno. La profundidad de la excavación se determina por el eje de la vía desde el nivel de la corona hasta el punto donde se corta el eje de la vía y la línea que une los dos bordes del talud. La relación de la proyección vertical del talud con la horizontal, se denomina curvatura del talud.

La configuración de la explanada se construye de tal forma que no permita que se deposite agua en la superficie, así como permitir la posibilidad de colocación de las traviesas o los campos pre ensamblados antes del riego del balasto, sin que se afecte la calidad de la compactación.

En vías sencillas la plataforma se construye en forma trapezoidal, teniendo en su centro un espacio entre el eje y su borde de 1.15 m. elevada sobre la horizontal a 0.15m.

Esta configuración permite colocar sobre ella las traviesas y los carriles, para que puedan circular los trenes de obra y aunque el espacio de 2.3 m es menor que el largo de las traviesas, excluye la formación de aplastamiento en la explanada por la presión

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

de la traviesa. En doble vía se le da forma triangular con su vértice elevado sobre la horizontal a 0.20m.

Secciones transversales.

El ancho de la corona se determina por las dimensiones del prisma de balasto que se va a colocar en ella y el ancho del paseo, que se necesite para garantizar la estabilidad de la explanada y de las necesidades en la explotación, en doble o más vías, también depende de la distancia entre ejes de carrileras.

Los anchos más comunes para vías sencillas son: 5.50m y 6.00m, para doble vías 6.00m + E, donde E es el ancho del entrevías.

En las excavaciones se permite reducir la anchura de la explanación cuando se usan muros de contención o en trincheras hechas en rocas estables, poco erosionables y sin desprendimientos, determinándose la distancia desde el eje de la vía extrema hasta el muro o hasta el talud de la trinchera a nivel de la base de la traviesa en dependencia de los métodos de trabajo que se asuman para la excavación. Esta distancia no será menor de 3.7m a cada lado para líneas de clase I y II; y no menor de 3.7m a un lado y 3.0m a otro para líneas de clase III; IV y V.

En los tramos curvos la anchura de las explanaciones tendrá un sobreaño por el lado exterior con los siguientes valores:

Para líneas de clase I; II y III

Para radios de: 3000m o mayor	0.10m
2500- 1800	0.20
1500- 700	0.40
600 o menor	0.50

Para líneas de IV y V

Para radios de: 2000 o mayor	---
1800- 1200	0.10
1000- 700	0.20
600 o menor	0.30

En tramos de dos o más vías y por entrevías no mayores de 4.50m las magnitudes anteriores se incrementarán con el sobre ancho necesario para las entrevías en curva

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

el cual se obtendrá por cálculos en función de la longitud del equipo rodante, el radio de la curva y la súper elevación de las vías.

Para entrevías mayores de 4.50m no se requerirá dicho incremento.

Taludes de la explanación.

Los taludes se establecen según el tipo de suelo con que se construyen y la altura del terraplén o la profundidad de la excavación, en este último caso se tienen en cuenta las condiciones geológicas de la región donde se construye la explanada.

En condiciones ingeniero- geológico, favorable las pendientes de los taludes se construyen con las siguientes medidas

Tabla 4.1.1.a. Pendientes de los taludes de los terraplenes.

Los de suelo a utilizar en el terraplén	Pendientes		
	Altura de talud hasta 6.0m	Altura de talud hasta 12.0m	
		Parte superior hasta 6.0m	Parte inferior
Rocas poco erosionables, gravas, arenas pedregosas o de granulometría gruesa y media Para todas las clases	1:1.5	1:1.5	1:1.5
Arcillas, calizas, rocas blandas, arena arcillosa. Para todas las líneas	1:1.5	1:1.5	1:1.5
Arcillas de consistencia plástica Para líneas I, II y III clases Para líneas de IV y V clases	1:2 1:1.75	- -	- -

Tabla 4.1.1.b. Pendientes de los taludes en excavación.

Tipo de suelo	Pendientes
Suelo rocoso poco erosionable: granito, diabasas, areniscas cuarzosas, pizarras metamórficas y calizas cristalinas, si no buzan hacia la explanación.	1:0.2 a 1.0; 0.5
Suelos rocosos y semi rocosos fácilmente alterables: calizas descompuestas, margas, serpentinias, pizarras arcillosas.	1:1 a 1:1.5
Suelos con grandes bloques de rocas, arcillosas, arenosas de estratificación homogénea.	1:1.5

Para profundidades de trincheras mayores de 6.0 m se construirán bermas cada 6.0m a partir del fondo de la misma. La anchura de la berma estará en dependencia del tipo

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

de suelo, no debiendo ser menor de 1.5 m. para suelos arcillosos y limosos húmedos o grasos o en rocas fácilmente alterables, la anchura no será menor de 2.0 m.

En suelos rocosos de difícil alteración, en condiciones ingeniero - geológicas favorables y cuando se utilizan explosivos colocados en terrenos previamente perforados, se permiten taludes verticales.

En suelos arcillosos o limosos en regiones excesivamente húmedas, las pendientes de los taludes serán de 1:2. La profundidad de la excavación no será mayor de 6.0m. para profundidades mayores se realizarán diseños individuales.

4.1.2. Obras de fábrica.

Como ya dijimos las obras de fábrica se construyen, cuando en el trazado se encuentra obstáculos con sus cotas de nivel diferentes a la cota de la explanada, como ríos, arroyos, furnias, montañas, etc.

Las obras de fábrica pueden ser mayores o menores.

➤ Obras de Fabrica. Tipo.

Las obras de fábrica pueden ser: Mayores o menores.

✓ Obras de fábrica Mayores:

Son mayores, aquellos que rompen la continuidad de la explanada, como puentes y viaductos. Estos a su vez pueden ser según el material con que se construyan: de madera, de metal, de hormigón y combinados por varios materiales.

Según su construcción pueden ser, de cama abierta o cerrada

Son de cama abierta las que son construidas por vigas y las sustentaciones se colocan directamente sobre ellas.

Son de cama cerrada los que la superestructura de la vía se encuentra sobre una capa de balasto.

**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**



Puente de cama abierta (de estructura)



Puente de cama cerrada, estructura de hormigón

Los viaductos son obras de fábrica mayores que se construyen cuando en el trazado la diferencia de nivel entre el terreno y la rasante es tal que los terraplenes serían tan altos que su costo sería mayor que la construcción de una estructura.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Los túneles también son obras de fábrica mayores, su construcción se determina cuando al igual que en los viaductos la diferencia de niveles es excesiva y el costo de su construcción es inferior al costo de profundas

✓ **Obras de fábrica menores:**

Son obras de fábrica menores aquellas que no cortan la continuidad de las explanadas.

Se conocen con el nombre de alcantarillas y pueden ser: de arcos, de tubos, de cajones y prefabricadas llamadas también en Cuba pata de elefante por la forma de su base.

4.1.3. Obras de Drenaje. Definición. Tipos

Drenaje de aguas superficiales: La estabilidad y resistencia de las explanaciones dependen en gran medida a la presencia y buena asimilación de las obras de drenaje y su buena construcción, el ángulo de fricción interna del suelo, su fuerza de adherencia, su capacidad portante en régimen de humedad disminuyen considerablemente. Si aumenta la velocidad de la corriente, el agua puede socavar la explanación. Por eso se toman medidas para contrarrestar el humedecimiento y socavación de la explanada. Estas medidas consisten en que ante todo debe garantizarse una corriente de las aguas lo más lenta posible y que las obras sean capaces de evacuarlas lo más rápidamente posible o disminuir el nivel de las aguas hasta el mínimo.

Para evacuar las aguas superficiales de las explanaciones, se construyen cunetas, canales de derivación, drenes de distintos tipos, etc.

Las pendientes longitudinales del fondo de las cunetas, estarán en los límites entre 0.3-0.8% pero con cubrimientos especiales pueden llegar a ser pendientes mayores.

La sección transversal de estas cunetas, canales o canaletas se calculan en dependencia del gasto. La menor profundidad se determina como el nivel máximo de las aguas más 0.2 m, pero en todos los casos la profundidad no debe ser menor de 0.6m. Los taludes no menores de 1:1.5. La ubicación, las medidas de la sección y los taludes se proyectan de tal forma para que el agua circulase por ellas sin que se desborde y sin que la velocidad fuese tal que no socavase ni deslavase y al mismo tiempo no dejase residuos sólidos del arrastre.

En planta las cunetas se ubican en línea recta, perpendicular al lugar donde desagüe. Se diseñan además pendientes transversales en las cunetas y canales para que el

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

agua no regrese a la explanada. En perfil, las cunetas y canales se construyen con una pendiente del 2% y en algunas líneas de I categoría pueden llegar hasta un 4%.

4.2. Superestructura de la Vía Férrea. Definición. Partes Componentes.

La superestructura de la vía férrea se compone de 4 elementos fundamentales. Carriles, sustentaciones, fijaciones y balasto.

4.2.1. Carriles. Función de los carriles. Composición química del acero para carriles. Perfil del carril. Tipos de carriles.



➤ **Función de los carriles.**

Los carriles son elementos de acero laminado sobre los cuales se desplazan las ruedas de los equipos rodantes. Tienen la función de recibir las cargas que provienen de las ruedas y transmitir las hacia los apoyos, así como deben ser lo suficientemente resistentes como para soportar las cargas debidas al movimiento de serpenteo de los equipos ferroviarios, sin sufrir grandes deformaciones tanto en el plano horizontal como en el vertical. Estos movimientos aplicados al carril le traen asentamiento en los apoyos, flexión en los planos, torsión, aplastamiento, desgaste y algunas veces partidura del metal, así como la deformación de la vía en su conjunto que se representa por pandeos.

Las fuerzas fundamentales que determinan el contorno general del carril son: fuerzas verticales (peso del equipo afectado por un coeficiente dinámico al ponerse en movimiento el equipo) que flexan al carril como a una viga con apoyos elásticos. La forma de la sección transversal del carril se determina a partir de este parámetro y se

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

comprueba para garantizar la explotación normal del mismo, tomando las acciones que actúan sobre la vía. la mejor forma de elemento portante para trabajar a flexión bajo carga estática es la viga I. Esta forma quedó como base para la confección de los carriles, aunque con modificaciones en su perfil. Para esto el ala superior se hizo más volumétrica con el fin de obtener mayor superficie de apoyo para las ruedas, se mantuvo la garganta estrecha y la base se modificó en cuanto a volumen y configuración. En nuestros días se utilizan carriles con cabezas o corona en ambos extremos y otros con su base o patín muy anchos. El carril trabaja a flexión en su totalidad, la corona trabaja además al aplastamiento y al desgaste y cuando no existe suficiente resistencia, debido a la alta presión de contacto del material rodante; la corona tiende a laminarse, por la acción ininterrumpida de las ruedas. Es por ello que en la corona del carril se concentra una gran cantidad de metal que garantiza una alta resistencia al desgaste. Debido a que los extremos de los carriles deben unirse unos con otros (juntas), esta unión debe ser resistente, el perfil del carril debe hacer que se cumplan esos requisitos.

A mayor carga por rueda, a mayor velocidad de movimiento del equipo rodante, a mayor volumen o tensión de carga que circule sobre el carril; mayor deberá ser su resistencia (mayor momento de inercia, mayor módulo de sección), mayor la resistencia al desgaste, mayor deberán ser su dureza, la viscosidad de su metal, su resistibilidad, tensiones local y total, especialmente la de contacto. La resistencia total a la flexión, su dureza y su resistencia al desgaste en general lo garantizan el uso de aceros de alto contenido de carbono. Por eso los carriles más potentes y pesados, generalmente tienen alto contenido de carbono.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías

Férreas.

4.2.1.2. Características Geométricas.

Tipos de carril más conocidos y sus características

Tabla 4.2.1.2.a Características técnicas y geométricas de los carriles.

Tipo	Peso Kg/m	Área de sec ción cm ²	Altura del carril mm	Ancho del patín mm	Altura de la coron a mm	Ancho infe rior de la coron a mm	Ancho supe rior de la coron a mm	Espe sor de garga nta mm	Altura del patín mm	Mo mento de inerci a hori zontal cm ⁴	Mó dulo de sec ción cm ³
P43	44.65	57	140	114	42	70	70	14.5	27	1489	217.3
P50	51.62	65.94	152	132	42	71.9	70	16	27	2018	286
P65	64.64	82.56	180	150	45	75	72.8	18	30	3548	436
P75	75.1	95.8	192	168	48.5	75	72.4	20	33.5	4597	547
P75	74.44	93.06	192	150	55.3	75	71.8	20	32.3	4490	509
90RAA	45.3	56.91	142.9	130.2	37.3	65.1	65.1	14.3	25.4	1611. 1	225.4
100RE	50.3	64.2	152.4	136.5	42.1	68.3	68.3	14.3	26.99	2039. 9	267.6
115RE	57.7	72.6	168.3	139.7	42.9	69.1	69.1	15.9	28.6	2730. 9	324.5
132RE	66.5	83.6	180.9	152.4	44.5	76.2	76.2	16.7	30.2	3671. 7	405.9
136RE	68.5	84.16	185.8	152.4	49.2	74.6	74.6	17.5	30.2	3950. 7	425.2
140RE	70.8	89.0	185.8	152.4	52.4	76.2	76.2	19.1	30.2	4029. 8	433.8
ORE71	71.27	90.89	186.0	160.0	52	76.5	74.0	18.0	29.5	4151. 7	498.7
UIC60	60.34	76.86	172	150	52	76.3	72.0	16.5	31.5	3055. 4	335.5

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

➤ **Determinación del tipo de carril de acuerdo al peso por unidad de longitud.**

Para la determinación del peso de los carriles a utilizar en un tramo hay que conocer las características del equipo que circulará por él y la densidad del tráfico a circular y la velocidad de circulación. Conociendo estos datos podemos determinar que tipo de carril se requiere para el lugar dado.

Con este fin se han planteado varias teorías, la primera fue propuesta en el Congreso Ferroviario del Cairo y consiste en determinar el paso del carril a partir del peso por eje del equipo más desfavorable, teniendo la forma:

$G = 2.5 P$ Donde P viene dado en Toneladas

V - en kilómetros por horas.

Esta expresión es racional para

$V \geq 160$ Kph

Yershov propuso utilizar la velocidad como medio para hallar el peso del carril, y la expresión utilizada fue la siguiente:

$$G = \frac{V \max}{2.2} \text{ donde } V \text{ en } KP \quad H \dots$$

G en Kg/m

Shulga propuso utilizar el ciclo de carga circulante por la vía en cuestión para determinar el tipo de carril y formuló la siguiente expresión:

$$G = 31.046 T^{0.203} \dots \dots \dots \text{II. 3}$$

Donde T, en millones de toneladas al año.

Shajunianz propuso unificar todas estas expresiones en una y formuló la siguiente expresión:

$$q = a \left(1 + \sqrt[4]{T} \right) \left(1 + 0.012 v \right)^{0.666} p^{0.666} \dots$$

Donde: a- coeficiente que toma el valor de 1.2 para vagones y 1.13 para locomotoras

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

V- velocidad máxima en KPH

P- Carga por eje del vehículo más desfavorable en T.

El campo de aplicación de estas fórmulas abarca hasta velocidades menores o iguales a 160 KPH

Tabla 4.2.1.2.b. Comparación de los resultados obtenidos utilizando todas las expresiones antes estudiadas.

Datos				Expresiones			
a	T	V	P	El Cairo	Yershov	Shulga	Shajunianz
1.13	15.0	160	18	45	72.7	53.8	47.0
1.13	12.0	140	22	55	63.6	51.4	50.3
1.13	10.0	120	22	55	54.5	49.5	44.7
1.20	20.0	100	25	62.5	45.4	57	53.9
1.20	80	80	30	75	36.3	75.5	72.2

De los resultados obtenidos se escoge la de mayor valor

4.2.1.3. Defectos y Desgastes. Tolerancias.

➤ Defectos de los carriles.

En los carriles se producen Defectos por varias razones, las cuales enumeraremos en este epígrafe.

➤ Desgastes.

El desgaste se produce debido al contacto entre la pestaña o la llanta (superficie de rodadura) contra el carril. Este desgaste puede ser vertical u horizontal. El desgaste horizontal se produce principalmente en las curvas por el roce e impacto entre la rueda guía con el borde de trabajo de la corona del carril. El desgaste vertical la produce la llanta de la rueda, principalmente cuando se encuentra en zona de frenado o aceleración. El desgaste equivalente, es la suma del desgaste vertical y la mitad del desgaste horizontal o lateral.

El desgaste permisible en los carriles, es el desgaste equivalente máximo que permite que los trenes circulen por una vía. El desgaste vertical es el que más afecta, pues de llegar a tener el carril un desgaste excesivo puede provocar que las pestañas de las

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

ruedas golpeen los tornillos de las juntas y con ello deteriorar este punto de la vía que se considera uno de los más peligrosos. (Ver tabla 4.2.1.3.a)

Tipo de desgaste y características de las vías donde este se produce	P50 ó equivalente	P43 ó equivalente	Menor de P43
Desgaste equivalente			
Vías principales con velocidades entre 121 y 140 km/h	7 (4)*	---	---
Vías principales con densidad de carga mayor de 10 mill ton por km y velocidades de 120 km/h o menos	10 (3.5)	8 (3)	---
Vías principales con densidad de carga menor de 10 mill ton por km	13 (5)	9 (4)	6 (1)
Carrileras de recepción y expedición en vías con tensión de carga mayor de 10 mill ton por km	16 (9.5)	12 (5.5)	9 (5.5)
Otras vías de patio	19 (11)	15	12 (7)
Desgaste lateral			
Vías principales con velocidad entre 121 y 140 km/h	6	---	---
Vías principales, de recepción y expedición con densidad de carga mayor de 10 mill ton por km al año	13	10	7
Resto de las vías de expedición y recepción	16	13	10
Desgaste vertical de la corona del carril con mordazas de barra, independientemente de la categoría de la vía	10	7	7 a 10

Tabla 4.2.1.3.a Desgaste de los carriles (El valor entre paréntesis es el desgaste vertical).

El desgaste vertical se mide en el centro del carril y el desgaste lateral a la altura igual a 13 - 14mm del nivel de rodadura del carril. Los Defectos se miden con calibradores especiales.

Grupo de Defectos en los carriles.

Los Defectos de los carriles pueden ser producidos en el proceso de fundición o por efecto de los equipos. Existe una clasificación que comprende 9 grupos.

- **Al grupo 1** pertenecen los Defectos por laminación y desmoronamiento del metal en la superficie de rodadura, producidos por fisuras internas o por defectos de fabricación, también se deben al acelerado y frenado.
- **Al grupo 2** pertenecen las fisuras transversales en la corona del carril y las roturas debido a estas causas. Las causas pueden ser por Defectos de fabricación o por impactos dados por la pestaña de la rueda.
- **Al grupo 3** pertenecen las fisuras longitudinales en la corona del carril. La laminación puede ser vertical u horizontal. La causa principal es por defectos de fabricación: metal contaminado por elementos no permitido en el proceso de fundición, acumulación de fósforo y azufre en alguna parte del elemento, así como otros deterioros de la estructura del metal. La fisura longitudinal se desarrolla por bandazos, baches, incorrecta súper elevación en el carril exterior de la curva.
- **Al grupo 4** pertenecen el aplastamiento y desgastes no uniforme de la corona del carril. Los aplastamientos ocurren en los extremos del carril donde se crea una ondulación semejante a la silla de montar. En estos Defectos se produce en la mayoría de los casos rebabas a un lado y otro. Se observa frecuentemente en carriles fabricados con acero blandos. Su aceleración lo producen las juntas bajas, las calas topadas o muy abiertas. Los desgastes ondulatorios se producen con mas frecuencia en los tramos de aceleración y frenado y muy característico de los tramos donde circulan locomotoras diesel y locomotoras de tracción elástica.
- **Al grupo 5** pertenecen los defectos en el alma del carril o debajo de la corona del carril. Se producen por la incorrecta colocación del carril sobre las sillas, poco mantenimiento de la súper elevación del carril exterior de la curva.
- **Al grupo 6** pertenecen los defectos y deterioros en el patín del carril.
Estas fisuras llegan a romper una parte del patín o hacer que el patín se seccione.
Estas fisuras se producen como resultado de defectos fabriles de fundición.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

El desarrollo de estas fisuras es posible como consecuencia de un mal mantenimiento a las vías, por falta de apoyo del carril en la silla, por inclinación brusca del carril hacia el eje de la vía, así como inclinaciones longitudinales debido a bandazos. El impacto que le da la rueda al carril provoca el surgimiento de tales fisuras. El peligro mayor lo representan las fisuras internas o burbujas en el centro del patín.

- **Al grupo 7** pertenecen aquellas roturas que presenta el carril en toda la sección, exceptuando las indicadas en el grupo 2, esas debidas a inclusiones sólidas en el metal, por el impacto de las ruedas con planos.
- **Al grupo 8** pertenecen los defectos por flexión del carril que generalmente se producen por impactos bruscos o por accidentes sobre la vía.
- **Al grupo 9** pertenecen los defectos no incluidos en los 8 grupos anteriores.

4.2.1.2. Métodos para la eliminación de los defectos y desgastes.

Los defectos de quemadura y del carril se eliminan utilizando piedras de esmeril, que se pasan por la superficie y bordes laterales de la corona.

Como hay pérdida de superficie, cuando esta quemadura rebasa las dimensiones permisibles, se llevan a las plantas de soldar carriles y se les rehace su configuración.

4.2.2. Sustentaciones. Funciones. Tipos.

Las sustentaciones pueden hacerse en forma de apoyos en bloques separados, distribuidos en cada banda de carril de forma perpendicular, traviesa; longitudinalmente al carril, marco o losa. Su función fundamental:

Recibir las cargas y presiones del carril y distribuirlas al balasto; mantener de forma invariable el ancho de cartabón y junto con el balasto mantener la alineación de la vía de forma correcta e invariable.

Mantener el aislamiento eléctrico entre los dos carriles.

Si las corrientes parásitas provenientes de la electrificación pueden perjudicar a las instalaciones enmarcadas en el entorno de la línea, la traviesa debe ofrecer características aislantes con el objeto de evitar los daños.

Para dar cumplimiento a las funciones antes mencionadas, las sustentaciones deben cumplir con los siguientes factores:

El largo y su ancho influyen sobre la estabilidad de la vía en el plano vertical.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

El ancho y el peralte influyen en la estabilidad de la vía en el plano horizontal de forma transversal, en esto también influye el peso de la traviesa.

Del peso y de sus dimensiones, también depende la estabilidad longitudinal de la vía. Las sustentaciones deberán darle a la vía una capacidad elástica para absorber las cargas dinámicas, disminuyendo así, los gastos de mantenimiento y reparación de las vías.

La más utilizada de las sustentaciones es la traviesa

Las traviesas se clasifican según su material y según su forma. Material para la confección de las traviesas.

El material para la confección de las traviesas puede servir: metales, madera y hormigón y materiales sintéticos. Las más utilizadas en el mundo son las traviesas de madera. También son utilizadas en muchos lugares las traviesas metálicas.

Las traviesas se colocan en la vía en un orden riguroso. El esquema de distribución de las traviesas en un campo, se denomina diagrama de distribución de las traviesas. En el diagrama se nombra: l- largo del carril; a- dimensión de la distancia entre traviesas en el centro del carril; c- lo mismo pero en las juntas; b- las traviesas colocadas antes que las de las juntas.

Formas. Características. Materiales Utilizados.

➤ **Traviesas de madera:**

Las traviesas de madera tienen un sinnúmero de condiciones ventajosas. Ellas son elásticas, se distribuyen por el balasto con más facilidad y son manuales. Tienen formas simples que garantizan un calzado fácil y la posibilidad de meterlo bajo la traviesa.

Las especies de madera más utilizadas para la confección de traviesas son: abeto, pino, alerce, roble, quiebra hacha, caoba, haya, etc.

El roble, la haya, la caoba y el quiebra hacha pertenecen a especies maderables dura, el pino y el abeto son blandas y el alerce pertenece al grupo de las semi duras.

Además de estas especies algunos países utilizan también álamo, castaño, ciprés, abedul, etc.

En la **tabla 4.2.2.a**. Se muestran las propiedades mecánicas de algunas de estas especies en por ciento con relación al abeto.

**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**

Tabla 4.2.2.a. Características de algunas especies maderables.

Especie	Peso específico	Límite de resistencia a		Resistencia a la flexión por impacto	Dureza	
		Compresión al hilo	A la flexión		lateral	En la cabeza
Abeto	100	100	100	100	100	100
Cedro	98	87	86	84	89	100
Pino- abeto	89	87	84	84	--	124
Pino	113	106	107	100	135	114
Alerce	149	141	140	155	242	188
Haya	153	124	135	206	346	270

La madera utilizada como traviesa debe ser resistente y fuerte, no tener defectos, que traigan consigo su deterioro, con un peso específico superior a 750 Kg/cm^3 , una buena capacidad de anclaje, para los tirafondos no menos de 4000 kg a la extracción, un pequeño coeficiente de contracción volumétrica, una adecuada elasticidad y la propiedad de absorber hasta su profundidad sustancias antisépticas, no deberán tener jorobas ni nudos.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

4.2.2.1. Forma y dimensiones.

➤ **Traviesas de madera.**

La forma de la traviesa es un paralelepípedo.

La sección transversal de la traviesa de madera se establece partiendo de los siguientes criterios:

El apoyo superior debe ser suficiente como para poder colocar sobre ella las sillas, aunque esta última debe ser más estrecha que el ancho de la traviesa.

La parte inferior debe ser lo suficiente ancha como para que la presión sobre el balasto vaya disminuyendo y no ser extraordinario, para poder compactar y calzar debajo de la traviesa.

El espesor de la traviesa debe garantizar un momento de inercia y un módulo de sección necesarios teniendo en cuenta su desgaste y su pudrición, las reparaciones que sean necesarias en el periodo de explotación.

La forma de la traviesa debe ser tal que en el proceso de corte no se desperdicie madera.

La longitud de la traviesa depende más del aspecto técnico que del económico, no obstante debe ser racional. La longitud oscila entre 2400 y 2800 mm.

Las traviesas por la forma de elaborarla pueden ser: elaboradas a cuatro o a dos caras.

✓ **Antisépticos utilizados.**

Para la protección de las traviesas de madera contra la pudrición, se utilizan varios antisépticos, como son:

Cloruro de zinc. ($Zn Cl_2$) Sal metálica de zinc, de cristales incoloros, pero que en polvo toma una coloración blanca, que se diluye fácilmente en el agua, muy hidróscopica.

Para aplicarla en las traviesas se utiliza una solución acuosa con un contenido del 2.5 hasta 5 % con una humedad de la traviesa del 5 —10 %.

Fluorato de sodio (NaF). Sal metálica de sodio, polvo blanco poco soluble en agua. La saturación máxima, a 15° C es igual al 4.2 %. Para la aplicación en la traviesa se utiliza una solución acuosa de no menos del 1.8 %. Este es un antiséptico muy fuerte contra los hongos altamente organizados y muy débiles contra los mohos. Por eso generalmente se utilizan en combinación

Los mejores antisépticos utilizados hoy, son los de solución grasosa, dentro de estas, las de aceite de enquistos (pizarra) son mejores que los de hulla., pero presentan una

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

gran viscosidad. Las traviesas tratadas con este tipo de antiséptico toman una coloración negruzca.

La impregnación de las traviesas se realiza a presión requiriéndose que la traviesa este al 85 % como mínimo de saturación existen dos métodos de impregnación, a célula llena y a célula vacía.

✓ Tiempo útil de la traviesa de madera.

El tiempo útil de una traviesa de madera depende de la densidad de tráfico, de la carga por eje de los equipos que circulen y de las condiciones climáticas. Una gran influencia en este tema lo ejerce el mantenimiento que se le haga a las mismas. La madera dura tiene una duración como promedio entre 30 – 40 años. Para madera blanda y semi blanda, con un estricto mantenimiento sobre las vías y las traviesas el máximo de vida útil es de 15 años.

➤ Traviesas de hormigón.

En 1877 Monnier, creador del hormigón armado; planteó que este material podría servir como traviesas, diseño un modelo que no tuvo éxito en los primeros intentos.

A partir de ese momento se hicieron distintos modelos de traviesas de hormigón armado, con cierto éxito en Austria e Italia.

Las traviesas de hormigón pueden ser armadas, pre tensadas y pos tensadas. Su desarrollo en el mundo ferroviario se debe fundamentalmente a la escasez de bosques y también por factores económicos, ya que son más duraderas y requieren de un menor gasto de mantenimiento.

En las traviesas de hormigón pre y pos tensado, pueden usarse alambres o cables. Pueden ser mono bloques o bibloques.

Las traviesas de hormigón no pretensado son sensibles a la formación de fisuras. Por eso no se les debe transmitir grandes momentos flectores. En relación con esto, este tipo de traviesa en forma mono bloque, no se utiliza en la generalidad. Es más racional en este tipo de traviesa utilizarla en forma de bibloque con una barra, generalmente angular entre los dos bloques, e incluso su uso se limita a líneas de bajo peso por eje y de poca densidad de tráfico. En Francia, Argelia, Suiza, España, África del Sur está muy extendido el uso de la traviesa RS cuyos bloques tiene 720 mm de largo, 220 mm de alto en el área bajo el carril, 190 mm en el punto interior y 290 mm de ancho, entre los dos bloques se coloca una viga en forma de T de 62mm, el largo total de la traviesa es de 2244mm.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

La desventaja general de esta traviesa es la poca área de transmisión de presiones al balasto, lo que crea un aumento de presión sobre este último y la corona de la explanada. Además la poca rigidez entre la unión de los bloques da la posibilidad del desplazamiento y su giro en relación de un bloque con otro y con ello la variación de dimensión de la trocha o ancho de la vía. En Holanda y Polonia en los tramos experimentales con el fin de aumentar la rigidez del sistema de apoyos se unen uno con otro por medio de tubos enlazados en forma de zigzag. Para crear alguna tensión en los bloques, en Suecia se unen con tubos de 63 mm de diámetro colocándole por dentro alambre de 17mm diámetro que se anclan en el extremo exterior de la traviesa y se estiran. Este estiramiento crea una tensión en los bloques, que se concentra fundamentalmente alrededor del alambre. El tubo se rellena con una mezcla de cemento. No obstante estas variaciones no excluyen las desventajas de este tipo de traviesa, al igual que la traviesa de dos articulaciones pretensadas. Esta articulación se garantiza con planchuelas de material sintético o madera prensada u otro material resistente con suficiente elasticidad. Gracias a estas articulaciones los bloques extremos pueden sufrir giros alrededor del central, el cual unido a esto puede permitirse una pequeña flexión y se excluye la posibilidad de producirse fisuras en la traviesa. La experiencia ha demostrado que este tipo de traviesa no satisface las exigencias del ferrocarril. La movilidad de los bloques, el deterioro del hormigón, la colocación de platinas para crear articulaciones, el debilitamiento de las tensiones, la ampliación o disminución de l ancho del cartabón debido a los giros que les permiten las articulaciones a los bloques que deforma la inclinación normal es precisamente la desventaja que presenta este tipo de traviesa.

La traviesa más racional es la traviesa mono bloque pretensada. Estas traviesas son más fáciles de construir. Sin embargo la poca cantidad relativa, de alambres o cables crea una distribución no uniforme de tensión en la sección transversal de la traviesa, concentrando la tensión muy cerca de los alambres. En relación con esto, paulatinamente se produce la transmisión desde uno hasta cuatro cables o más de cuatro filas de alambre, Para estas traviesas se utilizan alambres de 10- 14mm de diámetro (con límite elástico y resistencia, en dependencia al diámetro; de 55 y 90 Kg/mm² hasta 135 y 150 Kg/mm²)

La tendencia a crear una tensión más uniforme en la sección transversal de la traviesa nos llevó a la variante de 8 y 9 alambres de perfil redondo de 7mm o de perfil periódico

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

ovalado de 8 y 11mm. Para una mayor garantía y la creación de tensiones invariables en el acero se garantiza la adherencia del hormigón y la armadura a partir de inyectar una mezcla de cemento después del tensado.

En Cuba utilizamos la traviesa mono bloque Cuba 73 producida en la Planta de Traviesas de hormigón de Santa Clara a partir de una tecnología Soviética del modelo C-56-3, que utiliza 44 hilos de alambre de alto límite elástico tensado en frío de resistencia nominal de 190 Kg/mm^2 , de 3 mm de diámetro de perfil periódico, con un hormigón de marca 500. Para el uso de tornillos de cabeza T se deja dentro del hormigón una arandela de sujeción de acero inoxidable y se construye un espacio vacío para que pueda insertarse el tornillo. Para el uso de tornillos tirafondos se deja un taco plástico o de madera embebida en el hormigón, para mayor adherencia se enrolla un alambre alrededor del taco en el momento de fundir el hormigón.

Para disminuir la presión sobre el balasto los extremos de las traviesas se construyen más anchos que su centro, donde el ancho de la traviesa es de 245 mm mientras que en los extremos es de 300mm. Para aumentar la resistencia al desplazamiento sobre el balasto, a la base de la traviesa en los límites del centro se eleva en 10 mm y se le construyen depresiones en forma cuadrículadas. El peso de la traviesa es de 250Kg y del acero 6.9Kg.

Las traviesas se calculan para cargas por rueda simétricas de 147 KN a estabilidad y 117 KN a la fisura.

Traviesas metálicas.

Las traviesas metálicas se construyen de acero, de hierro fundido y a partir de carriles que no pueden ser utilizados en las vías.

Las características de los aceros utilizados para carriles se pueden ver en la **tabla 4.2.2.1.a.** y están regidas por el proceso de fabricación que puede ser Thomas, Bessemer ácido, Siemens- Martin básico, siemens- Martin básico, Eléctrico o Linz-Domwitz, etc.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

➤ Formas y dimensiones de las traviesas de acero laminado.

Las traviesas metálicas pueden ser mono bloques y b bloques. Las traviesas bi bloques con un elemento de arriostre entre bloques son en general de fundición y las riostras de perfil laminado.

Las mono bloques de acero laminado tienen una sección transversal semejante a una viga U.

Tabla 4.2.2.1.a. Composición de los aceros para traviesas

Tipo de acero	Composición química del acero para traviesas en %						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu
Thomas 37 Kg/mm ² efervescente	0.05	Trazas	0.40	0.07	0.04	-	0.08
Martin 37 Kg/mm ² calmado	0.12	0.12	0.40	0.02	0.03	-	0.08
Martin 37 Kg/mm ² con cobre	0.14	0.30	0.55	0.02	0.03	-	0.30
Martin 50 Kg/mm ²	0.33	0.25	0.55	0.03	0.03	-	0.10
Martin 52 Kg/mm ² con cobre	0.12	0.40	1.20	0.04	0.03	-	0.25
Martin 37 Kg/mm ² con fósforo	0.12	trazas	0.35	0.14	0.02	-	0.10
Martin Con Silicio y Cromo	0.12	1.30	0.35	0.01	0.01	2.70	0.10

4.2.2.4. Defectos de las traviesas y largueros.

➤ Defectos de las traviesas y largueros de madera.

Los defectos que se producen en estos elementos son originados fundamentalmente por agentes biológicos, ocurren con mayor frecuencia en el área bajo los carriles y se desarrollan debido al esfuerzo cíclico a que se ven sometidos. Otros defectos son producidos por la acción mecánica del carril al paso del tren, que

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

provoca aplastamiento en la superficie bajo el carril o la silla, que produce fisuras y roturas de esa capa.

➤ Defecto de las traviesas de hormigón.

Los tipos de defectos que podemos encontrar en las traviesas de hormigón se clasifican en 6 grupos:

- ✓ **Grupo 1** se presentan las fisuras, excepto con descubrimiento del acero, así como fisuras horizontales longitudinales en la parte media y en el área bajo el carril.
- ✓ **Grupo 2** se encuentran los desconchados.
- ✓ **Grupo 3** el deterioro de la traviesa con descubrimiento del acero, así como también fisuras horizontales longitudinales en la parte media y bajo el carril.
- ✓ **Grupo 4** se hallan las partiduras o flojedad en el acero.
- ✓ **Grupo 5** defectos en los orificios o en los tacos.
- ✓ **Grupo 6** Otros defectos.

4.2.3. Fijaciones. Función. Tipos.

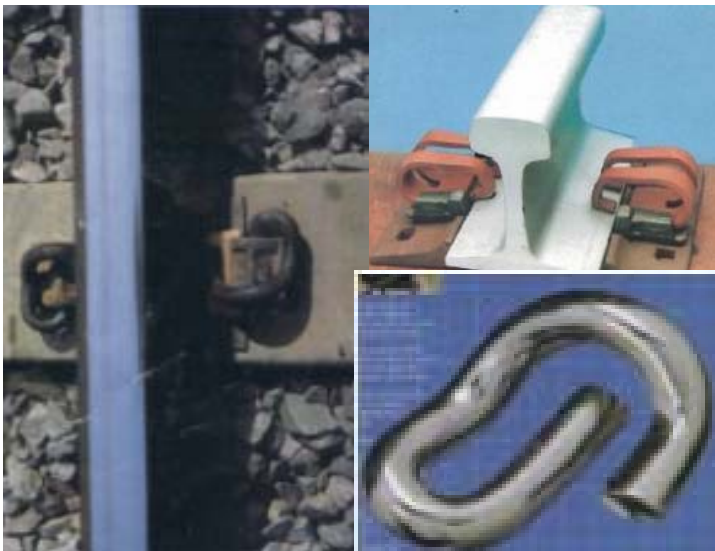
Las fijaciones son elementos que se utilizan para unir dos o más elementos de la superestructura. Según los elementos que unan pueden ser periódicas, que unen a las traviesas con el carril.

Según el tipo de traviesa que una dependen que elementos utilizar:

Para traviesas de madera se utilizan: clavos, sillas o tornillos tirafondos.

Para traviesas de hormigón:

Presillas, que se unen a la traviesa por medio de tornillos T, tornillos tirafondos o con un elemento embebido en la traviesas como es el caso de las presilla Pandroll.



4.2.3.1. Fijación Carril-Carril. Elementos. Tipos

Este tipo de fijación se le denomina fijaciones de juntas

Se llama junta al lugar donde se unen los dos extremos del carril para darle continuidad a la vía. Estas juntas pueden ser: mecánicas, soldadas, encoladas o pegadas y encoladas con pernos.

En las juntas mecánicas entre los dos extremos de carriles se coloca una barra de acero denominada mordaza dejándose un pequeño espacio denominado cala que sirve para la dilatación y contracción del metal bajo la acción de la variación de temperatura.

❖ ***Las juntas mecánicas pueden ser de tres tipos***

➤ **Según la forma de topar:**

En ángulo, los carriles se cortan en ángulo.

De martillo.

De martillo biselado.

Diagonal de martillo

De tres piezas

✓ **Unión en ángulo**

Los carriles se unen entre sí semejante a como se une dos agujas de las conexiones

➤ **Según su colocación en planta:**

Juntas alternas, junta frontales o a escuadra. sin orden.

Las juntas frontales están colocadas una frente a la otra, de ahí su nombre; las juntas alternas se colocan una frente al centro del carril que se encuentra frente a ella, las juntas sin orden; como su nombre lo indica se encuentran desordenadas. Las primeras tienen la ventaja sobre las juntas otras en que puede mecanizarse la colocación de las vías, lo que permite un ahorro sustancial en la construcción de la superestructura.

Otra ventaja que posee es que el impacto de las ruedas se produce al mismo tiempo en ambos carriles, evitando la posibilidad de baches encontrados o desniveles relativos, así como el impacto se reduce en dos veces que en el caso de las juntas alternas.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Posibilidad de reforzar las juntas por el acercamiento de las traviesas, ya que en las juntas alternas la posición de las traviesas de las juntas no siempre coincide en su ubicación respecto a la cala.

➤ **Según la colocación de sus traviesas.**

Suspendidas, cuando las traviesas están colocadas de tal forma que las mordazas quedan en el aire. Apoyadas, cuando sus traviesas están unidas debajo de la cala Yuxtapuesta o semi suspendida las mordazas apoyan sobre las traviesas

Como se ha demostrado por experiencias realizadas, las juntas más favorables son las suspendidas e incluso son las más extendidas. En este tipo de juntas los extremos de los carriles se flexan hasta que no se equilibren las fuerzas externas producidas por las ruedas y la fuerza elástica que flexa al carril. En el caso de junta apoyada, al pisar la rueda un extremo del carril, se produce un impacto sobre la traviesa debido a que al bajar el carril se crea un espaciamiento entre la traviesa y el carril, este impacto provoca un efecto de aplastamiento en la corona de los carriles, así como en los puntos de contacto de las mordazas con el carril en la cala y en la traviesa en la zona bajo el carril, además de provocar sacudidas en el balasto. Otro fenómeno que se produce es que debido al impacto la traviesa trata de girar con relación a su eje longitudinal, lo que ocurre en la junta suspendida pero en mucha menor escala. No obstante el desgaste de los carriles en las juntas suspendidas se produce mucho antes que el desgaste en la zona central.

Otro de los factores que hace que las juntas suspendidas sean consideradas mejores que las apoyadas es que en el momento de mecanizar los mantenimientos y reparaciones se dificulta el calzado y los trabajos de nivelación en el caso de las apoyadas, lo que no ocurre con las suspendidas.

Es obvio que las flexiones en las juntas suspendidas son mayores que en las apoyadas, es por ello que para disminuir este efecto se hace menor el espaciamiento en las juntas que entre las traviesas colocadas en el centro del carril.

Además de estas clasificaciones que pudimos observar, en las líneas con sistema de bloqueo se utilizan juntas conductoras y juntas aislantes.

Las juntas conductoras permiten la transmisión de corrientes de distintos tipos sin el aumento considerable de la resistencia óhmica en el carril. Los carriles en vías electrificadas sirven de conductores de corriente de retorno, también son utilizados para los sistemas de frenado automático, etc.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Las juntas aislantes sirven para delimitar circuitos de carrileras y de tramos o trechos, no permiten el paso de corriente eléctrica de un carril a otro.

Existe además otro tipo de junta denominada de compromiso, estas juntas se utilizan cuando es necesario colocar carriles de distintos calibres uno con otros, las mordazas se construyen de tal forma que una mitad toma la configuración de un tipo de carril y la otra la del otro carril. Las mordazas de este tipo tienen poca vida útil, debido a la concentración de tensiones que se crea en el punto de transición de una sección a otra, por lo que su utilización debe ser temporal para dar paso momentáneamente o por un corto periodo de tiempo. Es más racional construir carriles de compromiso si el periodo de utilización es largo, ya que éstos se construyen en plantas especializadas. Los elementos fundamentales de las juntas mecánicas son las mordazas que se construyen en forma de barra con orificios compatibilizados con el carril de su calibre y se ubican entre la corona y el patín y tocan las paredes de la garganta, excepto en las zonas de enlace de la garganta con la corona y el patín.

4.2.3.3. Defectos de las Fijaciones

Los defectos de las fijaciones se producen en el proceso de explotación.

En las fijaciones de juntas se produce el cizallamiento de los tornillos debido al desplazamiento longitudinal de los carriles debido a variaciones de temperatura y la junta no se encuentra bien apretada.

En las fijaciones del carril con las traviesas, en el caso de fijaciones con clavos, estos pueden partirse generalmente por impactos al ocurrir accidentes en la vía.

En el caso de fijaciones con presillas, los defectos que se producen son debido al excesivo apriete de los tornillos o por descarrilamiento sobre las presillas y tornillos, que provocan su deformación.

4.2.4. Balasto. Función. Tipo. Características de Cada Tipo.

La capa de balasto es la masa pétreo granular colocada sobre la explanada y debajo de los campos.

➤ Funciones del balasto

La función fundamental del balasto es:

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Garantizar la estabilidad de la vía en su conjunto tanto vertical como horizontal, asumiendo las cargas horizontales transversales y longitudinales y las verticales, sin que con ello se acumulen deformaciones residuales.

Transmitir las presiones asimiladas a través de las traviesas, a un área más amplia posible de la corona de la explanada.

Participar en el aseguramiento de la elasticidad necesaria a la base del carril.

La capa de balasto no debe contener agua en su superficie que propicie la dilución y el derrame de la explanada, así como su humedecimiento. El material para el balasto debe ser resistente y estable bajo la acción de la carga, ser resistente a la abrasión (no triturarse y no pulverizarse) al compactarse, ser resistente a las variaciones climáticas, no permitir el crecimiento de vegetación, poseer propiedades dieléctricas, ser duradero y económico.

➤ **Materiales utilizados como balasto.**

Los materiales más utilizados como balasto son: piedra picada (graníticas, ofíticas, calizas, basálticas, etc.). Gravas, arenas, escorias, asbesto y rocas metamórficas.

El mejor material para balasto es la piedra picada de roca ígnea, aunque la caliza es bastante utilizada. La roca debe ser resistente al impacto.

La resistibilidad se mide en distintas unidades de medida según los estudios realizados por cada uno de los que han experimentado con estos materiales.

Según Deere y Miller, el balasto de piedra se clasifica en:

Tabla 4.2.4.a. Resistencias del balasto

Clase	Descripción	Resistencia a compresión en Kg/cm ²
A	Resistencia muy alta	> 2250
B	Resistencia alta	1120- 2250
C	Resistencia media	560- 1120
D	Resistencia baja	280- 560
E	Resistencia muy baja	< 280

La grava utilizada como balasto puede ser de dos tipos, la grava de cantera (natural) y la grava bien graduada.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

La grava de cantera de cantera

Debe tener partículas entre 3 y 60mm, en no menos de la mitad de su peso total, deberá tener no menos del 20% y no más del 50% de partículas de arena, no menos del 50% de granos de cuarzo, las partículas menores de 0.1mm que estén en su composición no deben exceder el 6%, incluyendo en este volumen las arcillosas (dimensión menor de 0.005mm) en no menos del 1% del peso. Las partículas entre 60 y 100mm, se permiten sólo en un 5% del volumen total. Teniendo en cuenta que la forma de la grava es esférica, la mezcla de arena es beneficiosa para el aumento de la fricción entre las partículas y las hace más estable. Sin embargo, la presencia de partículas de arena disminuye las propiedades drenante de las gravas y permite que se mantenga la humedad en el balasto con la consiguiente formación de deformaciones residuales en la vía en su conjunto.

Es por ello que se recomienda la utilización de gravas bien graduadas, las cuales se componen de partículas entre 5 y 40mm y se obtiene por la vía del tamizado de las partículas indeseables y menores o mayores que la granulometría antes mencionada. Es por ello que sólo se permiten estas partículas en un 5% del peso total. Se permite además que contenga partículas menores de 0.01mm en no más del 1% del peso total. Para aumentar la fricción entre partículas y la creación de una estabilidad suficiente, en la grava bien graduada se permite la adición de piedra obtenida a partir de la trituración de las partículas mayores de 40mm. De esta forma en dependencia de la composición granulométrica de la grava, se le agrega variadas cantidades de piedras entre los 5 y 40mm. (Ver tabla 4.2.4.b).

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Tabla 4.2.4.b. Composición granulométrica de las gravas bien graduadas.

Contenido en las gravas bien graduadas de partículas entre 20 y 40mm en % del peso total.	Hasta 20	30	40	50	60	70	80	90
Adición mínima de piedra entre 7 y 40mm, en % del peso total de la grava	20	25	30	40	55	70	85	100

La grava bien graduada en, menor escala tiene menos calidad que la piedra picada. En calidad de balasto se utiliza también la arena de grano grueso que contiene partículas entre 1 y 3mm, en no menos del 50% del peso total y arena de grano mediano, cuyas partículas menores de 0.5mm deben estar en no menos del 50% del peso total no se permite en el contenido de la arena para balasto la arena de grano fino.

El balasto compuesto por arenas es menos resistente que el balasto de grava. Es más movable y por eso se requiere de más gasto de fuerza de trabajo en el mantenimiento de la vía. Si no se tiene un constante chequeo sobre el balasto, se va contaminando y crece la hierba. Pero si además es de grano fino, puede deslavarse por la presencia de agua en tiempo de fuertes lluvias y requiere de una constante supervisión. El viento fuerte o el paso de trenes a grandes velocidades puede levantar el balasto de la vía en forma de polvo que se incrusta en los distintos lugares del equipo móvil, entre las fijaciones, entre las sillas y las traviesas, y donde quiera que caiga trae consigo un aumento de desgaste y crea condiciones nocivas en las partes rodantes de los equipos.

➤ **Capa de sub. balasto.**

En algunos ferrocarriles se coloca debajo de la sub. rasante (nivel de la explanada), una capa de 30cm denominada sub. balasto. Esta capa se construye con arena con el fin de economizar piedra y para la prevención de la penetración de la piedra en la

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

explanada y la elevación por sifonamiento de las capas superiores de la explanada debido a la penetración de la piedra y la unión de ésta con el aguas formando los llamados baches zapateados.

Tema III. Diseño geométrico de vías férreas.

Contenido

5. Diseño Geométrico y Características de la Vía Férrea.

5.1. Diseño de una Planta

Significado y características del trazado del ferrocarril. Se denomina trazado de la vía férrea al eje longitudinal de la explanada. El trazado de la vía comprende la planta y el perfil longitudinal. El trazado está compuesto, tanto en planta como en perfil; por tramos rectos unidos entre sí por tramos curvos. Lo idea sería poder realizar un trazado recto entre dos puntos, pero eso no es totalmente posible debido a dos factores, uno que en los trazados se encuentran obstáculos que a veces son insalvables que hay que evadir y otro que las locaciones que se unen no siempre se encuentran en línea recta uno del otro.

La explanada del ferrocarril de la que ya hablamos en el capítulo I, se diferencia de las de carretera porque su configuración es plana en su superficie y mantiene esa forma tanto en rectas como en curvas dado que el peralto se construye con el balasto y no con la propia explanada como ocurre en la carretera.

Las alineaciones curvas se caracterizan por su radio, su longitud y su ángulo de inflexión.

Los radios de las curvas de la vía férrea se caracterizan por ser de gran dimensión. Esto se fundamenta por varias razones.

a. – Las curvas de pequeño radio hacen que los trenes disminuyan su velocidad.

Esto se debe a que la velocidad de circulación de los trenes depende del radio de curva, como veremos

en el siguiente ejemplo:

$$V = K \sqrt{R}$$

Para el caso de que la súper elevación máxima sea de 150 mm. $K = 4.6$

b. – Aumento de los desgastes y deterioro del carril y las ruedas del material rodante.

El aumento del desgaste tanto en las ruedas como en el carril, se debe al rozamiento que se produce al

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Resbalar e impactar las ruedas contra el carril exterior al entrar en las curvas.

c – Disminución del coeficiente de adherencia entre rueda y carril en radios menores o igual a 400 m que

Provoca una disminución de las fuerzas tractivas. Esto trae como consecuencia que ser tenga que

Disminuir el peso del tren o la utilización de varias locomotoras para transportar las cargas.

d. – Alargamiento de las vías. La longitud de la vía aumenta con la disminución del radio o el aumento del

ángulo de inflexión. Así para un ángulo de inflexión $\Delta = 60^\circ$, la disminución del radio de

$R_1 = 1000\text{m}$ a $R_2 = 600\text{m}$, la longitud del tramo aumenta en más de 40 m y al disminuir el radio a $R_3 = 400\text{m}$,

aumenta adicionalmente en 20m y con el aumento del ángulo de inflexión a 90° , los correspondientes

alargamientos son en el orden de los 85 y 170m.

e. – Aumento de los gastos de explotación. A menor radio y provocarse mayor desgaste los gastos de

explotación aumentan.

5.1.1. Diferencia entre la Planta de una vía Férrea y la de una carretera

- o Las curvas en la vía férrea son mucho más suaves que las de las carreteras.
- o El peralte en la vía férrea se da en la superestructura y en la carretera en el terraplén.

En curvas con radio menor de 180m no se admiten traviesas de hormigón porque dificultan el sobreechanco de la vía se colocan de madera.

5.1.2.1. Curvas Circulares Simples y Compuestas. Cálculos de los Puntos

Notables:

Para diseñarla planta de una vía férrea se hace necesario conocer los requisitos que exigen las normas de diseño para cada uno de los elementos de la curva.

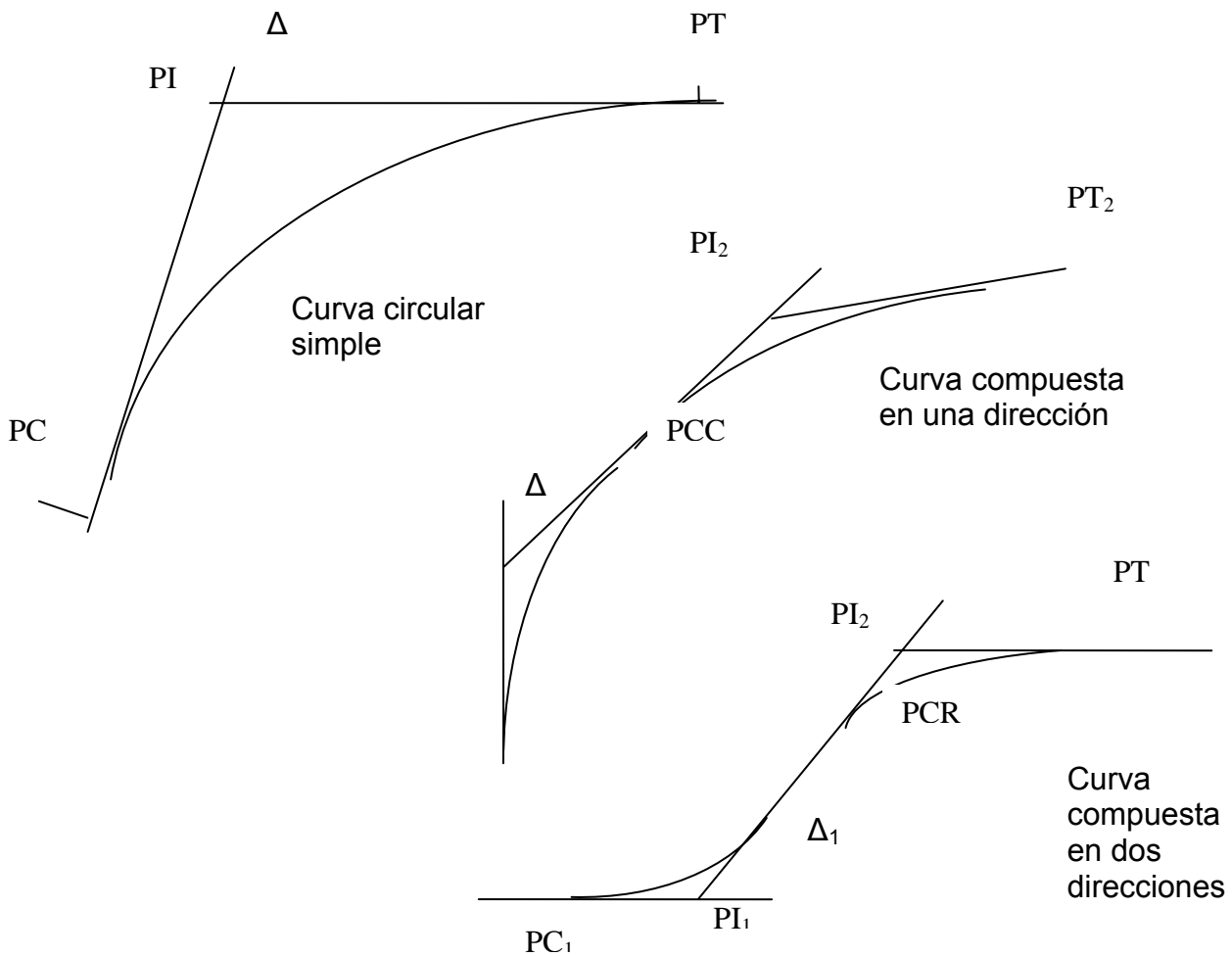
Categoría de las vías férreas	I	II	III	IV	V
Radios mínimos	1000	800	500	300	300
En condiciones difíciles	600	400	250	180	150

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

En vías con traviesas de hormigón no se admiten curvas con radios menores de 350m, si las fijaciones que se utilizan no permiten dar sobre ancho.

Las curvas pueden ser circulares simples y circulares con transición y éstas pueden ser sencillas cuando están compuestas por un solo radio y un solo ángulo de inflexión y compuestas o adyacentes cuando tienen más de un radio y un ángulo de inflexión.

Las compuestas o adyacentes a su vez pueden ser en una dirección o en dos, a esta última se le denomina reversa.



CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Las funciones y puntos notables de las curvas circulares simples y sencillas son:

R – Radio de la curva circular.

T. – Tangente de la curva. Distancia desde el PC o PT al PI

E. – Externa, distancia desde el arco en el centro del desarrollo de la curva hasta el punto de inflexión PI

M. – Mediana, distancia desde el centro de la cuerda máxima hasta el centro del desarrollo de la curva

CM. – Cuerda máxima, distancia desde el punto de comienzo hasta el punto final por la cuerda.

D. -. Desarrollo, distancia desde el PC al PT por el arco. Longitud de la curva.

PC. – Punto de comienzo de la curva.

PM. – Punto medio, ubicado en el centro del desarrollo.

PT. – Punto de término, final de la curva.

PI. – Punto de inflexión.

Δ . – Angulo de inflexión.

A las curvas adyacentes en un sentido se le agrega:

PCC. – Punto de unión de las dos ramas curvas

A las curvas adyacentes en dos sentidos se le agrega:

PCR. – Punto de unión de las dos ramas.

El cálculo de las funciones de la curva circular simple se determina por las expresiones:

$$\tan \frac{\Delta}{2} = \frac{T}{R} \qquad T = R \tan \frac{\Delta}{2} \quad m$$

La Cuerda Media CM

$$\text{sen} \frac{\Delta}{2} = \frac{\frac{CM}{2}}{R} = \frac{CM}{2R} \qquad CM = 2R \text{sen} \frac{\Delta}{2} \quad m$$

Mediana

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{R - M}{R} \qquad M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) \quad m$$

Externa

$$\cos \frac{\Delta}{2} = \frac{R}{R + E} \qquad E = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) \quad m$$

Desarrollo de la curva

$$D = \frac{20 \Delta}{R} = 2 \Pi \frac{\Delta}{360} = \frac{\Pi R \Delta}{180}$$

5.1.3. Curvas de transición Simples, Compuestas Cálculos de los puntos

Notables:

Las curvas de transición sirven para unir los tramos rectos con las curvas circulares, sus objetivos fundamentales son:

Asegurar la variación de la fuerza centrífuga desde la recta hasta un valor igual en la curva circular.

Permitir el desarrollo de la súper elevación y el sobre ancho.

En estas curvas el radio varía de infinito en el punto de tangencia al valor del radio de la curva circular. Se logra con esto que en cada punto de la transición haya un valor de súper elevación correspondiente al valor del radio en dicho punto.

La longitud de la curva de transición depende de los siguientes factores:

- Radio de la curva circular (R)
- Categoría de la vía.
- Velocidad de circulación.

Las funciones y puntos notables de las curvas de transición se determina por toda una serie de condiciones relacionadas con:

- ❖ Intensidad del incremento de la súper elevación.
- ❖ Limitación de las fuerzas surgidas al entrar el vehículo en la curva en la unión de transición.
- ❖ Práctica del mantenimiento de la curva en explotación.

La longitud de la curva de transición se determina basándose en tres en tres criterios relacionados con la intensidad del incremento de la súper elevación.

- ❖ Evitar el descarrilamiento en las bandas interiores.
- ❖ Reducir la velocidad con que sube la rueda por la súper elevación del carril exterior.
- ❖ Reducir la intensidad de cambio de la aceleración centrífuga no compensada.
- ❖ Necesidad que el valor del peralto 'h' sea menor que la altura mínima de la pestaña de la rueda.

$$h = iL \pi K_{\min}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Donde: k – altura de la pestaña en mm

L – distancia entre ejes extremos de los bogies en mm

Se establece que la intensidad de la súper elevación sea igual a 1⁰/₀₀, valor que en condiciones difíciles se aumenta hasta un 2⁰/₀₀ y en condiciones sumamente difíciles y previa justificación avalada a un máximo de 3⁰/₀₀

En vías de alta velocidad < 1⁰/₀₀

En estas condiciones la longitud de transición será:

$$l_0 = \frac{h}{i}$$

Donde h – súper elevación en mm

i – intensidad de incremento de la súper elevación admisible.

Las funciones y puntos notables de las curvas de transición son:

TS – tangente espiral o comienzo de la curva de transición.

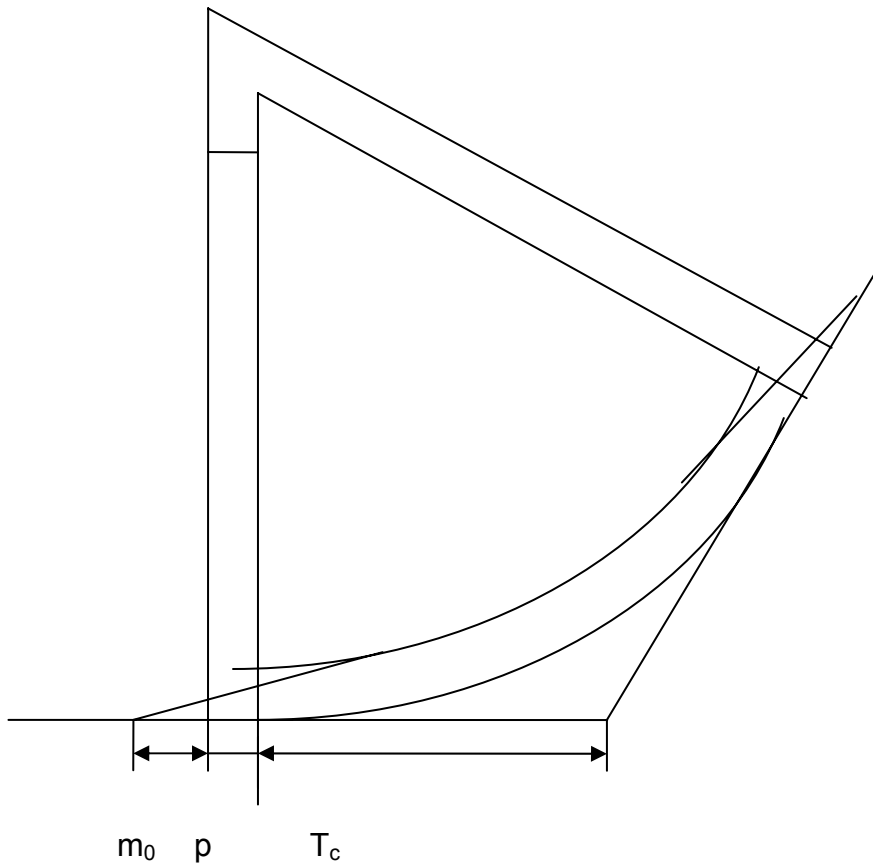
SC – espiral – circular, punto donde termina la espiral y comienza la circular.

CS – circular espiral final de la circular – comienzo de la segunda rama de la espiral.

ST – espiral – tangente, final de la segunda espiral, comienzo de la recta.

Para calcular la curva de transición se utilizan varios métodos, veremos sólo el método de los desplazamientos.

Este método consiste en mantener el mismo radio de la curva circular en explotación, desplazando su posición aumentando el radio en una distancia ρ (denominada retranqueo o desplazamiento) hacia el interior de la curva. El PC y el PT se colocan en un punto desplazado en igual distancia hacia adentro de la curva. .



Al desplazarse el centro de la curva existente a un punto de la curva nueva, la transición tiene por pendiente el ángulo.

$$\varphi = \frac{l_0^2}{2C} = \frac{l_0^2}{2Rl_0} = \frac{l_0}{2R}$$

Este es valor en el final de la curva de transición.

Se determinará el punto final de la curva de transición SC y CS y a su vez se determinará en el eje de las X un punto T que se encuentra a una distancia.

$$R \tan \frac{\beta}{2}$$

del punto de la inflexión de la curva original.

El punto de comienzo de la curva de transición TS se encontrará a una distancia m_0 del punto T_0 ubicado donde se encontraba el PC o PT de la curva existente antes del desplazamiento.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

$$\rho = \frac{l_0^2}{24R} \quad y = \frac{X^3}{6Rl_0} \quad \text{en el SC o CS} \quad y = \frac{l_0^2}{6R} \quad m = \frac{l_0}{2}$$

$$m_0 = m + p = \frac{l_0}{2} + \frac{l_0^2}{24R} \quad T_T = m_0 + T_c \quad T_c = R \tan \frac{\Delta}{2} \quad T_T = \frac{l_0}{2} + \frac{l_0^2}{24R} + R \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$D_T = D_C + l_0 = \frac{\Pi \Delta R}{180} + l_0 \quad D_C = \frac{\Pi \Delta R}{180}$$

Las curvas circulares con transición también pueden ser compuestas y sus características son iguales que las circulares simples, con la diferencia de que tienen tramos de transición.

En la actualidad cuando se construyen curvas adyacentes, entre ellas se coloca un tramo recto cuya longitud es:

Categoría de la vía	Longitud mínima del tramo recto entre dos curvas adyacentes.		
		De diferentes sentidos	De igual sentido
Para $V \leq 120$ kph I	I y I	75	100
	III, IV y V	50	50
Para $V > 120$ kph		150	

5.1.4. Peralto y Sobre Ensancho:

➤ **Peralto.**

En las curvas, el carril exterior se eleva con respecto al interior para que al entrar el equipo en ella no sufra los efectos de la fuerza centrífuga. Esta elevación compensa las cargas verticales y disminuye la presión lateral de la rueda sobre el carril exterior. Al entrar el tren en la curva por la inercia, trata de sacar al vehículo fuera de la vía lo que provoca un impacto en el carril exterior con las pestañas de las ruedas, a esta fuerza se le denomina fuerza centrífuga y su valor es igual a:

$$I = \frac{mV^2}{R}$$

Donde:

m. – masa del vehículo en Kg

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

v. – velocidad en m/seg²

R. – radio de la curva en m

Como:

$$m = \frac{P}{g}$$

Donde:

P. – peso del equipo en Kg.

g. – aceleración gravitacional en m/seg²

$$I = \frac{Pv^2}{gR}$$

Si el carril se colocara en un mismo nivel, la resultante de la fuerza centrífuga y del peso se inclinaría hacia la parte externa de la curva, recargando este carril.

Para equilibrar la influencia de la fuerza centrífuga se eleva el carril exterior y de esta forma como se expresó anteriormente también se equilibran las cargas en ambos carriles. Debido a la inclinación del equipo surge una componente del peso dirigida hacia el interior de la vía denominada fuerza centrípeta, que es igual a:

$$T = \frac{Ph}{S_1}$$

Donde:

P. – peso del equipo en Kg

h. – peralte o elevación del carril exterior sobre el interior en mm

S₁. – distancia entre ejes de carriles en mm

Igualando I y T podemos hallar el valor de h

$$I = T; \quad \frac{Pv^2}{gR} = \frac{Ph}{S_1}$$

$$h = \frac{S_1v^2}{gR} = \frac{1500v^2}{9.81R}$$

Convirtiendo la velocidad de m/seg a Kph, tendremos:

$$h = \frac{1500V^2}{9.81(3.6)^2 R} = 11.8 \frac{V^2}{R}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Como todos los trenes no tienen las mismas condiciones ni circulan a igual velocidad, se utiliza una velocidad media.

Esta velocidad media se obtiene de:

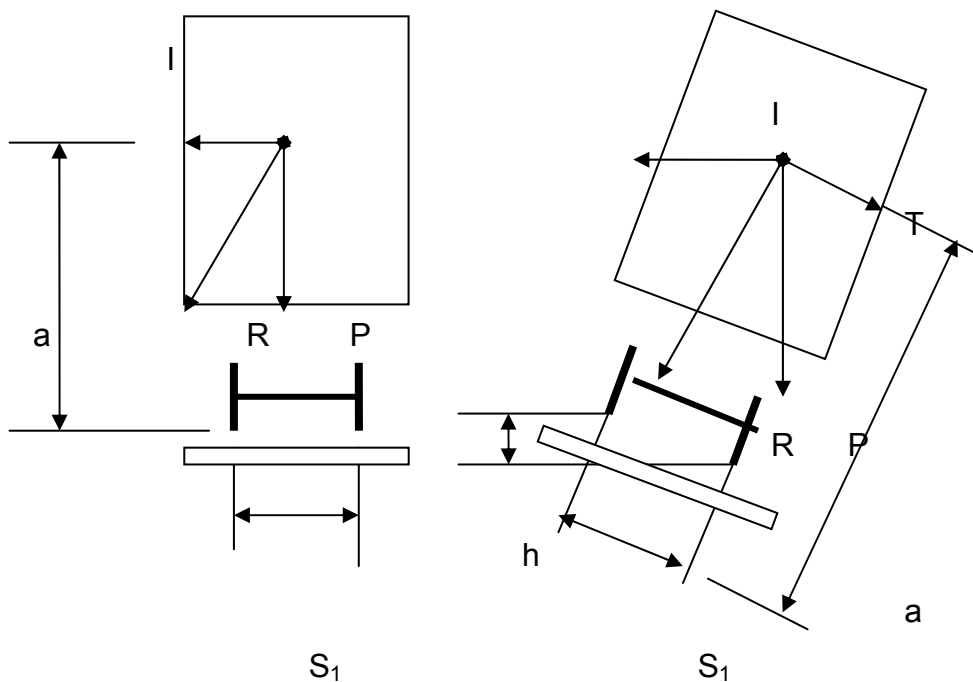
$$h = 11.8 \frac{V_{med}^2}{R} \quad V_{med}^2 = \frac{\sum V_i^2 n_i Q_i}{\sum n_i Q_i}$$

Donde:

V_i . – velocidad de cada tipo de tren en Kph

N_i . – cantidad de trenes de cada tipo

Q_i . – peso de cada tipo de tren en Ton.



Debido a las diferentes velocidades con que circulan los trenes, la fuerza centrífuga no se compensa con la centrípeta en su totalidad, quedando una diferencia de esta operación denominada aceleración centrífuga no compensada, la cual se obtiene de la siguiente expresión:

$$\alpha = I - T \text{ m/seg}^2$$

$$h \geq \frac{S_1 v_{maz}^2}{gR} - \frac{S_1}{g} \alpha_{nc} \geq 11.8 \frac{V_{max}^2}{R} - \frac{1500 \alpha_{nc}}{9.81} = 11.8 \frac{V_{maz}^2}{R} - 153 \alpha_{nc}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Para distribuir el peralto en las curvas circulares simples se utilizan tres métodos:

1. – Todo el peralto se distribuye en la recta.

Con este método el equipo al entrar en el tramo de recta peraltado se recarga sobre el carril que no se encuentra peraltado, provocando desgaste en este carril.

2. – Todo el peralto se distribuye en la curva.

Con este método al llegar el equipo al inicio de la curva su rueda delantera impacta con el carril exterior de la curva, lo que puede provocar desplazamiento del carril o de la vía en su conjunto.

3. – Parte del peralte se distribuye en la recta y parte en la curva.

Con este método, se producen los efectos de los otros dos métodos.

➤ **Sobre ancho.**

El sobre ancho se utiliza para suavizar la inscripción de los equipos por curvas de pequeño radio.

Se utilizan en curvas cuyo radio es menor de 350.0 m.

Según las normas, el sobre ancho se realiza en:

$R \geq 350.0\text{m}$

0.0 mm

$300 < R \leq 349.0\text{m}$

10.0mm

$R \leq 299\text{m}$

20.0mm

La distribución del sobre ancho se realiza de la misma forma que se distribuye el peralte.

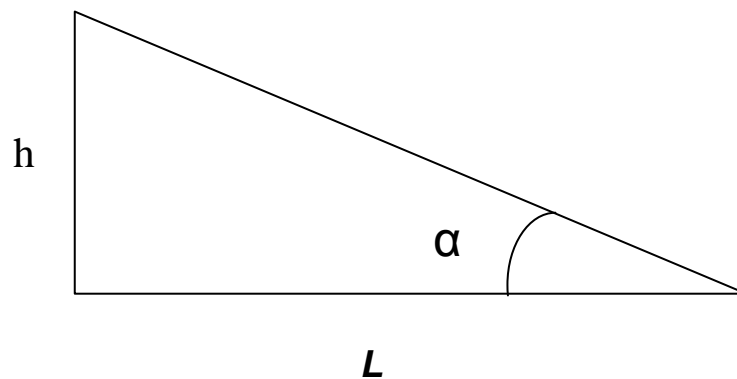
5.2. Diseño del Perfil. Definición de Rampa, Rasante y Pendiente:

El perfil longitudinal es el corte longitudinal del trazado de una vía. En el se representan las líneas del terreno natural y de la superficie de la corona de la explanada en los nuevos diseños y en los diseños de vías en explotación la línea que representa a la superficie de la corona del carril existente y el del carril proyectado. En las curvas se traza la línea correspondiente al carril interior.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

El perfil se compone de planos horizontales o rasantes y planos inclinados, pendientes o rampas, así como la unión entre dos planos que se realiza mediante curvas verticales o con elementos rectilíneos de inclinaciones variables.

La curvatura de los elementos del perfil determina la inclinación 'i' que se mide en milésimas (‰) y representa la relación entre la diferencia de nivel de dos puntos del trazado en m y la longitud entre ellos en Km. De otro modo podemos decir que la inclinación de un elemento representa la tangente del ángulo que forma el horizonte con el trazado inclinado



Si la tangente α es 0.010, el valor del plano inclinado es de 10 ‰ (10 por mil). es decir que en 1 km. la diferencia de nivel es de 10 m.

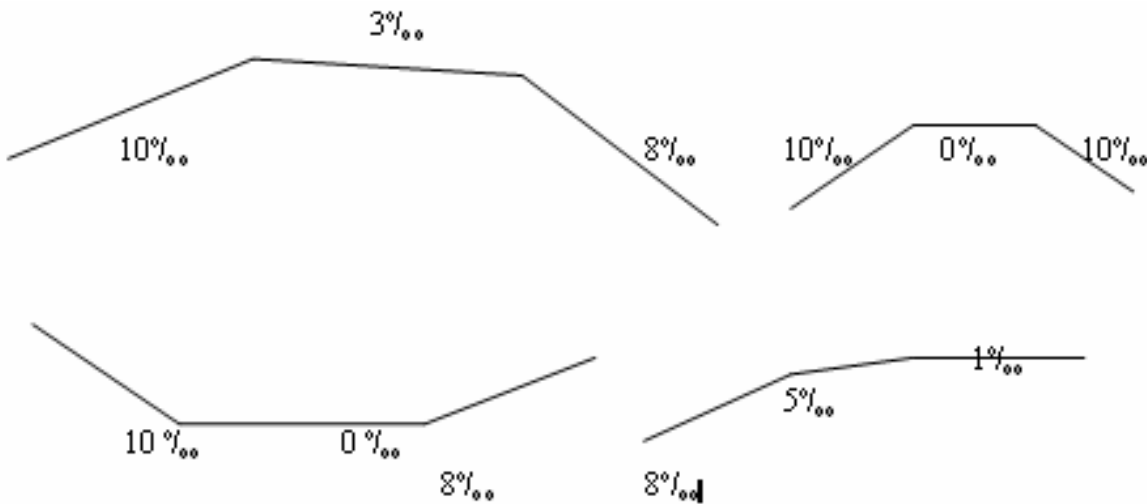
La longitud de los elementos del plano inclinado para una pequeña curvatura, utilizados en los ferrocarriles, se identifica como su proyección en el horizonte de la línea. El error que se puede producir es muy insignificante. Incluso con una gran inclinación del 30 ‰ el ángulo es igual a $1^{\circ}43'$ y con ello la diferencia entre la longitud del elemento del perfil y su proyección en la horizontal es de 4 cm cada 100m.

Diseño del perfil por tramos rectilíneos

Con este método se diseñan los cambios de planos inclinados con diferencias algebraicas menores de lo exigido por la norma y lo más largo posibles. En correspondencia con las normas éstos elementos no deben ser menores que la mitad de la longitud de los trenes de cálculo, tomados en la perspectiva de que la diferencia algebraica de los planos inclinados de los elementos adyacentes no debe superar la norma, en dependencia de la categoría de la vía proyectada y la longitud útil de las vías de recepción y expedición o lo que es lo mismo, la longitud de cálculo del tren.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Si los elementos que se van a unir tienen una diferencia mayor que la exigida por las normas se diseña entre ellos un tramo divisorio que haga que la diferencia algebraica sea igual o menor que la norma.



Cuando la diferencia entre dos planos inclinados de diseño rectilíneo es mayor de 3‰ se construyen curvas verticales con radios cuyos valores dependen de la categoría de la vía.

Categoría de la vía	Radios de curva en m	
	Recomendables	En casos difíciles
I	15000	5000
II	1000	5000
III	5000	3000
IV y V	5000	2000

Diseño del perfil curvilíneo

El perfil curvilíneo contempla el diseño de la unión de los elementos adyacentes por la vía con un paso suave de uno a otro plano inclinado, directamente con tramos cortos l_i que poseen una variación de inclinaciones en un valor no muy grande Δi . este perfil representa un polígono de iguales lados inscriptos en una curva de gran radio.

La longitud de los elementos del perfil curvilíneo l_i , tiene un valor múltiplo de 25 m y la diferencia algebraica Δi es en múltiplo de 0.1‰. En correspondencia con las normas, la proyección de la longitud de los elementos curvilíneos debe ser en general no menor

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

de 50.0m y en casos extremos no menor de 25.0m. la diferencia algebraica Δi no debe ser mayor de 1.0 ‰ en líneas de I categoría; 1.5 ‰, en vías de II y 2.0‰ en el resto de las vías.

Para los valores de longitud y diferencia algebraica indicados, limitados por las normas; el menor valor de radio de la curva vertical en la que se inscribe el perfil curvilíneo es de 25000 m, para vías de I categoría y 12500 para el resto de las vías. En correspondencia con las normas, la longitud total de esta unión no debe ser menor que la longitud obtenida al diseñar el perfil de tramos rectilíneos con curvas circulares verticales. Por consiguiente la longitud mínima de la unión del perfil curvilíneo será:

$$L_{\min} = T_V^I + T_V^{II} \quad (m)$$

Donde: Σl_r – suma de las longitudes de tramos rectilíneos, necesarios por las normas para la unión de planos inclinados dados.

$T_V^I - T_V^{II}$ – tangentes de las curvas verticales en la unión de los extremos de los elementos rectilíneos

La cantidad mínima de elementos curvilíneos se determina por la expresión.

$$n = \frac{i_1 - i_2}{\Delta i'} - 1$$

Donde:

i_1 e i_2 . – son los planos inclinados de los elementos unidos en ‰

$\Delta i'$. – el valor mayor permisible por la norma de la diferencia algebraica de plano inclinados adyacentes múltiplo de 0.1 ‰, en la que sin residuos se divide el valor de $i_1 - i_2$

La longitud mínima de los elementos del perfil curvilíneo se determina por la expresión:

$$l_1 = \frac{L_{\min}}{n} \quad (m)$$

5.2.1. Diferencias entre el Perfil Ferroviario y el Automotor

El perfil longitudinal de la vía férrea se diferencia del de la carretera en que sus pendientes son mas suaves con vistas a permitir la mayor tracción de la locomotora, así como la diferencia de pendiente es significativamente menor que la permisible en la carretera.

5.2.2. Planos Inclinados. Tipos:

Los planos inclinados se conocen como pendientes y rampas.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Son pendientes cuando los vehículos circulan de un plano alto a uno bajo. Se le da un valor negativo pues es contraria a la resistencia a la marcha del tren y rampa cuando se circula de planos bajos a planos altos, se considera positiva.

A partir de ahora llamaremos a los planos inclinados sólo como pendientes y especificaremos cuando es rampa y cuando pendiente.

Las pendientes en el ferrocarril pueden ser:

Pendientes dominantes. Existen además otras pendientes que son mayores que la dominante, pero que su utilización se ve limitada por el tipo de vía y sus características.

Hay dos grupos de pendientes, pendientes limitantes y pendientes de proyecto.

1. – Las pendientes limitantes son las que determinan la mayor inclinación posible: pendiente dominante, ya estudiada (i_d); pendiente de equilibrio (i_e), pendiente de tracción múltiple (i_{TM}) y pendiente de inercia (i_i)

Las pendientes de proyecto son las que permiten diferentes influencias sobre el balance energético del tren en movimiento. Pendiente perjudicial (i_P), pendiente beneficiosa (i_B), así como utilizadas en diferentes cálculos, como: pendiente promedio (i_{med}), llamada en los cálculos pendiente transformada o enderezada; pendiente equivalente, la que tiene en cuenta las curvas horizontales (i_{eq}) y la pendiente efectiva o natural (i_n), que es la pendiente de la topografía de la zona..

Los valores de las inclinaciones y la diferencia de los planos inclinados en el ferrocarril son limitados debido a que los trenes pueden sufrir deformaciones de sus elementos de enganche, así como pueden afectar la capacidad tractiva de sus locomotoras.

Tanto la inclinación como sus diferencias dependen de la categoría de la vía por las cuales circulan.

Inclinación máxima o pendiente dominante

Categoría de la vía	I	II	III	IV y V
Pendiente dominante ‰	12	15	20	30
Angulo	0°41'15"	0°51'34"	1°08'45"	1°43'0."

En condiciones difíciles y de permitirse la tracción múltiple, la inclinación máxima o pendiente dominante

Del tramo será el resultado de multiplicar el valor de pendientes mostrados en la tabla anterior por un coeficiente que se muestra en la tabla siguiente:

Tipo de tracción	Tipo de mando
------------------	---------------

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

	Individual	Centralizado
Doble	1.8	2.0
Triple	2.7	3.0

Las diferencias algebraicas máximas permisibles se muestran en la tabla que sigue:

Categoría de la vía	Diferencia algebraica de las inclinaciones máximas permisibles ‰	
	Recomendable	En condiciones difíciles
I	8	12
II	10	20
III	12	20
IV y V	20	30

Estos indicadores deben cumplirse con rigor por las consecuencias en la explotación ya indicada.

En la práctica se utilizan dos tipos de diseño del perfil, que garantizan la suavidad necesaria del movimiento del tren.

Cuando la diferencia algebraica es menor de 3 ‰, no se construyen curvas verticales pero si pasan de este valor se puede diseñar por dos métodos.

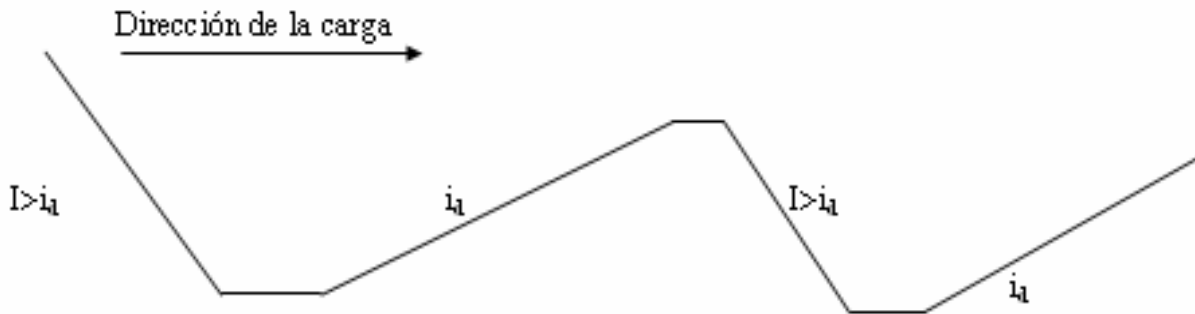
En la práctica se utilizan dos tipos de diseño del perfil, que garantizan la suavidad necesaria del movimiento del tren.

1. – Diseño del perfil por tramos rectilíneos.
2. – Diseño del perfil por tramos curvilíneos.

5.2.2.1. Pendientes Limitantes Dominantes, de Equilibrio, de Inercia:

Pendientes que se utilizan en tramos donde la carga es en una sola dirección, en la dirección de cargado la pendiente es la dominante y en la dirección de vacío la pendiente es mayor que la dominante.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

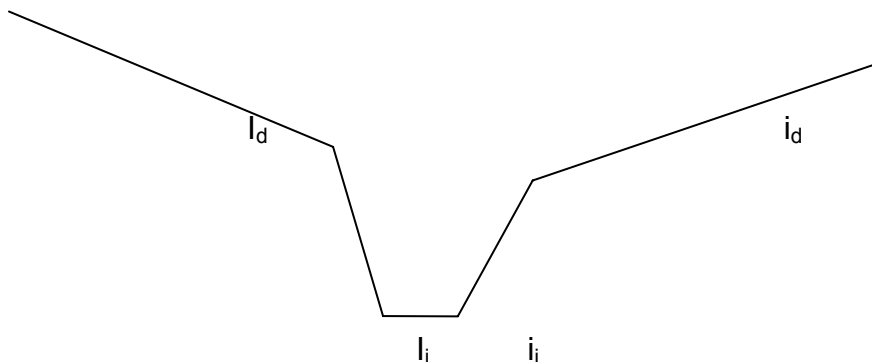


✂ Pendiente de tracción múltiple

Pendiente mayor que la dominante que requiere para mantener la circulación de la carga proyectada de la utilización de más de una locomotora (ver epígrafe 3.3.2.2)

✂ Pendiente de inercia.

Pendiente mayor que la dominante que para superarla se requiere del trabajo de la fuerza tractiva y el uso de la energía cinética del tren. Estas pendientes son efectivas cuando los tramos que le anteceden son pendientes en las que el tren llega a acumular gran velocidad, acumulando una gran energía cinética con la que supera a la rampa.



La pendiente de inercia a diferencia de las otras pendientes limitantes no puede ser utilizada en tramos de longitud ilimitada, ya que el tren al circular por ella se mueve lentamente a la velocidad mínima continua o a la velocidad mínima horaria, así que la longitud de esta rampa se relaciona muy estrechamente con el valor de su pendiente. La longitud del tramo de inercia l_i para una inclinación i_i se determina con la siguiente expresión:

$$l_i = \frac{4.17(V_i^2 - V_f^2)}{i_i - f_{K(med)} + \omega_{0(med)}} \quad m$$

Donde:

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

V_i – Velocidad inicial en kph

V_f – Velocidad final (no debe ser menor que la mínima continua)

f_{kmed} – Valor promedio de la fuerza tractiva de la locomotora, entre la velocidad inicial y la final, en Kg/T

$\omega_{0(med)}$ = Valor promedio de la resistencia unitaria total del tren en Kg/T

El cálculo puede realizarse teniendo como dato la pendiente de inercia i_i y con ello hallar la longitud l_i o a la inversa. Teniendo en cuenta que si el tren no circula a la velocidad establecida por el punto de inicio de la pendiente de inercia, existe el peligro de que él se detenga antes de llegar al final del tramo de inercia, por este motivo esta pendiente se construye sólo en caso extremo.

5.2.2.2. Pendientes de Proyecto. Perjudicales, no Perjudicales, Media, Equivalentes y Transformada:

○ **Pendiente perjudicial (i_p).**

Si el tren al circular por una pendiente (descendiendo) de gran inclinación y debido a las fuerzas aplicadas a él, aumenta su velocidad, si la longitud es suficientemente larga, la velocidad puede llegar hasta el valor máximo permisible de velocidad en el tramo, después de esto, para evitar un aumento de velocidad mayor es necesario aplicar los frenos.

En caso de frenado, parte de la energía potencial acumulada por el tren se trasmite al trabajo de fricción de las zapatas o las llantas de las ruedas del tren o en energía calorífica de los reóstatos. Por eso a los tramos con esta inclinación en la cual se utiliza este frenado se le denomina **pendiente perjudicial**.

○ **Pendiente no perjudicial o beneficiosa. (i_b)**

Esta pendiente es aquella en la que para llegar al final del tramo, no es necesario utilizar el frenado y así el tren no supere la velocidad máxima establecida en el tramo.

– Pendiente media (i_{med})

Es la pendiente determinada entre las cotas de dos puntos extremos, sin tener en cuenta las cotas de los puntos intermedios.

– Pendiente equivalente (i_{eq}).

Es la sumatoria de la pendiente natural de un tramo y el efecto de pendiente que provoca la resistencia que les hacen las curvas horizontales en ese mismo tramo.

La pendiente natural puede ser positiva o negativa

$$i_{eq} = \pm i_n + i_R$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

La pendiente por curvatura siempre es positiva.

$$i_R = \omega_R = \frac{K}{R}$$

En Cuba K = 690

Si en un tramo hay más de una curva horizontal la pendiente por curvatura es igual a:

➤ **Pendiente transformada o ficticia.**

$$\omega_R = \frac{KD}{Rl} \quad \text{pero} \quad D = \frac{\Pi R \Delta}{180} \quad \text{tenemos que} \quad \omega_R = \frac{K \Pi R \Delta}{180 R l} = \frac{K \Pi \Sigma \Delta}{180 l}$$

Es la suma de varias pendientes de igual signo y valores semejantes, a las que se le adiciona la pendiente equivalente por curvatura. Para unir estas pendientes, debe cumplirse que el valor de la longitud del tramo analizado sea menor que la relación

$$i'_T = \frac{\Sigma i_i l_i}{l_i} \quad \text{en } \circ / \text{oo}$$

$$l_i \leq \frac{2000}{\Delta_i} \quad \Delta_i = |i_i - i'_T|$$

entre

2000 y la diferencia de la pendiente hallada y la pendiente del tramo analizado. La pendiente transformada de un tramo unido se halla como la media ponderada del producto de cada pendiente por la longitud del tramo total del tramo unificado.

Después se le adiciona el valor de la pendiente equivalente por curvatura.

$$i''_T = \omega_R = \frac{K \Pi \Sigma \Delta}{180 l_T}$$

Donde: l_T – longitud total del tramo

6. Fuerzas que Actúan Sobre la marcha del Tren.

6.1. Fuerzas Tractivas, Definición, Características:

Sobre la marcha del tren actúan fuerzas que ayudan a su movimiento y otras que no permiten que se mueva.

Las fuerzas que ayudan al movimiento del tren son: las fuerzas tractivas.

Las fuerzas que resisten al movimiento del tren son: las fuerzas de resistencia y la fuerza de frenado.

○ **Fuerza tractiva**

Las fuerzas tractivas se originan como resultado de la interacción entre las ruedas y el carril. Como pudimos observar en el Capítulo I, las locomotoras diesel eléctricas y

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

eléctricas tienen en cada eje motriz un motor eléctrico de tracción, las locomotoras de vapor tienen un eje directriz que es movido por el vapor que circula a través del sistema de tuberías, este eje mueve una barra que une al resto de los ejes.

La fuerza tractiva depende de la adherencia que se produce entre las ruedas y el carril, por lo que la fuerza tractiva generada por la locomotora no puede ser mayor que la fuerza de adherencia. De no ser así, las ruedas patinarían provocando desgaste en el carril o en el plano de rodamiento de las ruedas la fuerza de adherencia es igual a:

$$F_{adh} = 1000 P \psi_k \text{ en Kg.}$$

Donde:

P. – carga por rueda del eje tractivo en T.

ψ_k . – coeficiente de adherencia entre las ruedas y el carril

Por lo tanto $F_k < F_{adh}$

$$\Psi_k = 0.25 + \frac{8}{100 + 20V}$$

Esta ecuación nos muestra que a mayor velocidad menor es el coeficiente de adherencia y por ende menor es la fuerza de adherencia y la fuerza tractiva.

El coeficiente de adherencia depende también del radio de curvatura y para $R < 500$ m, el valor del coeficiente de adherencia es como sigue:

$$\Psi_{RC} = \Psi_k \frac{250 + 1.55R}{500 + 1.1R}$$

Donde: R – es el radio de la curva en m

Cada tipo de locomotora tiene una curva o nomograma de su fuerza tractiva que depende de la velocidad que desarrolla el equipo.

Las fuerzas tractivas pueden ser totales o unitarias, estas últimas son las utilizadas para el cálculo tractivo y de la marcha del tren. La fuerza tractiva total se representa como F_k y se mide en Kg.

La fuerza tractiva unitaria se representa como f_k y se mide en Kg/Ton

La relación entre una y otra es como sigue:

$$f_k = \frac{F_k}{P + Q}$$

Donde:

P. – peso de la locomotora en T

Q. – peso de los vagones en T

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

6.2. Fuerza de Resistencia a la marcha

Las fuerzas de resistencia tienen varios orígenes. Pueden ser fundamentales, cuando son originadas por el propio equipo y siempre se van a tener en cuenta en el cálculo y adicionales, las que se presentan en determinadas condiciones por elementos ajenos al equipo, pero que influyen sobre ellos.

➤ **Resistencias fundamentales.**

Las resistencias fundamentales pueden ser:

- a. – Resistencias provocadas por la fricción entre los elementos motrices de la locomotora y la interacción rueda – carril.
- b. – Resistencia que ofrecen los vagones para ser arrastrados. Peso, fricción entre ruedas y carril y entre los ejes y sus cojinetes.

➤ **Resistencias adicionales.**

Las resistencias adicionales pueden ser:

- a. – Provocadas por el viento sobre la carrocería
- b. – Los planos inclinados
- c. – Las curvas horizontales.
- d. – Los defectos en las vías o en las ruedas.

Al igual que en las fuerzas tractivas pueden ser totales o unitarias.

Según el régimen de marcha pueden ser:

En régimen tractivo o con tracción

En régimen sin tracción o con regulador cerrado.

En régimen con tracción se representan (W_0 y w_0)

En régimen sin tracción se representan (W_{ox} y w_{ox})

La fuerza de frenado es la encargada de detener al tren cuando se encuentra en marcha, siempre se va a utilizar en régimen con regulador cerrado. va dirigida siempre en dirección contraria a la marcha del tren.

La estudiaremos en epígrafe aparte.

6.2.1. Fuerzas Resistentes. Definición.

➤ **Resistencia unitaria de la locomotora.**

Estas resistencias se agrupan por fabricantes. En nuestro caso estudiaremos las locomotoras norteamericanas y las del antiguo bloque socialista, y se representan por w'_0 para régimen con tracción y w'_{ox} . Para régimen sin tracción

Para locomotoras diesel eléctricas en régimen con tracción.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Americanas.

$$\begin{aligned}\omega_0' &= 0.65 + \frac{13.1}{q_0} + 0.028V + \frac{0.048V^2 F}{q_0 n} \\ \omega_0 &= 1.9 + 0.014V + 0.0003V^2\end{aligned}$$

Soviéticas:

En régimen sin tracción

Americanas

$$\begin{aligned}\omega_{OX}' &= 2.6 + 0.012V^2 \\ \omega_{OX}' &= 2.4 + 0.01V + 0.00035V^2\end{aligned}$$

Soviéticas.

q_0 – carga promedio por eje en T

n – número de ejes en la locomotora

F – área frontal de la locomotora, para el cálculo se utiliza 10 m.

➤ Resistencia unitaria de los vagones.

Como existen distintos tipos de vagones y cada uno de ellos influye de forma diferente, la resistencia unitaria de los vagones se representa de la siguiente forma $\omega''_{0(i)}$ donde “i” es el tipo de vagón correspondiente.

Resistencia de los vagones de mercancía.

De 4 ejes con cojinetes de fricción

Americanos, para $Q \geq 18$ T

$$\omega_0'' = 0.65 + \frac{13.1}{q_0} + 0.014V + \frac{0.001FV^2}{q_0 n}$$

Para $Q < 18$ T

$$\omega_0'' = \frac{4.48}{\sqrt{q_0}} + \frac{5.67}{q_0} + 0.014V + \frac{0.001 + FV^2}{q_0 n}$$

Soviéticos.

$$\omega_0'' = 0.7 + \frac{8 + 0.1V + 0.0025V^2}{q_0}$$

Esta misma expresión se utiliza también para vagones de 6 ejes soviéticos con cojinetes de rodillos.

Soviéticos de 4 ejes con cojinetes de rodillos.

$$\omega_0'' = 0.7 + \frac{3 + 0.1V + 0.0025V^2}{q_0}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Resistencias para vagones de pasajeros.

Norteamericanos.

$$\omega_0'' = 0.65 + \frac{13.1}{q_0} + 0.0093V + \frac{0.00068V^2}{q_0 n}$$

Soviéticos

$$\omega_0'' = 1.2 + 0.012V + 0.0002V^2$$

Tren de la Tokkaido

La resistencia es total por ser el tren con equipos automotor todos de un mismo tipo.

n – número de vagones

$$\omega_0 = 1.65 + 0.0247V + [0.028 + 0.078(n+1)] \frac{V^2}{P}$$

P – peso del vagón

Para obtener la resistencia unitaria promedio de los vagones, deben conocerse el peso específico que cada tipo de vagón le aporta al peso total de los vagones, representado

$$\omega_0'' = \sum \omega_{0i}'' \alpha_i$$

por el signo α_i y la suma del producto de multiplicar la resistencia de cada tipo de vagón por su peso específico dentro de la composición del tren.

La resistencia unitaria del tren en su conjunto, se halla para los dos regímenes de marcha.

Resistencia unitaria del tren para marcha con tracción.

$$\omega_0 = \frac{\omega_0' P + \omega_0'' Q}{P + Q}$$

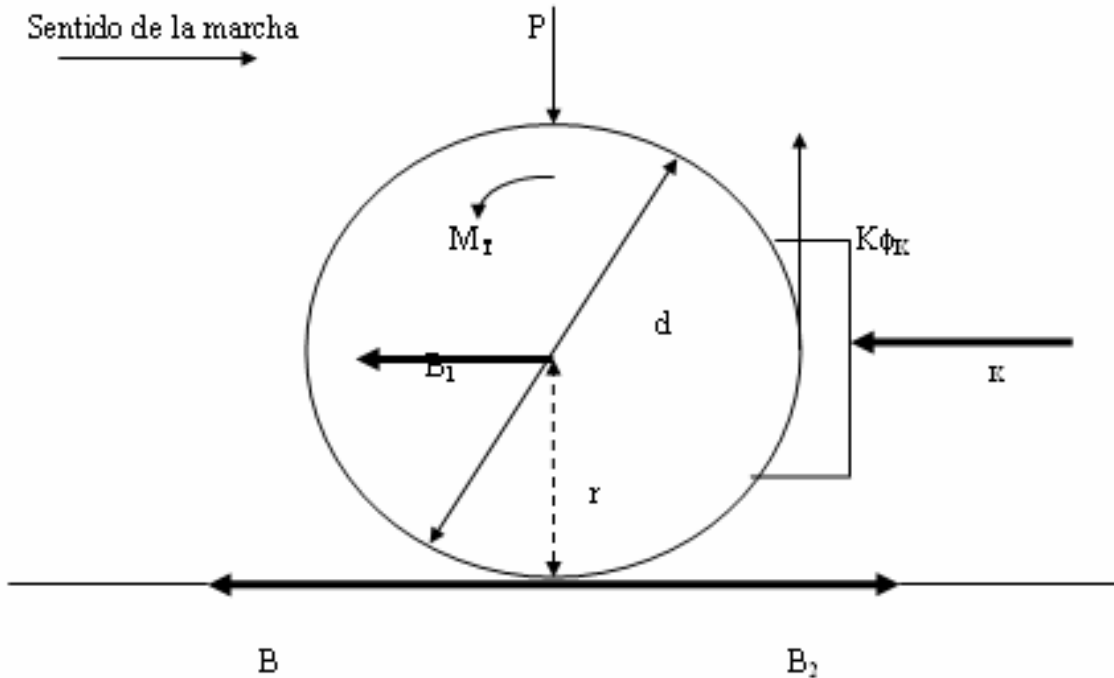
Para régimen sin tracción:

$$\omega_{0x} = \frac{\omega_0' P + \omega_0'' Q}{P + Q}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

6.2.2. Fuerza de Frenado Definición:

La fuerza de frenado como ya dijimos anteriormente está dirigida en el sentido contrario de la fuerza tractiva.



Puede ser utilizada para disminuir la velocidad hasta un nivel requerido o detener al vehículo por completo. Puede efectuarse de dos formas.

a. – Con el apriete de las zapatas ubicadas en las ruedas, como se observa en la figura.

b. – Utilizando la fuerza del motor eléctrico del equipo tractivo

El frenado, utilizando las zapatas de frenos se instala en cualquier tipo de equipos tractivos y se establece como base para los cálculos del frenado. Esta fuerza al igual que la fuerza tractiva se produce debido a la adherencia de las ruedas con el carril. La presión k que se aplica a las zapatas, provoca que entre ellas y las ruedas se cree una fuerza de fricción $k\phi_k$ que produce un momento cuyo brazo es el radio de la rueda r

$$M_f = k\phi_k r$$

Esta fuerza de fricción no puede ser mayor que la fuerza de adherencia rueda – carril, pues de no ser así en lugar de frenar el tren patinaría sobre el carril $k\phi_k \leq P\psi$ donde ψ es el coeficiente de adherencia rueda – carril, por lo tanto:

$$K \leq \frac{\psi}{\phi_k} P$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

La fuerza de frenado del tren se determina en dependencia de la fuerza total de presión de las zapatas de freno por eje del equipo.

$$B_F = 1000\varphi_{kp} \sum K_P$$

Donde:

$\sum K_P$ – suma de las fuerzas de presión de cálculo en el eje del equipo en T.

Para vagones de 4 ejes $K_P = 7 T$

Para vagones de 6 ejes $K_P = 8 T$

φ_{KP} - coeficiente de fricción de cálculo de las zapatas de freno sobre las ruedas.

El valor de $\sum K_P$ se obtiene de:

$$\sum K_P = \sum n_i \delta_{f(i)} m_i K_{P(i)} \quad T$$

donde:

n_i – número de vagones de cada tipo.

$K_{P(i)}$ – apriete de cálculo de las zapatas

m_i - número de ejes por vagón

$\delta_{F(i)}$ – peso específico del tipo de vagón del total del peso del tren.

El coeficiente de fricción de las zapatas sobre las ruedas, es igual a:

Para zapatas de hierro fundido.

$$\varphi_K = 0.27 \frac{V + 100}{5V + 100}$$

Para zapatas de hierro fundido con alto contenido de fósforo

$$\varphi_K = 0.3 \frac{V + 100}{5V + 100}$$

Para zapatas de plástico (de composición)

$$\varphi_K = 0.36 \frac{V + 150}{8V + 150}$$

Donde:

V – velocidad en Kph

La fuerza de frenado unitaria es igual a:

$$b_F = \frac{B_F}{P + Q} = 1000\varphi_K \frac{\sum K_P}{Q} = 1000\varphi_K \vartheta_P \quad Kg / T$$

Para calcular el valor de la fuerza unitaria de frenado, no tomamos en cuenta el peso de la locomotora.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

El frenado puede ser de servicio o de emergencia. Para el frenado de servicio en lugar de 1000 se utiliza la mitad, 500.

El freno eléctrico de las locomotoras se basa en la utilización de la propiedad de reversibilidad que tienen los motores eléctricos cuando los motores de tracción eléctrica de la locomotora se conectan en el régimen de generador, como resultado de esto, en el eje se produce un momento rotor dirigido en el sentido contrario al movimiento del tren. La energía eléctrica producida puede regresar a la línea de contacto (frenado recuperativo) o se extingue en los reóstatos, lo que resulta ser menos efectivo.

6.3. Resultante Definición:

Las resultantes son las fuerzas que se obtienen de la interacción de las fuerzas aplicadas en un momento dado al tren.

Si la resultante está dirigida hacia el sentido del movimiento del tren, ésta se considera positiva; si es en el sentido contrario, el tren se mueve disminuyendo la velocidad. Si es igual a cero, el tren se mueve con velocidad uniforme.

Las fuerzas que actúan sobre la marcha del tren y por consiguiente el valor de la resultante se determinan según el régimen de marcha del tren.

a. – En régimen tractivo. El motor de la locomotora está en funcionamiento. La resultante será igual a la diferencia entre la fuerza tractiva y la suma de las resistencias. $F_k - W_0$

b. – En régimen de regulador cerrado. El motor está desconectado: la resultante es la suma de las resistencias en ese régimen W_{ox} .

c. – En régimen de frenado. El motor se encuentra desconectado y el freno está aplicado: La resultante es la suma de las resistencias aplicadas al tren en régimen de regulador cerrado y la fuerza de frenado.

$$W_{ox} + B_f$$

En la mayor parte de la vía, el tren circula en régimen tractivo. Al moverse por una pendiente descendiente o antes de frenar el tren puede circular en régimen de regulador cerrado. El frenado se usa como ya se expresó; para detener la marcha o para disminuir la velocidad hasta el nivel deseado.

En todos los casos se utiliza el frenado de servicio y entonces se utiliza la mitad del frenado de cálculo.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

El frenado de emergencia sólo se utiliza en casos excepcionales, en presencia de un peligro inminente y por supuesto sólo se utiliza para detener la marcha del tren.

6.4. Ecuaciones Sobre la marcha del Tren. Condiciones Para el Calculo.

El cálculo de la marcha del tren puede realizarse por medios gráficos, utilizando diagramas o por medio de cálculos. Este último se realiza partiendo de la obtención de las resultantes, obteniéndose las longitudes que por cada tramo del perfil longitudinal transformado recorre el tren con la variación de la velocidad.

Como vimos anteriormente el régimen de marcha influye en la obtención del espacio recorrido y del tiempo en recorrer cada tramo.

Este cálculo se realiza con los valores promedios del intervalo de velocidades (5 o 10 Kph).

Lo primero que debemos hacer, es establecer las reglas que se utilizarán en el cálculo:

1. – Dividir el espacio a recorrer en tramos correspondientes al perfil transformado.
2. – Aumentar paulatinamente la velocidad según el intervalo que seleccionemos.
3. - Si al calcular la distancia entre dos puntos se obtiene un valor mayor que el real, se recalcula la velocidad final del tramo, realizando el cálculo a la inversa, es decir teniendo como espacio el que falta para llegar al final del tramo dado como dato.
4. – Al comenzar el siguiente tramo, la velocidad inicial será la velocidad final del tramo anterior.
5. – Si la velocidad final se alcanza antes de llegar al límite del tramo que se calcula, se continua con esta velocidad hasta llegar al límite.
6. – Cuando la resultante es negativa, esto significa que no podemos utilizar en el tramo analizado la velocidad final del intervalo, sino que debemos reducir la velocidad.

Esto se realiza por dos métodos:

- a. – en casos de rampas, reducimos la velocidad hasta que la resultante sea igual a 0 y la mantenemos hasta el final del tramo
 - b. – en caso de pendientes, pasamos a régimen de frenado, y seguimos con el régimen de regulador cerrado, disminuyendo la velocidad.
7. – Si en una pendiente la velocidad que se alcanza es mayor que la autorizada, frenamos o vamos a régimen de regulador cerrado hasta alcanzar la velocidad autorizada, posteriormente analizamos su comportamiento hasta el final del tramo analizado.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

8. – Si la velocidad es uniforme el tiempo será igual al cálculo del espacio entre la velocidad.

El cálculo del espacio recorrido se realiza de la siguiente forma:

$$\Delta S = \frac{V_f^2 - V_i^2}{2\xi\rho_{0(med)}} = \frac{V_f^2 - V_i^2}{240\rho_{0(med)}} \text{ en Km}$$

$$\Delta S = \frac{1000(V_f^2 - V_i^2)}{240\rho_{0(med)}} = \frac{4.1667(V_f^2 - V_i^2)}{\rho_{0(med)}} \text{ en m}$$

Donde. ξ - constante igual a 120

Para hallar el tiempo utilizado en el recorrido:

$$D_{ext} = \frac{\Pi\Delta R_{ext}}{180} \quad D_{int} = \frac{\Pi\Delta R_{int}}{180}$$

$$D_{ext} = \frac{\Pi\Delta\left(R + \frac{S_0}{2}\right)}{180} \quad D_{int} = \frac{\Pi\Delta\left(R - \frac{S_0}{2}\right)}{180}$$

$$\Delta t = \frac{V_f - V_i}{120\rho_{0(med)}} \text{ en horas}$$

$$\Delta t = \frac{60(V_f - V_i)}{120\rho_{0(med)}} = \frac{0.5(V_f - V_i)}{\rho_{0(med)}} \text{ en min}$$

$$D_{ext} - D_{int} = \frac{\Pi\Delta\left(R + \frac{S_0}{2}\right)}{180} - \frac{\Pi\Delta\left(R - \frac{S_0}{2}\right)}{180}$$

Tema IV. Diseño estructural de vías férreas.

Contenido

7. _Diseño Estructural.

7.1. Carriles Cortos en las Curvas:

7.1.1. Necesidad de Colocar los Carriles cortos en las Curvas

En los proyectos viales, el trazado se calcula por el eje de la vía. Por ello en las curvas la banda de carriles del exterior tiene una longitud mayor que la de la banda interior, debido a la diferencia de radios entre ellos.

$$R_{ext} = R + \frac{S_0}{2} \quad R_i = R - \frac{S}{2}$$

En los ferrocarriles modernos, para la mecanización de los trabajos de vías, se ensamblan los elementos de la vía (campos o eslabones, unión de carriles y traviesas). Estos campos tienen sus carriles ubicados uno frente al otro por lo que al ser colocados en una curva, como la banda interior es más corta que la exterior, el carril de la banda interior se adelanta con respecto a los de la exterior provocando desigualdades en la colocación.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Por ese motivo se cortan algunos de los carriles para que las juntas queden lo más frontales posibles.

7.1.2. Calculo del Numero de Carriles Necesarios y su ubicación:

El método de cálculo es como sigue:

Como ya vimos hay diferencia entre la banda de carriles del exterior de la curva con relación a la del interior.

Por lo tanto el desarrollo o longitud de la curva para cada banda es como sigue:

Luego:

$$D_{ext} - D_{int} = E \quad E = \frac{\Pi}{180} \left(R + \frac{S_0}{2} - R + \frac{S_0}{2} \right) = \frac{\Pi \Delta S_0}{180}$$

Existen normas que regulan la longitud a cortar en cada carril que deba ser cortado, este acortamiento se representa con la letra K y los valores a cortar son: 40; 60; 80 y 120 mm.

El número de carriles a cortar en una curva se determina por la relación entre el total a cortar y el valor de K.

$$N_{cc} = \frac{E}{K}$$

El número de carriles de largo normal colocados en la banda exterior será:

En curvas circulares simples.

$$N_{CN} = \frac{D}{l_n + cala}$$

La cala es el espacio de la junta entre dos carriles, para el cálculo utilizaremos un valor igual a 10 mm

l_n .- longitud del carril normal (12.50 o 25.00 m)

Para curvas con transición:

$$N_{CN} = \frac{2l_s + D_c}{l_n + cala} = \frac{2l_s + R \left(\frac{\Pi \Delta}{180} - \frac{l_s}{R} \right)}{l_n + cala} - \frac{l_s + \frac{\Pi \Delta R}{180}}{l_n + cala}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

El número de carriles de longitud normal debe ser mayor o igual a los que se van a acortar, de no ser así hay un error de cálculo.

La ubicación de los carriles cortos en la curva se determina mediante el cálculo en cada una de las ramas de la curva. Si es circular simple en un solo tramo pero si es en una curva con transición entonces se realiza en cada rama. Se confecciona una tabla que consta de 9 columnas y tantas filas como fuesen necesarias.

Para el cálculo se determina que cada vez que la suma de los acortamientos supere el valor absoluto de la mitad del acortamiento posible. A este valor le denominamos falsa escuadra, que no es más que la diferencia entre el carril de una banda y el carril de la otra.

$$FE = \frac{K}{2}$$

Para la primera transición el valor de cálculo del acortamiento es:

$$E_{S1} = \frac{S_0 l_i^2}{2R l_s}$$

La comprobación al final de la curva de transición será:

$$E_{SC} = \frac{S_0 l_s}{2R}$$
$$E_0 = E_{SC} + \frac{S_0 l_i}{2R}$$

En la curva circular la expresión será:

La comprobación al final del tramo será:

$$E_{CS} = E_{SC} + \frac{S_0 D}{R}$$

Para la segunda transición:

$$E_{S2} = 2E_{S1} + E_C - \frac{S_0 (l_s - l_i)^2}{2R l_s}$$

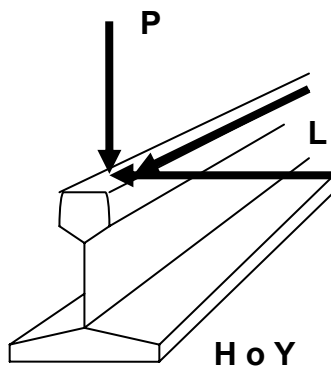
Veamos la tabla.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

No carril	Ubicación	Long. Carril m	Σ Long. Carril m	Acortamiento necesario mm	Acortamiento posible		FE mm	Ubicación
					Un carril mm	Acumulado mm		

8. Fuerzas que actúan sobre la superestructura de la vía Férrea.

8.1. Fuerzas que actúan sobre la superestructura de la vía. Generalidades:



Sobre la vía actúan varias cargas, la carga vertical **P**, que provoca el peso de los equipos, la carga horizontal longitudinal **L** que se produce por dos causas, por la acción de la temperatura o por la acción del frenado y acelerado de las locomotoras que provoca que los carriles se desplacen longitudinalmente y en ocasiones arrastren junto con ellos a las traviesas y el balasto y la carga horizontal transversal **H o Y**, que se produce por el movimiento transversal que tienen los ejes de los equipos ferroviarios, debido fundamentalmente a la conicidad de sus ruedas, así como inducida por el corrimiento de los carriles

En un día sereno, sin viento, un equipo detenido en una vía, con sus motores desconectados, provoca sobre las vías una carga estática producida por su peso y dirigida a través de sus ruedas hacia el carril. Tan sólo se ponen en funcionamiento sus motores comienzan a actuar cargas adicionales producidas por las vibraciones de los resortes de la locomotora, pero al ponerse en marcha el vehículo se le adicionan cargas verticales y horizontales

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

8.2. Fuerzas Verticales:

La carga vertical debido al peso de los equipos al desplazarse se verá afectado por cargas adicionales debido al incremento de velocidad y las vibraciones que por ello se producen.

Se utilizan varios métodos de cálculo para hallar los esfuerzos dinámicos.

Método del Profesor Tishman.

$$\alpha = 1 + \frac{0.76V}{10^2}$$

Según el profesor Shajuniantz.

$$K_d = 1 + 0.01V \quad (\text{hasta } 120\text{kph})$$

Método Ruso.

$$P_d = P_{med} + 2.6S \quad \text{en KN}$$

P_{med} – Es la fuerza promedio actuante sobre el carril por una rueda en KN

S – Desviación media cuadrática de las irregularidades en KN

$$P_{med} = P_{est} + P_{bmed}$$

P_{est} - Carga estática que se trasmite al carril por una rueda en KN

P_{est} - Carga adicional producida por distintos factores como la rigidez de los resortes de los equipos, la rigidez de la vía, etc.

$$P_{bmed} = 0.75P_b$$

P_b – Carga debido a la rigidez de los resortes

$$P_b = j_r Z_{max}$$

j_r – Rigidez de las ruedas en KN/mm

Z_{max} – Longitud de los desplazamientos de los resortes en mm

Indicador	Locomotora	Vagones		
		4 ejes de carga	6 ejes de carga	Pasajeros
j_r	1.45	2.1	1.81	0.41

$$Z_{max} = 7.9 + 8 \times 10^{-4} V^2 \quad \text{mm para locomotoras diesel}$$

$$Z_{max} = 10.9 + 9.6 \times 10^{-4} V^2 \quad \text{mm para locomotoras eléctricas}$$

$$Z_{max} = 10.0 + 1.6 \times 10^{-4} V^2 \quad \text{mm para vagones}$$

$$S = 0.565 \times 10^{-8} \beta d \sqrt{qLU} P_{med} V$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

β - coeficiente que tiene en cuenta el tipo de carril

Indicador	Tipo de carril		
	≤ 50 Kg/m	51 – 65 Kg/m	> 65 Kg/m
β	1.0	0.87	0.82

q – peso de las masas no suspendidas (bogie, truck o carretilla) (aproximadamente un 2% del peso total)

d – distancia entre ejes de traviesas en cm

L – coeficiente de rigidez relativa en cm

$$L = \sqrt[4]{\frac{2EId}{cbu}}$$

U – módulo de elasticidad de las sustentaciones en KN o MPa

E – módulo de elasticidad del acero del carril en 2.1×10^4 en KN/cm²

I – momento de inercia del carril en cm⁴

C – módulo de soporte en KN/cm³

u – espacio entre el extremo de la traviesa y el eje del carril (espacio que se calza en las traviesas en cm

$$u = \frac{l - S_0}{2} \quad cm$$

l – longitud de la traviesa en cm

S_0 – distancia entre ejes de carriles (150 cm ancho internacional, en los ferrocarriles rusos 160 cm).

b – ancho de la traviesa en cm

V – velocidad del equipo en Kph

Valor del módulo de soporte para vías de ancho internacional.

Traviesas por kilómetro	U en MPa		U en KN/cm ²	
	Hormigón	Madera	Hormigón	Madera
2000	102	50	10.2	5.0
1840	93	48	9.3	4.8
1600	81	25	8.1	2.5
1440	72	15	7.2	1.5

Coeficiente dinámico propuesto por Eisenmann. Este coeficiente se utiliza para

$V < 200$ Kph

$$\varphi_E = 1 + \frac{V - 60}{140}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Método propuesto por el Comité D71 ORE

$$\varphi = ab \left[0.1 + 0.017 \left(\frac{V}{100} \right)^3 \right]$$

a – es un coeficiente cuyo valor es de 1.3 para $V \leq 140$ Kph y

b. – coeficiente cuyo valor es de 1.5 para locomotoras con $V < 200$ Kph y 2.0 para V hasta 140 Kph.

El coeficiente dinámico propuesto por Schramm, refleja los efectos que la velocidad le adiciona a la carga estática. El valor de este coeficiente es:

$$\alpha = 1 + \frac{4.5V^2}{10^5} - \frac{1.5V^3}{10^7} \quad P_d = P_{est} \alpha$$

El coeficiente empleado por los ferrocarriles Alemanes.

$$\alpha = 1 + 0.0065(V - 40)$$

El empleado en Holanda

$$K_v = 1 + \frac{V^2}{30000}$$

Esto es válido para vía en recta y sin irregularidades, así como para ruedas sin defectos..

En las curvas debido a que las cargas verticales no están aplicadas directamente sobre el eje del carril, la fuerza del bastidor de carácter horizontal transversal y ubicada en el eje del equipo provoca una sobre carga en el carril exterior y una descarga en el interior. El valor absoluto de la sobrecarga es:

$$\Delta P = \pm \frac{Y_b r}{S_0}$$

Donde:

r. – radio de la rueda en m

Y_b – fuerza del bastidor en KN

S_0 – distancia entre ejes de carril en m

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Cuando las vías o las ruedas presentan irregularidades se produce una sobre carga, las irregularidades en la vía tiene forma de senoide de periodo Λ y doble amplitud $2h$ cuyo valor es:

$$\Delta P = \frac{1}{1-r^2} mh(2\Pi f)^2 \quad KN$$

Donde:

f – frecuencia con que el equipo entra en la irregularidad en seg^{-1}

m – masa del equipo en KN

$$m = \frac{P}{g} \quad y \quad f = \frac{V}{\Lambda}$$

V – velocidad en m/seg

Λ - periodo de la irregularidad en m

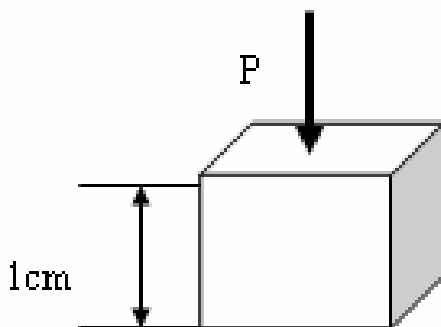
h – amplitud de la irregularidad

$$r = \frac{f}{f_0} \quad f_0 = \frac{1}{2\Pi} \sqrt{\frac{J_r}{m}}$$

J_r – rigidez de los resortes en KN/cm

8.2.1. Calculo de los Coeficientes Dinámicos:

Este coeficiente es la fuerza que se requiere aplicar en un área de 1 cm^2 para que se deforme en 1cm



C en KN/cm^3

– Módulo de elasticidad de la vía U_v .

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Es la carga distribuida que hay que aplicar al carril para lograr un hundimiento de 1 cm, se mide en KN/cm^2 o en MPa, su valor oscila entre $1.5 - 5.0 \text{ KN}/\text{cm}^2$ ($15 - 50 \text{ MPa}$) para traviesas de madera y de 10 a $20 \text{ KN}/\text{cm}^2$ ($100 - 200 \text{ MPa}$).

- Módulo de depresión Δ

Este módulo es igual a:

$$\Delta = \frac{1}{CF} = \frac{1}{4Cbu} \quad \frac{cm}{KN}$$

F – es el área de apoyo de la traviesa

b – es el ancho de la traviesa

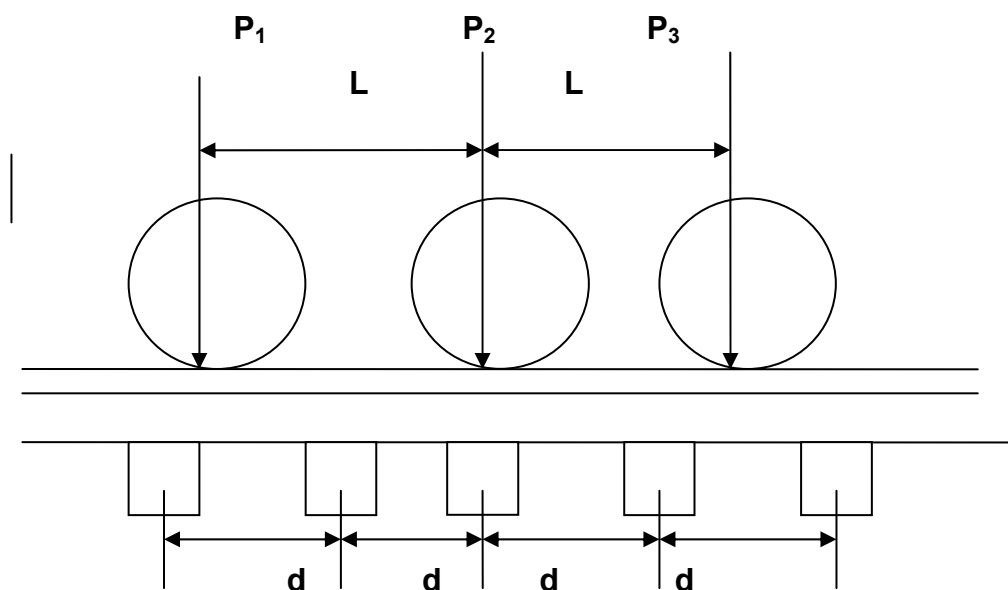
u – espacio desde el extremo de la traviesa al eje del carril, es el espacio que se calza.

- Características de diseño.

Para diseñar una vía férrea debe conocerse la carga estática por eje de los equipos que se desplazarán por ella y seleccionar la de mayor valor, la velocidad máxima permisible y las características de esos equipos.

Con estos datos determinamos la carga dinámica y con ella los momentos flectores que se producen y las tensiones máximas permisibles para el tipo de vía que vamos a diseñar comparándola con la que hallemos, la cual deberá ser menor que la permisible.

8.2.2. Calculo del Carril a Flexión. Datos Iniciales



El momento flector en el carril es igual a:

$$M_f = \frac{PL}{4} \quad \text{KNcm}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Siendo L un valor denominado coeficiente de rigidez relativa, ya estudiado; cuyo valor es:

$$L = \sqrt[4]{\frac{2EId}{cbu}}$$

Esta expresión es válida para la sección que se encuentra directamente bajo la carga, pero esta carga afecta a las secciones aledañas, y si el equipo está formado por boggy que tienen más de un eje cada eje afecta a la sección analizada y a las aledañas.

Para determinar la influencia que la carga de un eje ejerce sobre los otros se utiliza un coeficiente que representa la línea de influencia de las ruedas vecinas (μ).

$$\mu = e^{-\frac{X}{L}} \left(\cos \frac{X}{L} - \operatorname{sen} \frac{X}{L} \right)$$

Donde:

X – distancia desde el punto de aplicación de la rueda hasta el punto que se analiza.

Los ángulos vienen dados en radianes.

El momento flector será entonces:

$$M_f = \frac{PL}{4} \mu$$

El esfuerzo máximo en el carril es igual a:

$$\sigma = \frac{M_f}{W} \quad \text{KN/cm}^2 \quad \text{o} \quad \sigma = \frac{10M_f}{W} \quad \text{MPa}$$

Categoría de la vía	Valor de $[\sigma]$ en MPa
I	150
II	160 – 180
III a V	200

No obstante, estos valores están dentro de la seguridad, pues la tensión de fluencia del acero para carriles es de 340- 520 MPa

Los esfuerzos totales máximos que se producen en la vía son:

Esfuerzos	Causas	Valor en MPa
-----------	--------	--------------

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

σ_1	Cargas verticales	150
σ_2	Variación de temperatura	100
σ_3	Fuerzas laterales en curvas	150
σ_4	Planos en las ruedas o irregularidades en la vía	150
Total		550

La probabilidad de que al mismo tiempo ocurra que todas las cargas estén presente es muy pequeña debido a:

1. – Los esfuerzos σ_2 y σ_3 raramente se produzcan con sus valores máximos.
2. – Es poco probable que los 4 esfuerzos se produzcan al mismo tiempo.
3. – La velocidad de circulación es tan alta que de darse el caso que los cuatro esfuerzos se produzcan al mismo tiempo, sería tan rápido que no producirían un efecto desfavorable.

Como nota aclaratoria debemos decir que los valores de I y W deben tomarse de igual tipo de carril y de tener éste desgaste tomarse con el valor para este desgaste.

8.2.3. Esfuerzos Sobre las Sustentaciones.

Esfuerzos sobre las traviesas.

Cuando sobre el carril actúa una carga P por rueda, se produce en la traviesa una reacción de apoyo Q que no es más que el cortante del carril.

Según Zimmermann, esa fuerza es igual a:

$$Q = \frac{Pd}{2L}$$

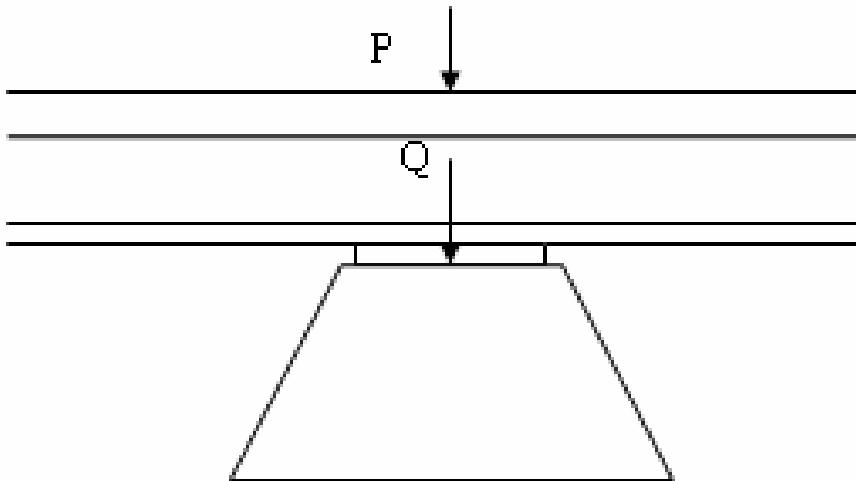
Q – fuerza con que el carril presiona a la traviesa en KN

P – carga por rueda del vehículo en KN

d – distancia entre ejes de traviesas en cm

L – coeficiente de rigidez relativa entre el carril y la vía en cm.

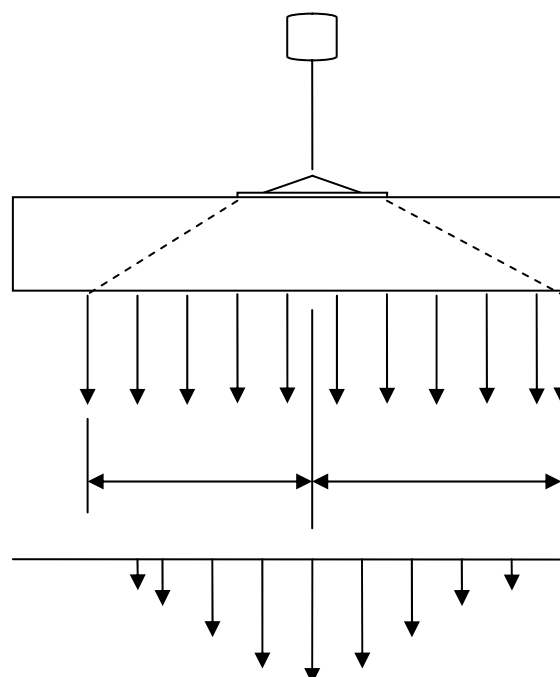
CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.



Debido al efecto distribuidor de las cargas del carril, el valor de Q es menor que P , siendo dependiente de:

- ❖ Módulo de elasticidad y momento de inercial del carril y la traviesa.
- ❖ Ancho de la traviesa
- ❖ Espaciamiento entre traviesas
- ❖ Coeficiente de balasto o de depresión

Las cargas de las traviesas sobre el balasto pueden considerarse distribuidas de acuerdo con la siguiente figura:



**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**

$$M_f = \frac{Qu}{4} - \frac{Qa}{8} = \frac{Q}{a} \left(u - \frac{a}{2} \right)$$
$$u = \frac{l - S_0}{2}$$
$$M_f = \frac{Q}{4} \left(\frac{l - S_0}{2} - \frac{a}{2} \right) = \frac{Q}{8} (l - s - a) \quad KNcm$$

De todos los parámetros sólo puede crear dudas el parámetro "a"; que puede ser el ancho del patín del carril en caso de traviesas de madera colocados sin sillas o el largo de las sillas en caso contrario. El esfuerzo por flexión se determina como:

$$\sigma = \frac{10M_f}{W_t}$$

En MPa.

W_t – módulo de sección de la traviesa

Si la traviesa tiene una sección rectangular.

$$W_t = \frac{bh^2}{6} \quad cm^3$$

el esfuerzo por compresión o aplastamiento bajo el carril o de la silla será:

$$\sigma_{tc} = \frac{10Q}{A} \quad MPa$$

A – área de apoyo del carril o de la silla, sobre las traviesas en cm^2

A = a x b

a – ancho del patín o largo de la silla cm

b – ancho de la traviesa o de la silla cm

El método de cálculo de los soviéticos sólo chequea el esfuerzo por compresión en la traviesa debido a la carga vertical. Esto se compara con el esfuerzo admisible que depende del tipo de material.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Material	σ_{tc}	Material	σ_{tc}
Pino	2.2	Abeto	2.2
Pino - abeto	2.0	Haya	3.5
Acana	2.8	Caoba	2.8
Jiquí	6.3	Quiebra hacha	7.1
Hormigón M300	13.5	Hormigón M350	15.5
Hormigón M400	17.5	Hormigón M450	19.5
Hormigón M500	21.5		

La expresión:

$$Q = \frac{Pd}{2L}$$

Es válida para la traviesa que se encuentra bajo la carga analizada. Para obtenerle valor de Q para las traviesas aledañas o la influencia de las cargas aledañas sobre la traviesa analizada se utilizará un coeficiente que representa la línea de influencia de cortante o de deformación, que según Zimmermann es:

$$\eta = e^{-\frac{x}{L}} \left(\cos \frac{X}{L} + \operatorname{sen} \frac{X}{L} \right)$$

Así, si queremos analizar todas las traviesas de un tramo donde actúa una carga dada, tendremos:

$$Q_i = \frac{Pd}{2L} \eta_i$$

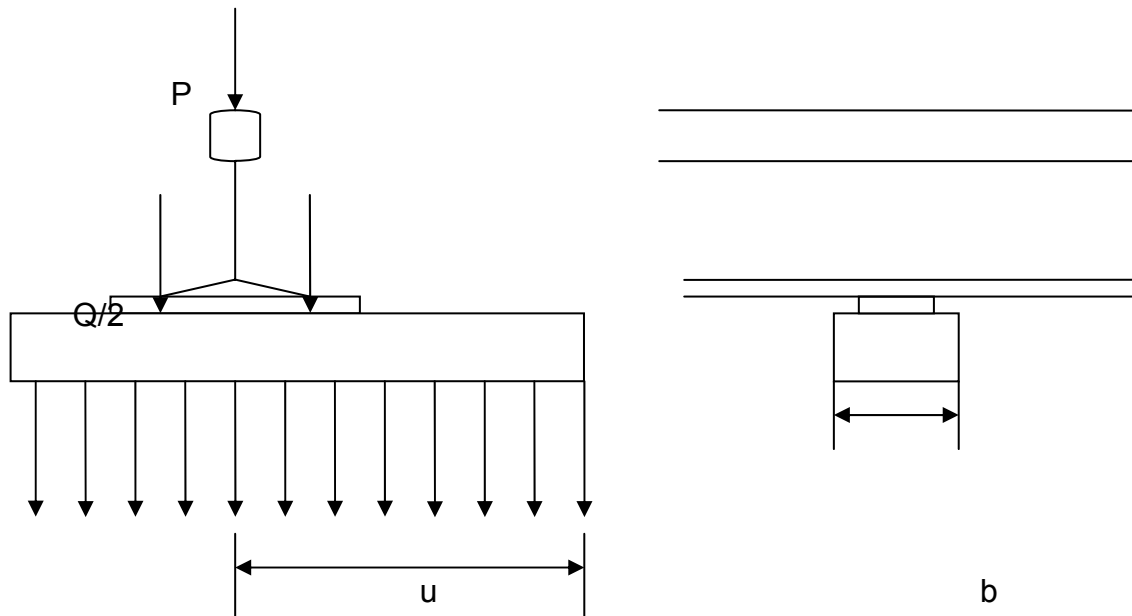
Para un sistema de cargas:

$$Q_{ij} = \frac{d}{2L} \sum P_i \eta_i$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

8.2.4. Esfuerzo Sobre el Balasto y Sobre la Explanada. Espesor de Balasto:

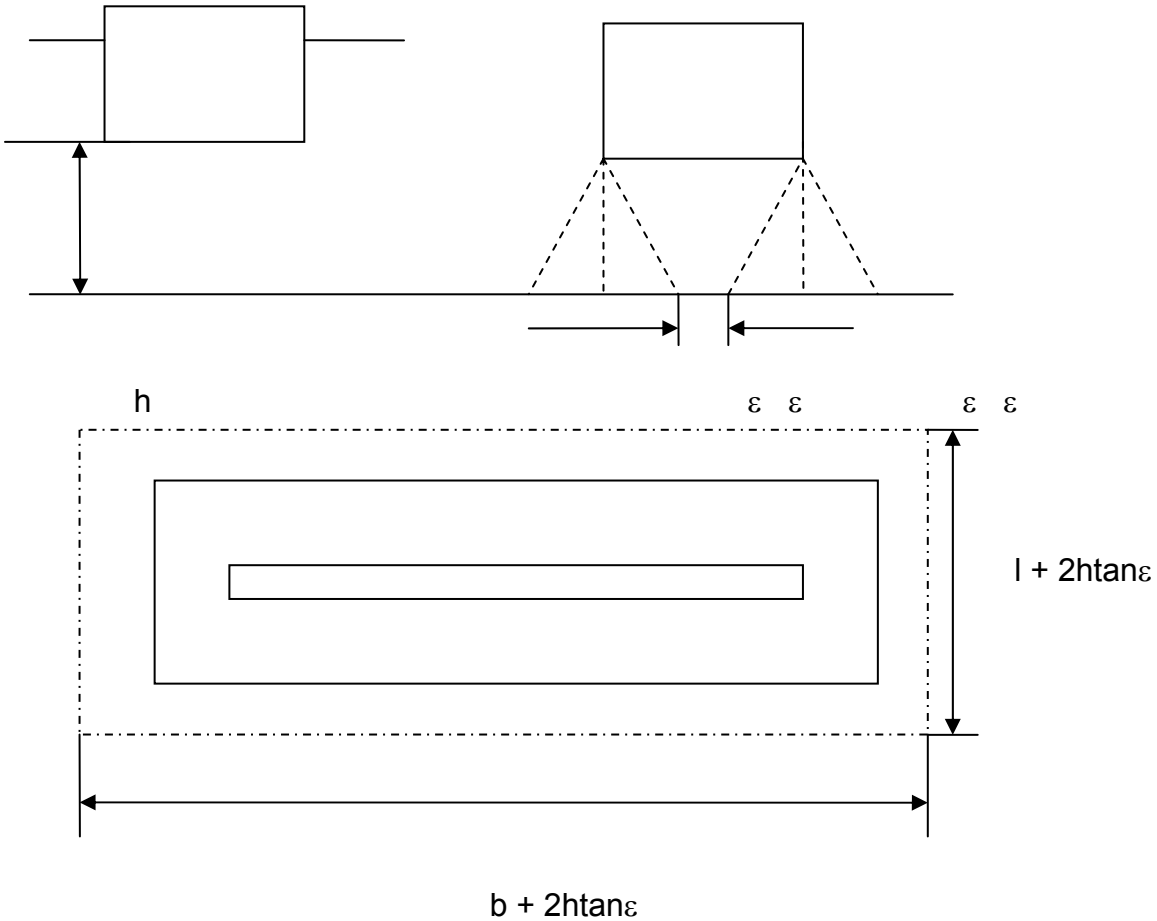
la carga Q que trasmite el carril a la traviesa produce en su cara inferior o superficie de apoyo una presión aproximadamente uniforme que se denomina presión de traviesa y se calcula como:



$$\sigma_t = \frac{10Q}{2ub} = \frac{5Q}{ub} \text{ MPa}$$

Esta presión se distribuye a través del balasto hacia la explanada con un ángulo con respecto a la vertical entre 30° y 41° . En Cuba se utiliza 36°

**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**



Teniendo en cuenta este ángulo, el espesor de balasto sería igual a:

$$h = \frac{5Q}{2 \tan \varepsilon} \quad cm$$

Si el espesor de balasto fuese menor que el hallado en esta expresión, en la explanada bajo el centro de dicha traviesa se crea un espacio, como se muestra en la figura anterior, que provoca que la presión sobre el balasto sea igual a tensión bajo la traviesa y esto hace que la presión en la superficie de la explanada no sea uniforme.

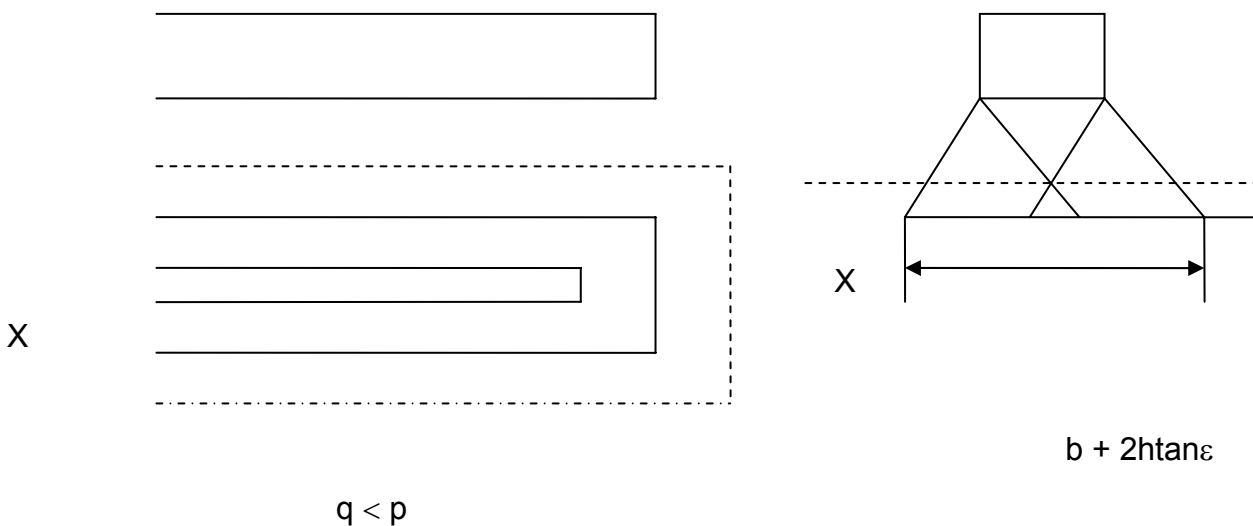
$$\sigma_t = \frac{5Q}{ub}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Con la profundidad de balasto mayor que el espesor calculado en la primera expresión, puede ocurrir que la distribución de tensiones se intercepta por encima de la línea de base, en la línea X – X y la presión

Se plantea que el espesor de balasto debe ser acorde con la distancia entre ejes de traviesas, los parámetros de velocidad y peso por rueda de los equipos, es decir según la clasificación de la vía, de ahí que se plantee, que el espesor de balasto es igual a:

$$h_{\min} = \frac{d - b}{2 \tan \epsilon} \quad \text{cm}$$



Si queremos una distribución $\sigma_b < \sigma_t$ se requerirá de un espesor de balasto mayor.

Pero sólo cuando el espesor de $h > \frac{b}{2 \tan \epsilon}$ balasto máximo fuese menor que la presión de la traviesa y menor que la tensión permisible de la explanada, por ello; esto será comprobado según la expresión de

$$q = \sigma_b = \frac{15Q}{[3(l - S_0) + b]h \tan \epsilon} \leq [q] \quad \text{MPa}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Schramm:

Donde:

Q – en KN

l; S₀; b y h en cm

La presión en el balasto depende fundamentalmente de la longitud de la traviesa y de la profundidad del balasto, mientras que diferentes anchos de traviesas no influyen, pues crean diferencias despreciables.

Debe evitarse grandes espesores y no utilizarse traviesas cortas.

Clase de balasto	Piedra picada		Grava		Calizas	Arenas
	φ 25 – 70 mm	φ 7 – 25 mm	Seleccionada	De cantera		
σ _b MPa	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.28

8.3. Fuerzas Horizontales y Transversales:

Fuerzas que actúan en la vía en el plano horizontal.

Las fuerzas horizontales pueden ser transversales y longitudinales. Las primeras dirigidas en el sentido normal al eje de la vía y las segundas actuantes longitudinalmente al eje de la

– Fuerzas transversales.

- Fuerzas transversales actuantes a nivel del carril

Las cargas horizontales transversales ocurren fundamentalmente por la conicidad de las ruedas que hace que al moverse por la vía el equipo realice un movimiento lateral ondulatorio en forma de senoide (zigzag) que provoca el impacto de las pestañas de las ruedas contra el borde de trabajo del carril.

Al entrar en una curva la pestaña de la rueda delantera impacta contra el borde de trabajo del carril de la banda exterior. Esto provoca que el bogie tenga un movimiento complejo alrededor de dos ejes, el eje de la curva y un punto ubicado en el eje longitudinal del bogie denominado centro de giro.

Pueden ocurrir tres casos:

1. – Cuando el radio de la curva es grande, el bogie se inscribe libremente por ella, sucediendo que solamente la pestaña de la rueda delantera impacte al carril exterior y el resto de las pestañas no se pegan a los carriles exterior e interior.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

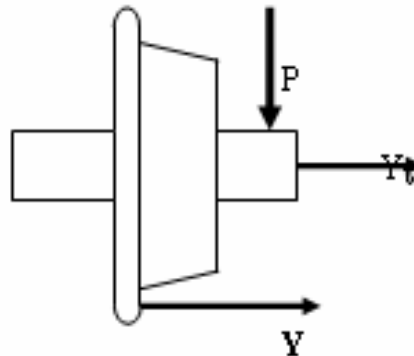
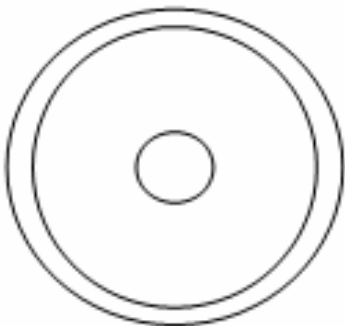
En este caso el centro de giro se encuentra en un lugar detrás del eje trasero. Esta inscripción se denomina **libre**.

2. – Este caso ocurre al inscribirse en la curva y la pestaña delantera impacta contra el carril exterior y la pestaña trasera se pega contra el carril interior. Esta inscripción se llama **forzada**, el centro de giro se encuentra en un punto ubicado entre los ejes traseros y delanteros cuya posición depende del radio de la curva.

3. – Este caso se produce cuando al inscribirse en la curva, más de tres ruedas topan con los carriles exteriores e interiores, este caso se denomina **forzada encajada o de cuña** y el punto o centro de giro se encuentra en el mismo centro del boggye en el caso de boggye de dos ejes y en el eje central en el caso de boggye de tres ejes.

En cualesquiera de los tres casos el contacto de la rueda y el carril provoca una fuerza de fricción entre ellos cuya componente se denomina H y una de impacto Y denominada fuerza de guiado o de encauzamiento que para contrarrestarla el carril produce una resistencia denominada fuerza lateral Y' cuyo valor es:

$$Y' = Y \pm H$$



8.3.1. Inscripción en las Curvas

Si el par de ruedas se encuentra delante del centro de giro de la base rígida, entonces para la rueda exterior en la expresión anterior se debe tomar el signo menos y para la interior el signo más. Si el par de ruedas se encuentra detrás del centro de giro el signo cambia.

Las fuerzas de guiado siempre se toman positivas (ellas están dirigidas hacia el exterior de la curva y sus correspondientes reacciones hacia el interior de la curva).

Las fuerzas laterales son positivas si van dirigidas hacia la misma dirección de la fuerza de guiado y sus correspondientes reacciones si van dirigidas en el sentido contrario. Si al inscribirse el equipo en las curvas surgen fuerzas de guiado en la banda de carril exterior Y_e , y en la banda interior $Y_i = 0$; la inscripción será libre. Si las

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

fuerzas de guiado actúan en ambas bandas, la inscripción será forzada. El caso extremo de la inscripción forzada es la inscripción en cuña.

La fuerza del bastidor Y_b es aquella fuerza transversal transmitida por el bastidor del equipo a través del par de ruedas hasta el carril (incluida la fuerza de inercia desarrollada por el par de ruedas). Esta fuerza se aplica en el eje geométrico del par de ruedas y es positiva si actúa en el sentido hacia el carril exterior. Su valor es la diferencia de las fuerzas laterales transmitida por un mismo eje a ambas bandas de carril.

$$Y_b = Y_e' - Y_i' \quad a)$$

$$Y_{1b} = Y_{1e}' - Y_{1i}' = Y_{1e} - H_{1e} - H_{1i} \quad b)$$

$$Y_{2b} = Y_{2e} - H_{2e} - H_{2i} \quad c)$$

$$Y_{3b} = Y_{3e} - H_{3e} - H_{3i} \quad d)$$

Las fuerzas Y' que surgen durante la circulación de los equipos, llegan a altos valores como 100 KN. La influencia de estas fuerzas en el deterioro de las vías férreas es sumamente grande, por lo que es muy importante trabajar para disminuir sus efectos y mejorar su inscripción por los tramos curvos.

Si conocemos la posición del centro de giro O , el ancho de la vía S_0 (espacio comprendido entre los ejes de los carriles) y la distancia l_i , desde el centro de giro al punto analizado, se puede conocer el desplazamiento de cada rueda. Esta dirección es perpendicular al vector d_{ij} trazado desde el centro de giro hasta el centro del área de contacto de la rueda con el carril. Este punto aproximadamente se ubica en la intersección del eje de la corona del carril y el eje geométrico del par de ruedas. La fuerza de fricción de cada rueda (exterior o interior) de cualquier eje está dirigida hacia el lado contrario a la traslación de la rueda. Las fuerzas transversales H_{ij} y las longitudinales V_{ij} de esta fuerza de fricción; se determinan de la siguiente forma:

$$H_{ij} = fP_{ij} \cos \gamma_{ij}; \quad V_{ij} = fP_{ij} \operatorname{sen} \gamma_{ij}$$

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ii} = \gamma_i; \quad \cos \gamma_i = \frac{l_i}{d_i};$$

$$\operatorname{sen} \gamma_i = \frac{S_0}{2d_i}; \quad d_i = \sqrt{l_i^2 + \left(\frac{S_0}{2}\right)^2}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Para ello se acepta que $b_i \approx 0$ y $\Lambda \approx i$

La fuerza T, aplicada a la distancia L_{ts} del primer eje del bogie representa la resultante de la fuerza centrífuga, componente horizontal de la fuerza de gravedad formada en relación con la elevación del carril exterior sobre el interior (peralte) y la componente normal de la fuerza tractiva actuante en un bogie.

En
$$T = \frac{a}{g} \sum P_{ij} - \frac{2L}{K_T R} \frac{L_x}{L_c} F_K$$
 esta expresión, a es la aceleración centrífuga no compensada; K_T número de ejes en el equipo; L_T longitud total del tren que se encuentra en la curva; L_x longitud de los vagones hacia la cola a partir del vagón que se analiza, L_c longitud entre enganches del vagón que se analiza; F_K fuerza tractiva que desarrolla la locomotora en la curva (con signo negativo cuando tracciona y positivo cuando frena). Si el tren va con la locomotora empujando a los vagones, L_x es la parte delantera del tren.

Todas las fuerzas transversales: de fricción (H_{ij}); T y la de guiado Y_{ij} ; se aplican no de forma radial sino perpendicular al eje longitudinal del equipo.

Todas las fuerzas horizontales se calculan en el plano de contacto de la rueda con el carril. Las fuerzas que no se aplican en este plano (T , Y_b ,) son redistribuidas con las cargas verticales a los ejes y las ruedas de un mismo eje y no se reflejan en la suma de efectos de la fuerza de fricción. La conexión entre los bogies I y II y la caja, en el caso que las haya, se calculan introduciendo las fuerzas transversales K_I y K_{II} y los momentos M_I y M_{II} . Estas fuerzas y Momentos tienen partes constantes (ejemplo; momento de fricción en los pivotes y en las teleras, las tensiones iniciales de los resortes) y partes variables dependientes de los desplazamientos transversales y angulares del bogie con relación a la caja y al otro bogie.

En los cálculos se desprecia la conicidad de las ruedas, la vía y los equipos se suponen en perfectas condiciones. La influencia de distintas desviaciones de los requisitos de las normas de mantenimiento de la vía y el material rodante en la continuidad del cálculo se tienen en cuenta en coeficientes dinámicos especiales. Veamos el caso de un ancho de carrilera en la que actúa la fuerza Y_{1e} e Y_{3i} . En la determinación de la fuerza T vimos la influencia de la fuerza tractiva. El momento de amortiguación M_{amort} , surgido por la fuerza de fricción en los pivotes y en la telera; es

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

constante. En la curva este momento le hace resistencia en las curvas, a la rotación del bogie alrededor de la caja, la que girando arrastra hacia sí al segundo bogie, permitiéndole su rotación. Por consiguiente los signos del momento amortiguador en los bogies I y II serán distintos.

Para hallar las fuerzas Y_{1e} e Y_{3i} , son necesarias dos condiciones de equilibrio, que no son necesario anotarlas, constituyendo una ecuación de momentos y la segunda la proyección de todas las fuerza al eje transversal. Para hallar directamente la expresión para Y_{1e} e Y_{3i} hagamos dos ecuaciones de momentos, una con relación al centro del primer eje A y la otra con relación al centro del eje trasero B aceptemos que

$b \approx 0$. Evidentemente que:

$$\gamma_{ie} \approx \gamma_{ii} \approx \gamma_i; \quad l_{ie} = l_{ii} = l_i; \quad d_{ie} = d_{ii} = d_i$$

$$M_B = Y_{1e}L - T(L - L_{TS}) - \frac{S_1}{2} \sum V_{ij} - (H_{1e} + H_{1i})L - (H_{2e} + H_{2i})L_2 \mu M_R =$$

$$M_A = Y_{3i}L + TL_{TS} - \frac{S_1}{2} \sum V_{ij} + (H_{2e} + H_{2i})L_1 - (H_{3e} + H_{3i})L \mu M_R = 0$$

Cambiando los valores de V y H por la expresión Con una fuerza P estática igual para cada rueda tendremos:

$$P_{ie} + P_{ii} = 2P$$

De los momentos de la expresión anterior obtengamos Y_{1e} e Y_{3i}

La expresión dentro del corchete Shajuniantz las denomina A para la ecuación (a) y B para la ecuación (b) de la expresión anterior, quedando de esta forma:

$$Y_{1e} = 2 fPA + T \left(1 - \frac{L_{TS}}{L} \right) \pm \frac{M_R}{L} \quad a) \quad III . 50 a$$

$$Y_{3i} = 2 fPB - T \frac{L_{TS}}{L} \pm \frac{M_R}{L} \quad b)$$

$$Y_{1e} = 2 fP \left[\frac{S_1^2}{4L} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3} \right) + \frac{l_1}{d_1} + \frac{l_2}{d_2} \frac{L_2}{L} \right] + T \left(1 - \frac{L_{TS}}{L} \right) \pm \frac{M_R}{L} \quad a)$$

$$Y_{3i} = 2 fP \left[\frac{S_1^2}{4L} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d_3} \right) + \frac{l_3}{d_3} - \frac{l_2 L_1}{d_2 L} \right] - T \frac{L_{TS}}{L} \pm \frac{M_R}{L} \quad b)$$

$$Y_{1e} + Y_{3i} = 2 fP(A + B) + T \left(1 + 2 \frac{L_{TS}}{L} \right) \pm \frac{M_R}{L}$$

$$l_2 = l_1 - L; \quad l_3 = L - l_1$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Si el eje central tiene el juego lateral requerido como para desplazarse en la dimensión necesaria, se debe tener en cuenta en las expresiones para A y B que los miembros de los factores l_2 ; d_2 son iguales a cero; ya que no existen las componentes transversales H_{2e} y H_{2i} de las fuerzas de fricción y en lugar del miembro 1: d_2 se pondrá $2 \cdot S_1$ en función de que en este caso $V_2 = fP$. Los signos superiores se utilizan para el bogie delantero y los inferiores para el bogie trasero. En caso de bogies de dos ejes se eliminan los miembros que contienen l_2 y d_2 . Estas expresiones son reales para cualquier posición que tenga el centro de giro del bogie.

En la tabla se expresan los valores de A y B en dependencia de l_1 para vagones rusos cuyas características se muestran en la tabla (Shajuniantz)

Al calcular la inscripción de los bogies de los equipos, se tiene en cuenta sólo el momento de fricción amortiguadora en el pivote y las teleras, (en los coches de pasajeros no se tiene en cuenta la influencia de la suspensión de la cuna, en los bogies de tres ejes, la unión articulada del bastidor de los bogies entre sí).

Características de los vagones	Función	Valor de l_i en M							
		0.925	1.000	1.100	1.200	1.300	1.500	1.700	1.750
Vagones de carga con bogie TsNII-X3 L = 1.85m (1)	A	1.32	1.35	1.39	1.41	1.43	1.48	1.51	1.52
	B	<u>1.32</u>	1.29	1.25	1.20	1.15	1.00	0.79	0.73
	A + B	<u>2.64</u>	2.64	2.64	2.64	2.58	2.48	2.30	2.25
Vagones de carga con bogie de tres ejes (el eje del centro con juego lateral) L = 3.5 (2)	A	1.13	1.16	1.19	1.22	1.25	1.29	1.32	1.33
	B	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	<u>1.33</u>
	A + B	2.46	2.49	2.52	2.55	2.58	2.62	2.65	<u>2.66</u>
Vagones de carga de tres ejes (sin juego lateral en el eje central) L = 3.5 (3)	A	0.77	0.82	0.88	0.94	1.00	1.14	1.29	1.33
	B	1.69	1.67	1.65	1.62	1.58	1.49	1.36	<u>1.33</u>
	A + B	2.46	2.49	2.53	2.56	2.58	2.63	2.65	<u>2.66</u>

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías

Férreas.

Vagones de pasajeros con bogies TsMV L =2.7 (4)	A	1.07	1.09	1.11	1.14	1.15	1.19	1.22	1.22
	B	1.23	1.22	1.20	1.19	1.17	1.13	1.09	1.08
	A + B	2.30	2.31	2.31	2.32	2.32	2.32	2.31	2.30
Vagones de pasajeros con bogies KVZ-TsNII L =2.4 (5)	A	1.13	1.16	1.18	1.20	1.22	1.26	1.30	1.31
	B	1.26	1.24	1.22	1.20	1.18	1.33	1.05	1.03
	A+ B	2.39	2.40	2.40	2.40	2.40	2.39	2.35	2.34
		1.85	2.00	2.10	2.40	2.50	2.70	2.90	3.30
(1)	A	1.52	1.51	1.50	1.44	1.42	1.38	1.34	1.28
	B	0.60	0.40	0.27	-0.07	-0.16	-0.31	-0.42	-0.56
	A+ B	2.13	1.91	1.77	1.37	1.26	1.07	0.92	0.72
(2)	A	1.33	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.35
	B	1.32	1.29	1.27	1.19	1.15	1.07	0.97	0.62
	A+ B	2.65	2.63	2.61	2.53	2.49	2.41	2.31	1.97
(3)	A	1.40	1.49	1.54	1.65	1.67	1.71	1.75	1.80
	B	1.26	1.14	1.07	0.88	0.82	0.70	0.56	0.18
	A+ B	2.65	2.63	2.61	2.53	2.49	2.41	2.31	1.98
(4)	A	1.24	1.26	1.28	1.32	1.33	1.34	1.33	1.28
	B	1.05	0.99	0.94	0.72	0.62	0.38	0.12	-0.29
	A+ B	2.29	2.25	2.22	2.04	1.95	1.72	1.45	0.99
(5)	A	1.33	1.35	1.37	1.39	1.38	1.37	1.34	1.27
	B	0.97	0.87	0.78	0.44	0.31	0.06	-0.16	-0.45
	A + B	2.30	2.22	2.15	1.83	1.69	1.43	1.18	0.82
		3.50	3.70	3.90	4.10	4.50	4.90	5.00	
(1)	A	1.26	1.24	1.22	1.21	1.19	1.17	1.16	
	B	-0.62	-0.66	-0.69	-0.70	-0.76	-0.79	-0.80	
	A+ B	0.64	0.58	0.54	0.51	0.43	0.38	0.37	
(2)	A	1.35	1.33	1.31	1.28	1.23	1.19	1.18	
	B	0.38	0.12	-0.13	-0.30	-0.53	-0.66	-0.68	
	A+ B	1.73	1.45	1.19	0.98	0.70	0.53	0.50	
(3)	A	1.81	1.80	1.78	1.76	1.71	1.68	1.67	
	B	-0.08	-0.35	-0.59	-0.77	-1.01	-1.15	-1.17	
	A+ B	1.73	1.45	1.19	0.98	0.70	0.53	0.50	
(4)	A	1.25	1.22	1.21	1.19	1.16	1.14	1.13	
	B	-0.43	-0.53	-0.61	-0.66	-0.74	-0.79	-0.80	
	A + B	0.82	0.69	0.60	0.53	0.42	0.35	0.33	
(5)	A	1.25	1.22	1.20	1.19	1.16	1.14	1.14	
	B	-0.54	-0.61	-0.66	-0.70	-0.76	-0.80	-0.81	
	A + B	0.71	0.62	0.55	0.49	0.49	0.34	0.33	

Denominando al coeficiente de fricción por deslizamiento en el pivote como μ_{piv} y en las teleras (apoyos laterales del vagón) μ_{tel} , (el valor de estos coeficientes se halla

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

entre 0.1 – 0.2), la presión sobre el pivote y las teleras de cada bogie Q_{piv} y Q_{tel} y el radio de giro de cálculo del bogie en relación con la caja, en el pivote r_{piv} y en las teleras r_{tel} , entonces tendremos que:

$$M_R = \mu_{piv} Q_{piv} r_{piv} + \mu_{tel} Q_{tel} r_{tel}$$

La posición normal de las cajas en los bogies de pivotes (plato centro) es que se apoya directamente en ellos, a cada uno de los cuales le llega la mitad del peso de las masas suspendidas, Q_{caja} ; para nuestro caso en la expresión anterior; se acepta que $Q_{tel} = 0$ y $Q_{piv} = Q_{caja} : 2$; pero si el vagón se inclina al entrar en una curva o cuando se produce un defecto de nivel en la vía, parte de la carga de la caja se trasmite a una de las teleras en forma paulatina hasta que el vagón vuelve a ocupar la posición normal, en este caso $Q_{piv} = (1/3 - 3/8) Q_{caja}$ y $Q_{tel} = (1/6 - 1/8) Q_{caja}$. En algunos equipos la presión vertical se trasmite sólo a los apoyos laterales (teleras) en este caso $Q_{piv} = 0$ y $Q_{tel} = Q_{caja} : 2$.

Hagamos un análisis de la expresión anterior. Veamos que el valor de l_1 depende sólo de las funciones de A y B. Dado el ancho de la carrilera, l_1 de las fuerzas que interactúan entre el equipo y la vía y no se puede considerar independiente hasta que la rueda interior del eje trasero no llegue a topar al carril con su pestaña. Tan pronto como la rueda tope, comienza a recostarse la pestaña contra el carril de la banda interior, el valor de l_1 se convierte en un valor no variable e independiente de las fuerzas interactuantes. Si hubiese que hallar el valor del ancho de la carrilera (trocha), como ocurre en nuestro caso; entonces sería conveniente dar un ancho tal que con cualquiera que fuera el valor de las fuerzas actuantes la rueda de la banda interior del eje trasero topara con su pestaña a esta banda, es decir para que con esto se cumpliera la condición.

En este caso para que el equipo dado, conociendo los valores de las fuerzas P, T y los momentos M_R ; el valor de l_1 se determina independientemente de estas fuerzas y debe seleccionarse de tal forma que las fuerza Y_{1e} e Y_{3i} ; de todos los valores posibles sean los más acertados. Según el valor seleccionado de l_1 se halla el ancho de la vía S que garantice las condiciones requeridas.

Conociendo P; T y M_R , los valores de Y_{1e} ; Y_{3i} y $(Y_{1e} + Y_{3i})$ funciones de A y B, y esta última de l_1 . De acuerdo con la tabla anterior se deduce que la función A es máxima

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

cuando $l_1 = L$; las funciones B y (A + B) lo serán cuando $l_1 = L: 2$ (las cifras cercanas o correspondientes a estos valores en la tabla están subrayadas). Como se conoce de párrafos anteriores, l_1 no puede ser menor que $L: 2$.

Es importante también tener los valores de A y B con las que Y_{1e} e Y_{3i} fuesen las mínimas. Gran importancia tiene el garantizar el mínimo en la suma de $(Y_{1e} + Y_{3i})$, que se caracterizan por hacerle resistencia al movimiento del bogie en dependencia de la magnitud de la fuerza de guiado. Frecuentemente $T_{TS} = 0.5L$ en este caso el miembro de T en la suma $(Y_{1e} + Y_{3i})$ es igual a 0. De aquí se desprende una importante experiencia, de que la suma indicada no depende del valor de la parte no compensada de la fuerza centrífuga ni de las componentes normales de la fuerza tractiva. En la tabla III. 14 se puede observar que el mínimo de (A + B) y por consiguiente de $(Y_{1e} + Y_{3i})$, así como de B será siempre que el valor de l_1 sea el máximo. Debido a que la función A cuando $L > l_1 > L$ es menor que su máximo, tendremos que A para $\max l_1 \neq L$, no será máxima. Por eso, la interacción óptima entre las ruedas y el carril será sólo para cuando $\max l_1$. Sin embargo el valor de l_1 no puede ser tan grande como se desee por las siguientes deducciones:

La fuerza de guiado Y_{3i} físicamente no puede ser negativa, siendo la presión que ejerce la pestaña de las ruedas contra el carril. Por eso l_1 físicamente no puede ser mayor que la magnitud con la cual $Y_{3i} = 0$. Es por ello que en los límites tomados anteriormente se supuso que el ancho óptimo de la carrilera se hallaría para la condición cuando $Y_{3i} = 0$; es decir a partir de la condición de inscripción libre. Darle a la carrilera un ancho mayor que el valor obtenido para que se cumpla la condición de que $Y_{3i} = 0$, no nos trae provecho alguno ya que no hace variar la dimensión de l_1 , determinado por la condición indicada, teniendo en cuenta que la banda interior no será entonces el carril guía. A menor ancho S de la carrilera comparada con aquella con el ancho de acuerdo a la condición de que $Y_{3i} = 0$ y $l_1 = \max.$, mayor será el valor de Y_{3i} y menor será l_1 . Obsérvese que en los cálculos de la expresión, se toma como S_0 igual a 1500 mm independientemente del ancho real de la carrilera por ser esta diferencia muy insignificante. Sin embargo la relación l_1 con el ancho S de carrilera necesario para su realización es considerada (ver ecuaciones anteriores).

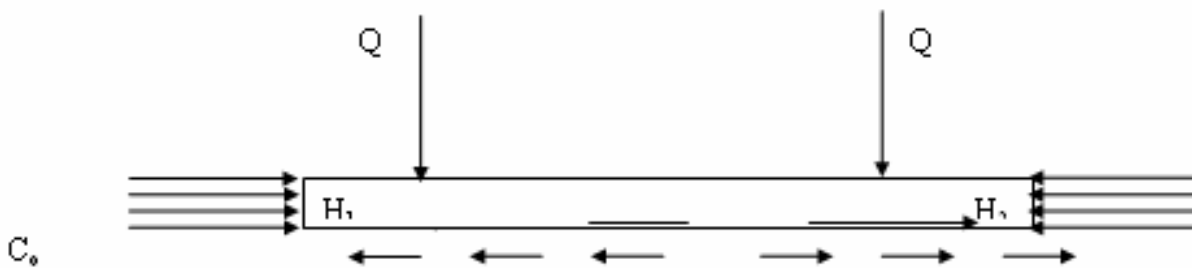
Férreas.

Tipo de vagón	Distancia entre ejes de enganches L_{eng} M	Base rígida L m	Distancia entre ejes de bogie M	Peso por rueda KN	Peso total de la caja KN	Radio de cálculo r del giro del bogie con respecto a la caja m	
						En el pivote	En las teleras
De carga de 4 ejes Con bogie del tipo TsNII-XZ	Góndolas 13.92 Casillas 14.73	1.85	1.85	105.0	74.5	0.106	0.790
De carga de 6 ejes con bogie del tipo UVZ- 9 ^M	16.4	3.50	1.75	107.0	1091.7	0.106	0.790
De pasajeros con bogie del tipo TsMV	24.537	2.70	2.70	81.0	488.0	0.124	0.759
De pasajeros con bogie del tipo KVZ-TsNII	24.537	2.40	2.40	71.2	430	-	0.759

8.3.2. Métodos de Calculo:

8.3.2.1. Método Ruso:

Las fuerzas desestabilizadoras las provoca la fuerza del bastidor Y_b , y la fuerza de fricción F_{ftb}



$$F_{ftb} = \mu_n 2Q$$

$$H_1 = \frac{d}{2L_y} Y_b \quad H_2 = H_i \frac{d}{2L_y} \quad H_i = F_{rc} \cos \gamma$$

$$F_{rc} = 2\mu_{rc} Q \quad \mu_{rc} = 0.25$$

$$H_2 = \frac{d}{L_y} \mu_{rc} Q \cos \gamma$$

$$\tan \gamma = \frac{S_0}{l}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

S_0 – Espacio entre ejes de carriles.

L – Distancia entre el centro del bogie y el eje delantero o trasero

$C_0 = 20 - 30$ KN

F_{ftb} – Fuerza de fricción entre traviesas y balasto = $2\mu_{tb}Q$ $\mu_{tb} = 0.5$

$$T = C_0 + F_{ftb}$$

La condición de estabilidad es que $T > H_T$

$$H_t = H_1 + H_2$$

Los valores de la fuerza del bastidor se calculan por las expresiones

$Y_b = 22 + 28\alpha_{nc}$ para locomotoras

$Y_b = 31.5 + 26\alpha_{nc}$ para vagones

$$Y_{bdin} = Y_b (1 + 0.00024V)$$

γ - ángulo entre el brazo de la fuerza de fricción y el eje longitudinal

Tipo de carril	Mayor de 50 Kg/m				50 Kg/m				Menor de 50 Kg/m			
Trav. x Km	1600		1840		1600		1840		1600		1840	
Balasto	P. P	G	P.P	G	P.P	G	P.P	G	P.P	G	P.P	G
L_y (cm)	75	75	69	69	66	66	62	62	58	58	56	56

P. P. Piedra picada G. Grava

8.3.2.2. Método Francés:

El método francés compara el valor que se obtiene de calcular la fuerza del bastidor a partir de parámetros que contienen la fuerza centrífuga no compensada y la súper elevación o peralto y

$$Y_b \leq 0.85 \left(10 + \frac{P}{3} \right) \text{ KN} \quad (1) \quad Y_b \leq 0.54 \left(10 + \frac{P}{3} \right) \text{ KN} \quad (3)$$

$$Y_b \leq 0.85 \left(15 + \frac{P}{3} \right) \text{ KN} \quad (2) \quad Y_b \leq 0.54 \left(15 + \frac{P}{3} \right) \text{ KN} \quad (4)$$

1. – Para traviesas de madera y $V < 200$ Kph

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

2. – Para traviesas hormigón y $V < 200$ Kph
3. – Para traviesas de madera y $V > 200$ Kph
4. – Para traviesas de hormigón y $V > 200$ Kph

Para determinar el valor de Y_b se descomponen dos elementos:

$$h_1 = \alpha \left[\frac{PV^2}{127.R} - \frac{Ph}{S_0} \right]$$

$$h_2 = \frac{2PV}{1000}$$

V en Kph

P en KN

R – radio de la curva en m

S_0 en mm

H – peralte de la curva en mm

$Y_b = h_1 + h_2$, y se compara con los valores patrones

8.3.2.3. Método de Shajuniantz:

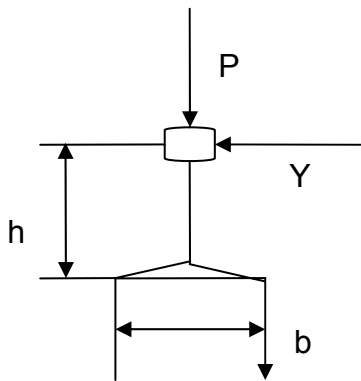
$$\frac{Y_b}{2P_{din}} \leq \frac{\frac{C_0}{P_{din}} + \frac{\mu_{ib}}{L} L_y}{1 + \alpha_b V} + \mu_{rc} \frac{l_1}{\sqrt{l_1^2 + \left(\frac{S_0}{2}\right)^4}}$$

Todos los elementos exceptuando l_1 tienen los mismos significados utilizados anteriormente

l_1 – es la distancia entre ejes de bogie.

Acción de la carga transversal en el vuelco del carril.

Si la carga horizontal transversal supera la resistencia que le ofrecen las fijaciones periódicas, el carril puede ser volcado, como se muestra en la figura siguiente.



$$Yh = P \frac{b}{2} + Rb$$

$$Y = \frac{b}{h} \left(\frac{P}{2} + R \right)$$

Y – carga horizontal transversal necesaria para volcar al carril en KN

P – carga dinámica vertical de una rueda en KN

h – altura del carril medida desde el punto de aplicación de la carga al patín (13 mm por debajo de la corona del carril) en mm

b – ancho del patín en mm

8.4. Fuerzas horizontales y Longitudinales. Definición. Tipos: _

Las fuerzas horizontales longitudinales pueden ocurrir por dos causas: por causa de los efectos del frenado o acelerado de la ruedas de las locomotoras o por efecto de la temperatura.

La primera hace que la vía se desplace longitudinalmente de fallar la resistencia que le hacen las fijaciones o el balasto y las fijaciones, en el primer caso sólo el carril se desplace provocando al encontrar resistencia en alguna de las mordazas que la vía se jorobe. En el segundo caso se desplazan el carril y las traviesas provocando además de lo que sucede en el primer caso que se pierda la posición de las traviesas. La segunda causa provoca una tensión interna en el carril que de fallar la resistencia de las fijaciones provoca que el carril se dilate o contraiga provocando pérdida de estabilidad transversal al dilatarse o cizallamiento de los tornillos de las mordazas al contraerse.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

8.4.1. Efectos de la temperatura. Orígenes:

Al igual que cualquier barra de metal, el carril libre, sin elemento alguno que lo fije, al variar la temperatura varía de longitud; es decir, se contrae cuando baja la temperatura con respecto a la temperatura inicial o se dilata en caso contrario.

La variación de su dimensión varía según la expresión:

$$\Delta l = \alpha l \Delta t$$

Δl – variación de la longitud del elemento en unidad de longitud

α - coeficiente de dilatación térmica = $(1.15 - 1.18)10^{-5} 1/^\circ\text{C}$

Δt – variación de temperatura en $^\circ\text{C}$

Como el carril colocado en la vía está fijado entre sí con otros carriles (juntas) y además con las traviesas le ofrece resistencia a la deformación térmica. La resistencia que ofrecen las fijaciones $R_f = p l_1$, teniendo p el valor de 0.05 KN/cm de carril para traviesas de hormigón y 0.04 para traviesas de madera; así como la que ofrecen las mordazas R_m , hacen que aparezcan incrementos de temperaturas Δt_{R_m} y Δt_{R_f} que son necesarias para superar las resistencias y deformar al carril. Como el desplazamiento se ve restringido por las resistencias antes mencionadas, surgen tensiones internas en el carril, cuyo valor es:

$$\sigma = \alpha E \Delta t \leq [\sigma_t] = 150 \text{ MPa}$$

Como: $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$

$$\sigma = 2.5 \Delta t$$

Para superar la tensión máxima permisible 150 MPa se requiere de una variación de temperatura igual a 60.53 – 60.69 $^\circ\text{C}$ en el carril.

Ya que sabemos que

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Si hacemos que $F = R_m$ y $\Delta t = \Delta t_{R_m}$, tendremos:

$$\sigma = \frac{R_m}{A} = \alpha E \Delta t_{R_m}$$

$$\Delta t_{R_m} = \frac{R_m}{\alpha E A}$$

A – área transversal del carril

Lo mismo ocurre con Δt_{R_f} , pero en este caso $F = R_f = p l_1$

p – en KN/cm

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

l_1 – es la mitad del largo del carril, téngase en cuenta que la deformación por desplazamiento se produce desde el centro del carril hacia sus extremos, por lo que

$$\sigma = \frac{pl}{2} = \alpha EA \Delta t_{R_f}$$
$$\Delta t_{R_f} = \Delta t_p = \frac{pl}{2\alpha EA}$$

8.4.1.1. Estabilidad de la vía:

Mientras se supera la resistencia de las juntas R_m o sea que $\Delta t < \Delta t_{R_m}$ no ocurre variación de la cala, aún el carril se encuentra estable sin deformación; sin embargo cuando se supera R_m , es decir que $\Delta t \geq \Delta t_{R_m}$ y comienza a superarse la resistencia de las fijaciones R_f , o sea que $\Delta t > \Delta t_{R_f}$ y $\Delta t > \Delta t_{R_m} + \Delta t_p$ el carril se deforma (dilata o contrae según suba o baje la temperatura)

Superadas las resistencias de las fijaciones la variación de la cala será:

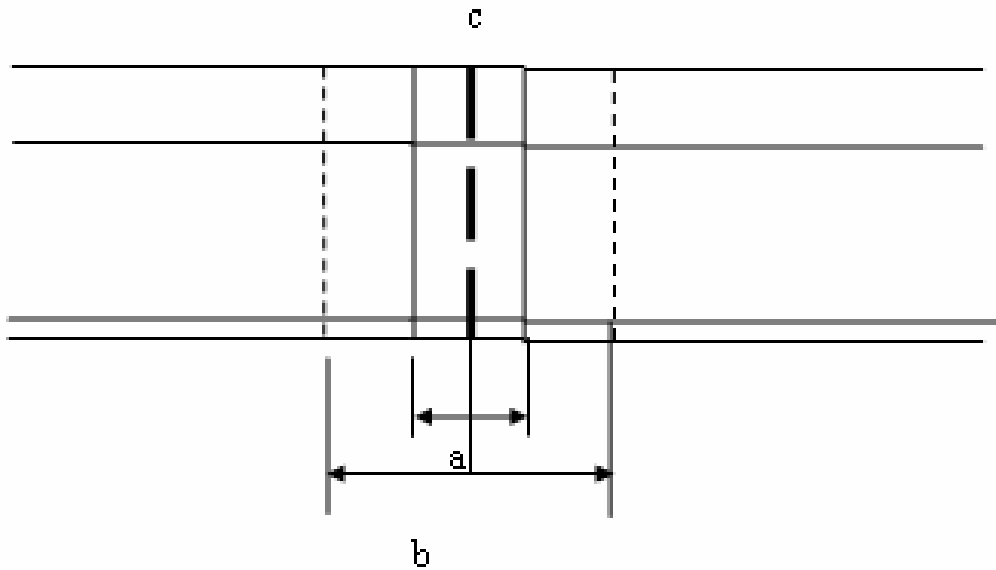
$$\Delta \Lambda = \alpha l_1 \Delta t$$
$$\Delta \Lambda_p = \alpha l_1 \Delta t_p$$
$$\Delta t_p = \frac{pl_1}{\alpha EA}$$
$$\Delta \Lambda_p = \frac{l_1 pl_1}{EA} = \frac{pl_1^2}{EA}$$

Pero:

Cuando esto ocurre, si la temperatura aumenta los carriles se topan y pierden estabilidad, es decir; el carril se dilata y se crea un esfuerzo interior de compresión para contrarrestarla.

Cuando la temperatura disminuye los carriles tratan de cizallar los tornillos de las mordazas, es decir se contraen y se crea en su interior un esfuerzo de tracción.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.



Situación de la cala: a – cala normal; b – cala contraída, abierta y c – cala dilatada o topada.

El mayor esfuerzo cuando se produce una variación de temperatura será:

$$\sigma_{temp} \leq [\sigma]_{temp} = 150MPa$$

$$\Delta t_{cal} \leq \frac{[\sigma]_{temp}}{\alpha E} \quad \Delta t_{enf} \leq \frac{[\sigma]_{temp}}{\alpha E}$$

compresión tracción
por resistencia

Δt_{cal} y Δt_{enf} – variación de la temperatura con respecto a la temperatura de colocación. Estas serían las máximas variaciones de temperatura que puede resistir el carril contrarrestando la acción de las fuerzas térmicas. Por eso debemos conocer que temperatura de calentamiento máximo adicional ($\Delta t_{cal\ max}$) que provoca la pérdida de estabilidad. Para ello debemos compararla con:

$$\alpha E \Delta t_{cal} A \leq |P|$$

$|P|$ - carga axial admisible para que no se produzca pandeo.

De los valores de Δt_{cal} , $\Delta t_{cal} = \frac{|P|}{\alpha E A}$ por pandeo

por resistencia o por estabilidad se tomará el menor y si se cumple con $\Delta t_{cal\ resit} = \frac{[\sigma]_{temp}}{\alpha E} \leq \Delta t_{cal\ pand} \leq \frac{|P|}{\alpha E A}$

menor y si se cumple con $[P] = \frac{3.33 A}{i^\alpha} K_1 K_2 K_3$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

las condiciones que:

Radio de la curva en m	Carriles ≤ 50 Kg/m		Carriles > 50 Kg/m	
	A	α	A	α
400	238	0.300	248	0.232
600	295	0.365	315	0.335
800	332	0.410	361	0.385
1000	360	0.450	383	0.410
> de 1000 y recta	517	0.600	583	0.585

A y α - coeficientes que dependen del tipo de carril y de los radios de curvas.

i – pendiente promedio de las irregularidades debidas a la temperatura en ‰

i = 2‰ en rectas

i = 2.5 – 3.0 en curvas

K_1 – coeficiente que depende de la resistencia al desplazamiento transversal de la traviesa sobre el balasto R_t

R_t en KN	0.0	2.3	4.5	6.0
K_1	0.28	0.71	1.00	1.17

K_2 – coeficiente que depende de la cantidad de traviesas por Km.

Número de traviesas	1600	1840	2000
K_2	0.91	1.00	1.07

K_3 – coeficiente que depende del apriete de las tuercas (momento torsor M_T) y el tipo de fijación

I	2‰			3‰		
	0.1 (10)	0.2 (20)	0.3 (30)	0.1 (10)	0.2 (20)	0.3 (30)
M_T Kg (KN)						
K_3	0.9	1.0	1.07	0.95	1.0	1.03

8.4.1.2. Condición para la colocación del carril largo soldado (CLS).

Se denomina T_{\max} a la mayor temperatura anual del lugar donde está colocada la vía y

T_{\min} , la mínima.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

T_a a la amplitud de temperatura anual que es igual a:

$$T_a = T_{\max} - T_{\min}.$$

Para que se pueda colocar el carril largo soldado es necesario que:

$$T_a \leq |T_a|$$

Donde $|T_a|$ - es la amplitud permisible de temperatura para un territorio dado.

En Cuba $T_a = 65^\circ - 5^\circ = 60^\circ \text{ C}$

$$|T_a| = \Delta t_{\text{cal}} + \Delta t_{\text{enf}} - |\Delta t_{\text{fij}}|$$

Δt_{cal} - se toma el menor de los dos.

$$\Delta t_{\text{fij}} - 10^\circ \text{ C}$$

Si $T_a > |T_a|$ - se puede colocar el carril largo soldado pero hay que periódicamente descargar de tensiones a las bandas de carriles

Los valores límites de temperatura t_1 y t_2 con los cuales se puede colocar el carril largo soldado son:

$$t_1 = T_{\max} - \Delta t_{\text{cal}}$$

$$t_2 = T_{\min} + \Delta t_{\text{enf}}$$

Tema V. Uniones, enlaces y cruzamientos.

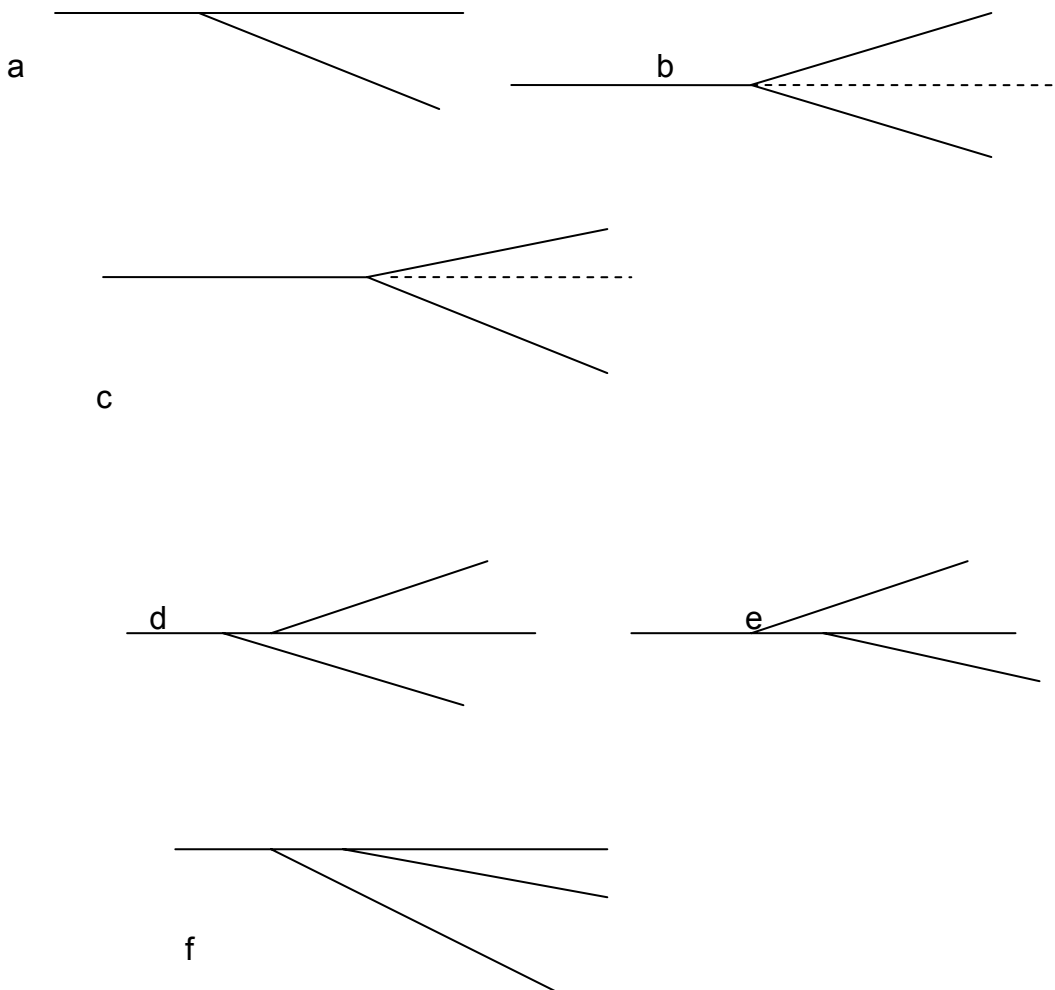
Contenido

9. Uniones, Enlaces y Cruzamientos.

9.1. Uniones o Conexiones. Funciones. Tipos. Características.

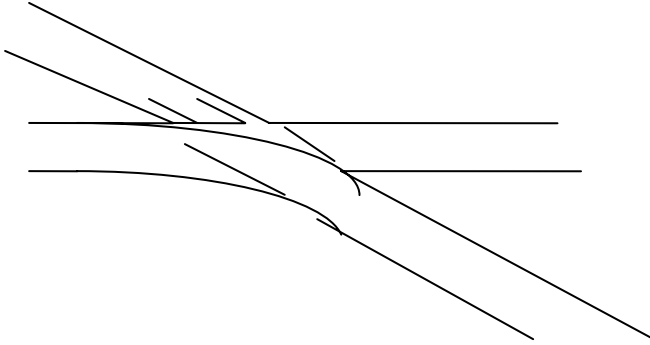
Para unir dos carrileras entre sí o unir una rama vial con otra; se utilizan conexiones o cambia vías. Estas conexiones pueden ser sencillas, dobles y cruzadas.

Las sencillas pueden ser simples, simétricas y asimétricas desviadas hacia un solo lado y hacia dos lados. Las conexiones dobles pueden ser simétricas y asimétricas, desviadas hacia dos lados y desviadas hacia un solo lado. Las conexiones cruzadas pueden ser sencillas y dobles. Para cruzar dos vía a un mismo nivel se utilizan los cruzamientos.



CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Esquemas de distintos tipos de conexiones. a – Simple, b – sencilla simétrica, obsérvese que los ángulos son iguales; sencilla asimétrica, d – doble simétrica, e – doble asimétrica hacia dos direcciones y f – amétrica en igual dirección.



Las conexiones sencillas se componen de cuatro partes o cuerpos fundamentales: 1) el de las agujas con el mecanismo de cambia vías; 2) el de la rana con sus guardarranas; 3) el del tiro, parte que une a la rana con las agujas y 4) y el juego de largueros o sustentaciones. El cuerpo de las agujas se compone de dos carriles de guardia o contra aguja, dos agujas con la estructura del talón o culata y sus fijaciones. La rana se compone de corazón y dos patas. La tangente del ángulo de la rana (α), determina el número de la rana y de la conexión; y se denomina $1/N$ donde N se conoce como el número de la conexión. El centro o punto matemático o teórico PT es el punto donde se cortan las aristas del corazón de la rana. Centro o punto práctico (PP) es el lugar donde termina el corazón de la rana, tiene un ancho de 9 – 12 mm. La sección donde la distancia entre los bordes de trabajo del corazón de la rana y las patas es la mínima se denomina garganta de la rana (lugar donde se comban las patas de rana).

El espacio desde la garganta hasta el punto práctico, en el lugar donde las pestañas de las ruedas no están guiadas, se denomina perjudicial. En este lugar las ruedas quedan libres del movimiento lateral que no es permitido por los guardarranas, razón por la cual este elemento es imprescindible en las conexiones con agujas no movibles. La longitud teórica L_T de las conexiones sencillas, el espacio comprendido entre la punta de la aguja y el punto práctico de la rana medidos por la parte recta y la longitud

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

total o práctica L_p , es la distancia entre la junta del carril de guardia y la culata de la rana.

El centro de desvío de las conexiones sencillas CD, y de las conexiones dobles CD_1 , CD_2 ; es el punto donde se cortan los ejes de la recta y de los desvíos. Estos ejes se trazan paralelos a la rana y se prolongan hasta que se corten. Las conexiones asimétricas tienen dos centros.

Las conexiones dobles sustituyen a dos conexiones sencillas, aunque ocupan menos espacios. La longitud total de una conexión doble simétrica puede ser desigual a una sencilla en 1 ó 2m.

Las conexiones cruzadas dobles también ocupan menos espacios aunque sustituyen a dos conexiones sencillas. Una conexión doble cruzada del tipo 1/9 tiene una longitud teórica de 30.5 – 31.5m. Las conexiones sencillas de igual tipo tienen una longitud entre 25 – 26m.

Las conexiones cruzadas sencillas sustituyen a un cruzamiento y una conexión sencilla, mientras que la estructura de las dobles y de las conexiones cruzadas es más compleja que las sencillas. En las conexiones dobles hay cuatro agujas y tres ranas y en dos conexiones sencillas hay cuatro agujas y solamente dos ranas.

Es aún más compleja la estructura de las conexiones dobles simétricas, además de ellas las que tienen el trazado recto en el centro, las ranas se encuentran ubicadas una frente a las otras, esto dificulta la colocación de los guardarranas necesarios para el guiado de las ruedas en evitación de un desplazamiento por tramos que no se corresponden con la dirección que lleva el vehículo, al circular desde las agujas hacia la rana por el lugar denominado espacio perjudicial. en las conexiones dobles cruzadas hay ocho agujas y cuatro ranas de las cuales dos son agudas.

Hay conexiones dobles cruzadas con las agujas ubicadas fuera del rombo que forman al cruzarse, lo que posibilita el aumento de los radios de curvatura y por ende permite una mayor velocidad de circulación por la conexión al circular por el desvío. De esta forma la cantidad de ranas agudas aumenta hasta seis, aumentando también considerablemente la longitud de la conexión, haciéndose más compleja su estructura. Las conexiones más utilizadas en el mundo son las sencillas (97 – 98 %), especialmente las simples. En casos de suma necesidad se utilizan conexiones dobles cruzadas. El resto de los tipos de conexiones no son de mucha utilidad.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

9.2. Defectos de las conexiones.

Defectos de las partes metálicas de las conexiones.

Los defectos que se producen en las partes metálicas de las conexiones son principalmente desgastes producidos por el paso de los trenes, debido a impactos y resbalamiento. Otra serie de defectos se basan en la pérdida de cartabón principalmente en la zona de la rana.

El desgaste lateral de los carriles de guardia y de la aguja se mide a 13mm de la superficie de rodadura, en la sección donde el espesor de la aguja no desgastada tiene 20mm. El desgaste lateral del carril de guardia además, se comprueba en el comienzo de la aguja.

El desgaste del corazón de la rana se determina por su eje longitudinal y se mide con una regla colocada en el extremo de las patas, pero en las ranas fundidas hay que tener en cuenta que las patas tienen 1mm por encima del corazón. El desgaste del corazón se mide donde el ancho de la rana es igual 40mm, a 13mm de altura del nivel de rodadura de la rana.

Tipo de carril	Tipo de vía	Desgaste vertical en el carril de guardia mm	Desgaste lateral en el carril de guardia y la aguja en la sección igual a 20mm		Partidura de la aguja desde la punta	Desgaste vertical		Partidura de la superficie del corazón desde la punta
			Aguja no protegida	Aguja protegida		De la punta de la rana entre la garganta y la sección de 30mm	En el corazón de la rana en la sección igual a 40mm	
P50 y mayor	Principal	8	6	8	200	6	6	100
	Recepción y expedición	10	6	8	300	8	8	200
	Otras vías	12	9	11	400	10	10	300

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

P43 y men or	Principal	6	6	8	200	6	6	0
	Recepción y expedición	8	6	8	300	8	8	100
	Otras vías	10	9	11	400	10	10	200

Tabla 9.5.a. Desgaste permisible de las partes metálicas de las conexiones.

Tema VI. Defectos en la geometría de la vía.

Contenido

10. Defectos en planta. Causas y consecuencias y Modo de Corregirlo.

3.3.4. – Defectos de la geometría de la vía férrea en planta y perfil.

Sobre la vía en su conjunto actúan tres cargas fundamentales. Un tren con los motores apagados influye sobre la superestructura de la vía solamente con la carga estática correspondiente al piso de los equipos. Al ponerse en funcionamiento el motor, comienzan una serie de vibraciones que influyen directamente sobre la vía aumentando el efecto sobre la vía.

Al ponerse en movimiento sobre la vía comienzan a actuar las tres cargas.

La carga vertical se compone del paso del equipo afectado por un coeficiente dinámico. Esta carga trata de flexar el de la carga vertical, aumentada por el movimiento en zigzag debido a que, las ruedas están rígidamente unidas al eje presentando un juego lateral que impacta consecutivamente con uno u otro carril. Esta carga trata de volcar el carril o de correrlo y jorobarlo, provocando que se abra el cartabón de la vía.

La carga horizontal longitudinal, es producto de la aceleración o el frenado de los equipos rodantes y provoca corrimiento longitudinal de los carriles y en ocasiones jorobas al toparse los carriles así como roturas de los tornillos de las juntas por cizallamiento, además hay juntas que quedan abiertas provocando el cizallamiento de los tornillos y el aplastamiento de los extremos de los carriles.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Carga	Efecto que produce	Causas	Soluciones
Vertical (Peso del equipo afectado por un efecto dinámico y por la velocidad)	Baches y juntas bajas.	Deficiencias en el mantenimiento al balasto por falta de calzado.	Limpieza del balasto, extracción del balasto sucio y riego del limpio, levante y calzado.
	Partidura del carril.	Consecuencia del bache al producirse golpe de la rueda sobre el carril.	Cambio del carril y calzado de la traviesa.
	Abolladura de la corona del carril de la junta.	Consecuencia de la junta baja, debido a deficiente calzado de la misma y deficiente apriete de la mordaza.	Cambio del carril, calzado de las juntas. Apriete de las mordazas.
Horizontal Transversal	Carrilera abierta	Deficiencia en la fijación del carril a la traviesa, que permite el corrimiento del carril (fijación exterior)	Apriete de tornillos o clavado de los clavos de vías.
	Joroba	Deficiente resistencia del balasto o falta de hombro de balasto.	Riego de balasto en el hombro y calzado de las traviesas.
	Vuelco del carril	Deficiencia en la fijación del carril a la traviesa (fijación interior)	Apriete de los tornillos en traviesas de hormigón o clavado de clavos de vía en traviesas de madera.
Horizontal longitudinal (por aceleración y frenado o por grandes variaciones de temperatura)	Corrimiento del carril.	Deficiente apriete o clavado de las fijaciones o falta de anclas.	Colocación de anclas en las traviesas de madera o apriete con el torque necesario en las traviesas de hormigón.
	Corrimiento del carril con vuelco de la traviesa.	Deficiente resistencia del balasto o vía esqueletizada.	Riego de balasto, calzado y compactado.

Tabla 10.a. Defectos en el nivel

11. Defectos en el Perfil. Causas, Consecuencias y Modo de Corregirlo.

Se denomina **bache** a la diferencia de cotas de nivel entre la vía en perfectas condiciones y la vía con defecto en ambos carriles, en una longitud pequeña que provoca la sensación de un impacto del vehículo, semejante a una caída. Estas deficiencias se localizan en un punto del tramo y mayormente se encuentran en las juntas o en lugares donde el carril presenta irregularidades en su superficie. Provocan un movimiento de balanceo longitudinal en el equipo que circule por esa vía.

Los **desniveles** pueden ser longitudinales o relativos. Los **longitudinales** son también como los baches, diferencias de nivel de ambos carriles pero en una longitud mucho mayor que la de éstos. Provoca también un movimiento longitudinal semejante al que se produce con el bache.

Los desniveles **relativos** son aquellos que se presentan en un solo carril y tienen también las características de los dos anteriores. Estos desniveles provocan un movimiento de cabeceo lateral alrededor del eje longitudinal del vehículo.

Existen también desniveles **encontrados o alabeos** que son aquellos que se producen en los dos carriles pero en puntos diferentes separados en una corta longitud. Estos defectos producen un movimiento semejante al anterior pero con impactos a cada lado.

Las diferencias de nivel se determinan por medio de niveles topográficos o por cartabones de vía.

Defectos de alineación

Estos defectos se determinan como al diferencia entre el eje de proyecto y un eje que se forma al desplazarse la vía transversalmente. Este defecto se denomina codo cuando la longitud es excesivamente corta y joroba cuando tiene una mayor longitud.

Estos defectos se determinan por el método de la flecha, que consiste en medir cuerdas de 20m, en cuyo centro se determinan las flechas. Este método lo veremos más adelante.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Deficiencia en el cartabón.

Este es un defecto que se produce al cerrarse o abrirse la carrilera teniendo entonces una distancia entre bordes de trabajo diferente a, en el caso de vías con la trocha internacional mayor o menor que 1435mm según sea el defecto.

11.1. Desnivel Relativo

TOLERANCIAS MAXIMAS DE DESNIVEL RELATIVO EN RECTAS Y CURVAS (mm)

Rango de velocidad	Explotación	Seguridad
I	6	12
II	6	14
III	8	16
IV	10	20
V	14	22
VI	15	24
VII	189	26
VIII	20	26
IX	20	26

11.2. Desnivel Longitudinal

TOLERANCIAS MAXIMAS DE DESNIVEL LONGITUDINAL (mm)

Rango de velocidad	Explotación	Seguridad
I	6	14
II	8	16
III	10	18
IV	12	22
V	12	24
VI	14	25
VII	17	27
VIII	22	29
IX	22	29

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

11.3. Alabeos

TOLERANCIA MAXIMA PARA ALABEO. Valor máximo en secciones de 20m o menos. (mm)

Rango de velocidad	Explotación	Seguridad
I	10	20
II	12	24
III	14	26
IV	16	28
V	18	30
VI	20	32
VII	22	35
VIII	24	37
IX	24	37

Tema VII. Maquinas y Herramientas para el Trabajo de Vías.

Contenido

12. Maquinas Para los Trabajos de Vías.

Para humanizar los trabajo en la vías se construyen los mas disímiles equipos capaces de sustituir al trabajo físico del hombre.

12.1. Equipos Tendedores o Colocadores de Vías. Tipos. Funcionamiento. Características.

Indicador	PD 350 Donelli (Italia)	MD 8 Greismar (Aleman.)	P 811 Matisa (Suiza)	SUZ 350 Plasser (Austria)	SUZ 350 Plasser (Austria)	UK sistema Platov (Rusia)
Productivid. (m/h)	350	350	350	350	500	1000

Tabla 12.1.a. Máquinas colocadoras de vías

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Estas maquinas colocan los campos sobre la explanada y poseen un equipamiento de izaje de tal forma que van avanzando sobre la vía que van colocando.



12.2. Alineadora-Niveladora-Calzadora. Tipos. Funcionamiento.

Características.

Estas maquinas al mismo tiempo realizan las tres operaciones aunque se pueden seleccionar por separado. Trabajar más por medio de rayos láser, otras por rayos infrarrojos y otras por medio mecánico.

Todas poseen un equipo que envía el mensaje que obtiene de la vía y otro que lo recepciona, lo que posibilita que la máquina grave la situación existente y la corrija cuando se ubique sobre el defecto.

Indicador	Matisa (Suiza) B124 / B124	Plasser and Theurer (Austria)					VPO (Rusia) 1200	Tamper (Canadá)	
		07-16	07-32	07-275	07-64	0832		EJA6	STA
Productividad. (m/h)	600	500	1200	500	1500 - 2000	Hasta 1200	1000	250	250
Calzado, al mismo tiempo traviesas	2 / 1	1	2	1	4	2	2	1	1
Levante en mm	100	150	150	150	---	---	100	100	100

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Corrimiento lateral en mm	± 150	± 150	± 150	± 150	---	---	± 100	± 100	± 100
Longitud en m	15.24	16.94	16.94	16.94	25.5	23.47	26.91	6.95	6.95

Tabla 12.2.a. Máquinas alineadoras, niveladoras y calzadoras.

Máquinas alineadoras, niveladoras y calzadoras.



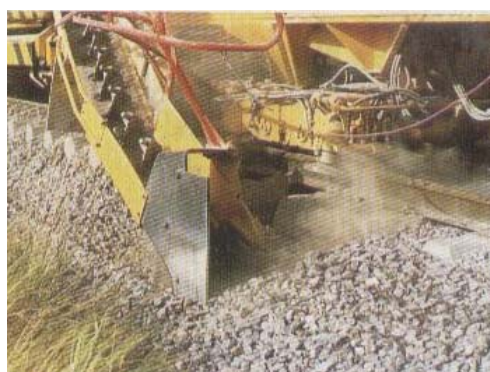
12.3. Reguladora de Balasto. Tipos. Funcionamiento. Características.

Es un equipo que posee al igual que un bulldózer unas cuchillas que forman la configuración del prisma de balasto y son capaces de distribuir el balasto de los lugares donde sobra hasta los lugares en que faltan.



12.4. Limpiadora de Balasto. Funcionamiento. Características.

Esta maquina realiza la limpieza del balasto en todo el ancho del prisma. El balasto contaminado se extrae del prisma de balasto, se lleva a través de cintas transportadoras hacia un tambor donde es vibrado hasta soltar las materias contaminantes, las cuales pasan a través de un tamiz y de aquí a través de otra cinta transportadora es regada hacia el exterior de la vía, mientras que el balasto ya libre de contaminantes



CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

es llevado de nuevo a la vía y regado.



Indicador	Matisa (Suiza)			Plasser and Theurer (Austria)				SHOM -D (Rusia)	
	8CB 5	12CB 8	C 830	RM 62	RM 63	RM 76 UHR	RM 80 UHR		
Productividad (m ³ /h)	300	500	600	420	650	600	800	3000	
Amplitud del trabajo (m)	Mín	3.5	3.5	3.4	3.7	3.8	3.5	3.5	2.4
	Máx	4.9	4.9	4.9	4.35	4.3	7.72	5.0	5.0
Profundidad bajo el carril (mm)	800	800	950	850	850	850	1000	650	
Velocidad de traslación (km/h)	50	50	80	60	80	80	80	50	
Longitud (m)	26.6	29.5	29.2	30	35	24.7	31.8	47.22	

Tabla 12.4.a. Máquinas limpiadoras de balasto.

12.5. Estabilizado Dinámico. Funcionamiento. Características.

Estos equipos pueden ser autopropulsados o de arrastre, la velocidad de trabajo es de 0 a 3 Km/hora, graduable.

Elimina el asentamiento inicial de la vía, mediante una estabilización controlada y geoméricamente correcta.

Aumenta la resistencia lateral

de la vía, cuando tiene una estructura homogénea en el prisma de balasto.

Da mayor seguridad contra deformación.



CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

12.6. Vagón Comprobador. Funcionamiento. Características.

Este es un equipamiento instalado en un vagón de pasajeros que tiene mecanismos para catar los niveles de alineación, el ancho de la trocha, las calas en las juntas, súper elevación de la vía, etc.

Con este equipo y el vagón de inspección se realiza un sistema de nivelación basado en una escala de puntos. A mayor cantidad de puntos obtenidos el estado técnico de la vía es malo.

Se consideran condiciones satisfactorias cuando la puntuación obtenida es menor de 250 puntos. (Vea tabla 12.6.a)

Tipo de carril	Balasto			Tipo de carril	Balasto		
	Piedra picada, graba de cantera, asbesto	Arena gruesa y media	Arena fina y otros		Piedra picada, graba de cantera, asbesto	Arena gruesa y media	Arena fina y otros
Vía excelente				Vía buena			
P50 o mayores	0-15	0-15	0-20	P50 o mayores	16-30	16-30	21-40
P43	0-15	0-20	0-25	P43	16-30	21-40	26-50
P38 y 80 Lbs/yd	0-20	0-25	0-30	P38 y 80 Lbs/yd	21-35	26-50	31-60
Menos de 80Lbs	0-20	0-30	0-30	Menos de 80 Lbs	21-40	31-60	31-80

Tabla 12.6.a.

El estado de la vía por alineación en planta (desalineación) se obtiene por los datos de un vagón comprobador y se considerara de acuerdo a la tabla 12.7.b.

En los puentes y en sus accesos los puntos señalados en la tabla 12.7.c. se duplicaran si los puentes tienen entre 25 y 100m de longitud y en 200m antes y después del puente. Si el puente tiene más de 100m se tomaran 500m a cada lado.

Las puntuaciones se duplicaran en los baches y desniveles de los puntos aislantes.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías

Férreas.

Tipo de carril	Balasto			Tipo de carril	Balasto		
	Piedra picada, graba de cantera, asbesto	Arena gruesa y media	Arena fina y otros		Piedra picada, graba de cantera, asbesto	Arena gruesa y media	Arena fina y otros
P50 o mayores	0-15	0-15	0-20	P50 o mayores	16-30	16-30	21-40
P43	0-15	0-20	0-25	P43	16-30	21-40	26-50
P38 y 80 Lbs/yd	0-20	0-25	0-30	P38 y 80 Lbs/yd	21-35	26-50	31-60
Menos de 80Lbs	0-20	0-30	0-30	Menos de 80Lbs	21-40	31-60	31-80

Tabla 12.6.b. Suma máxima de puntos en alineación

(Con respecto a su eje de proyecto)

Defecto y su valoración	Magnitud permisible por grados de complejidad y puntuación que se obtiene			
	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
1- Carrilera abierta				
a) en rectas y curvas de radio 350m (1435mm)	Hasta 6mm	6- 11mm	11- 16mm	> 16mm
b) en curvas con radios de 349m y 300m (1445mm)	Hasta 6mm	6- 11mm	11- 16mm	> 16mm
c) en curvas de radios de 299m y menos (1450mm)	Hasta 6mm	6- 9mm	9 - 11mm	> 11mm
2- Carrilera cerrada				
a) en rectas y curvas de radio 350m	Hasta 4mm	4 - 8mm	8- 10mm	> 10mm
b) en curvas de radio entre 349 y 300m	Hasta 4mm	---	4 -6mm	> 6mm
c) en curvas de radios menores de 299m	Hasta 4mm	4 - 9mm	---	> 9mm
Puntuación para los desperfectos 1 y 2 en puntos por cada 1m lineal de vía	0	1	100	1000
3- Desniveles (cualquiera que exista)				
Puntuación por cada lugar según la distancia a que se encuentra el desnivel de la zona nivelada				
Longitud de 7m	0	30	300	2000

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías

Férreas.

Longitud de 7 -14m	0	15	150	1500
Longitud de 14 -24m	0	10	100	1000
4- Desnivel lateral				
Puntuación por cada lugar revisado cuando la longitud de la desviación es	Hasta 6mm	6- 10mm	10 - 15mm	> 15mm
Hasta 5m	0	10	100	1000
5 - 10m	0	5	50	500
5- Desnivel suave	Hasta 4mm	4 - 15mm	15- 30mm	> 30mm
Puntuación por 1m lineal de vía	0	1	10	100
6- Baches y jorobas				
Puntuación por cada lugar	0	2	10	100
7- Diferencias de flechas en planta medida con una cuerda de 20m, en los puntos situados en el centro de la cuerda	Hasta 8mm	8- 15mm	15- 23mm	23- 32mm
Puntuación por cada lugar cuando la flecha es mayor de 32mm el desperfecto se considerará mayor y se valorará en 251 puntos	0	1	10	150

Tabla 12.6.c. Grado de desperfecto de los carriles y su puntuación.

Suma de los puntos = Ax1000+ (B-A) x100+ (C-B) x1

Desnivel relativo. 14 mm es de tercer grado, $1 \times 50 = 50$ puntos.

El estado de la vía en planta se valora con puntos en toda la longitud del tramo de vías principales y de recepción y expedición, en patios, en tramos curvos y rectos, así como en las conexiones (excepto cruzamientos y cunetas) para valorar las desalineaciones en planta se establecen las normas que observamos en el punto 7 de la tabla 4.4.

12.7. Soldador de Carriles. Funcionamiento. Características.

Esta maquina suelda a tope por resistencia eléctrica. Suelda un carril en un tiempo entre 2 y 3 minutos. Los extremos de los carriles son tensados con un dispositivo hidráulico con una fuerza de 125 toneladas. Para la soldadura a tope por resistencia eléctrica no se emplea material extraño.

En la soldadura por contacto eléctrico y fusión continua el calor se obtiene por efecto de Joule, poniendo en contacto bajo presión los extremos de los carriles por lo que se hace pasar una corriente de bajo voltaje y muy alta intensidad (hasta 6.5 Vol. y 10000 Amp.). La corriente se transmite a los carriles a través de unas mordazas de la maquina que a la vez proporciona la presión de contacto.

Como consecuencia del contacto a través de las caras de los carriles a soldar se producen chispas con explosiones liberándose una cierta cantidad de energía que

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

produce el calentamiento de la zona; a medida que los carriles avanzan uno contra otro la cantidad de superficie que entran en contacto es mayor aumentando el área de calentamiento distribuyéndose parte del calor a la profundidad del metal. Este proceso de fusión es posible si la potencia de la maquina de soldar, así como de la fuente de alimentación es suficiente para la distribución de los puntos de contacto que se forma en una unidad de tiempo.

Los extremos de los carriles se calientan hasta altas temperaturas produciéndose hasta 1500°, cuando ya el metal esta fundido se aplica una fuerza de 40 - 50 toneladas con el transformador de soldar desconectado, producto de esta fuerza el metal liquido es arrojado a la superficie en forma de rebaba gruesa, en la zona de la soldadura los átomos se reestructuran en redes cristalinas formando uniones interatómicas que concluyen el proceso de soldadura. La rebaba se desbasta con un equipo especializado, las muelas liberan al carril y concluye el proceso.

Estas maquinas tienen el mismo principio que los equipos montados en la planta de soldar carriles.

13. Herramienta Para los Trabajos de Vías.

Las herramientas utilizadas en la vía pueden ser mecánicas, eléctricas, de combustión interna o neumática.

13.1. Herramientas Electromecánicas, Diesel y Neumáticos.

En las herramientas de combustión interna o eléctrica pueden encontrarse:

13.1.1. Segueta de Cortar Carriles. Características.

Esta herramienta se utiliza para cortar cualquier tipo de carriles, puede ser eléctrica o diesel.

Para el corte de un carril se demora:

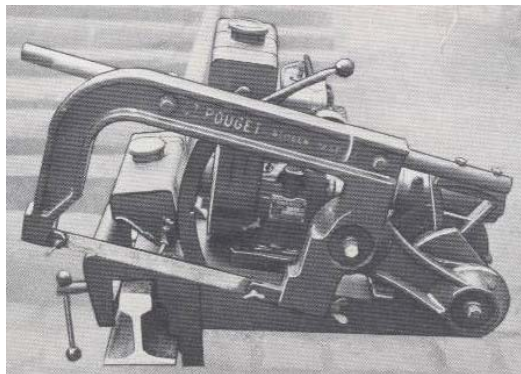


Tabla 13.1.1.a. Tiempos de Corte de los Sigüientes Carriles.

Marca de Carriles				Tiempos(min.)
R65	UIC-60	S64	RE132	17
R50	UIC-54	S54	RE115	10
R43	RE80	RE90	S49 y RE75	8

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

13.1.2. Barrenadora Horizontal y Vertical.

Se utiliza para abrir los orificios en las juntas o extremos de los carriles pueden taladrar un orificio en 2min. Su posición puede ser horizontal o vertical. Pueden ser eléctricos o diesel.



13.1.3. Aprieta Tuercas Horizontal y Vertical.

➤ **Aprieta tuerca horizontal.**

Se utiliza para el apriete de los tornillos de las juntas. Aprieta los tornillos al mismo tiempo del anterior.

➤ **Aprieta tuerca vertical.**

Se usa para apretar las tuercas de las fijaciones, se les llama también tirafondera. Posee un controlador de torque. Puede apretar un tornillo en 50 seg.



13.1.4. Calzadoras.

Se utilizan para calzar la vía. Es una herramienta compuesta por un manguito que al girar hace vibrar unas paletas la que se introduce en la piedra.

13.1.5. Cambiadora de Traviesas.

Como su nombre lo indica es un equipo que tiene la posibilidad de colocar una traviesa al mismo tiempo que extrae la otra de la vía. Hace la función de unos diez hombres aproximadamente.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

13.1.6. Martillos Para Traviesas de Madera.

Este instrumento se utiliza en el clavado en traviesas de maderas, o largueros en las conexiones, pueden ser eléctricos, neumáticos, o diesel.



13.2. Herramientas Manuales.

En el ferrocarril se utilizan todo tipo de herramientas manuales como: martillos, llaves de distintos tipos, de ojo y españolas para las mordazas, llaves especiales para las tuercas de los tornillos T. Seguetas barrenadores de carril y de traviesas, gatos mecánicos, picos, palas, apisonador para calzar la vía y otros.

13.2.1. Gatos Para Izaje.

Son gatos que sirven para el levante de vías tienen una capacidad de izaje entre 6 – 8Ton

13.2.2. Gatos Para Alinear.

Estos gatos se utilizan para desplazar la vía lateralmente

13.2.3. Herramientas Varias.

Son instrumentos como martillos seguetas para madera y para carril, llaves de ojo, tenazas llaves de cubo especiales para los tirafondos y otras.

14. Instrumentos de Medición

14.1. Calibrador de Carril.

Instrumento que se utiliza para determinar el desgaste del carril tanto vertical como horizontal. Tiene una forma semejante a un pie de rey.

14.2. Calibrador de Presillas.

Es un instrumento en forma de cuña que se introduce entre el carril y la presilla para determinar el grado de apriete de los tornillos.

14.3. Cartabón Para el ancho de la vía (Trocha) y Para el Nivel.

Es un instrumento que permite conocer el ancho entre los bordes de trabajo de los carriles. Algunos tienen además instalado un nivel de Burbuja.

Tema VIII. Trabajos que se realizan en la vía.

15. Tipos de Trabajos que se Realizan en la superestructura.

15.1. Construcción, Reconstrucción y Reparación Capital. Definición de Cada Uno de estos Trabajos.

Clasificación de los trabajos de vías.

Como pudimos observar en el epígrafe anterior los trabajos de vías se clasifican según el volumen de operaciones y materiales que se utilicen.

Las operaciones generalmente son las mismas lo que cambia es el volumen a ejecutar. Los trabajos de vías se clasifican en:

Construcción.

La ejecución de una nueva inversión para lo cual se construyen nuevos trazados de vías, construyéndose además de la superestructura una nueva infraestructura.

El trabajo se realiza sobre la base de un proyecto ejecutivo, confeccionado de acuerdo a los parámetros de explotación, donde se tiene en cuenta el tipo de equipo rodante, (tractivo y de arrastre), la densidad de tráfico y la velocidad técnica.

Reconstrucción.

En la ejecución de una superestructura sobre una infraestructura remodelada o rediseñada debido a la necesidad de ampliar los parámetros iniciales, de velocidad, carga por eje y densidad de tráfico. En la reconstrucción se amplía la corona de la explanación, se aumenta la potencia de la superestructura, se mejora los radios de curva, etc.

Reparación capital.

Es el cambio total de la superestructura por una igual, nueva o por otra de mayor capacidad portante nueva o de uso. Se aumenta el espesor de balasto se repara los drenajes y se colocan señales nuevas o reparadas.

Reparación media.

Son cambios de elementos en la superestructura de la vía, en una cantidad tal que no llega a ser una reparación capital. Se toma en cuenta la cantidad de traviesas, carriles y balasto en mal estado y se cambia un por ciento de ellos.

Reparación ligera.

Es al igual que la media, cambio de los elementos de la superestructura de la vía, en una magnitud menor a la anterior, se tiene en cuenta los mismos elementos que en la media y se toma un % menor que el anterior.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Mantenimiento.

Es el cambio aislado de elementos de la superestructura de la vía o una serie de operaciones que se realizan para evitar la pérdida de uno u otro elemento de la vía.

El mantenimiento comienza desde que una vía se pone en explotación, el seguimiento del comportamiento de cada elemento, la atención a tiempo de un defecto, el control constante sobre la vía ya es mantenimiento.

Con el chequeo periódico se trata de hacer un diagnóstico de la situación que ocurre, de los fenómenos que provoca el defecto y se determina la forma de combatir la formación o desarrollo de un defecto o desgaste en los elementos de la vía.

Los mantenimientos al igual que el resto de las reparaciones se planifican en un periodo de un año.

15.1.1. Planta de Ensamblaje, Función. Desarrollo Vial.

Selección de la zona de emplazamiento las plantas de ensamblaje.

Para la construcción de los campos es necesario tener un lugar adecuado donde poder ensamblar. Este lugar debe ser previamente seleccionado, pues de su buena ubicación depende la prontitud con que se haga la explotación de una obra.

Para esta ubicación debemos tener en cuenta dos cuestiones importantes, la topografía del terreno las condiciones socioeconómicas del área.

Desde el punto de vista topográfico el área debe concentrarse en un terreno llano o con pendientes promedios no mayores de 1‰; debe estar en un tramo recto o en curvas de no menos de 500m de radio, pero con la condición que el área donde se ubique la plantilla este en un área recta. Preferentemente debe ser un lugar con cierto desarrollo ferroviario.

Desde el punto de vista socioeconómico deberá estar ubicado cerca de centros poblacionales, en un área de fácil acceso automotor, con buena existencia de agua potable y con facilidad de obtención de energía eléctrica y comunicación telefónica, que existan centros asistenciales de ser posible. Ubicación cercana a canteras de piedra o a planta de traviesas, sería lo más racional.

Trabajos que se realizan en las plantas de ensamblaje.

En las plantas de ensamblaje se realizan varios tipos de trabajos:

1. Ensamblaje de campos con materiales nuevos o de uso en buen estado técnico.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

2. Desmantelamiento de campos, seleccionándose los materiales que puedan ser recuperados.
3. Ensamblaje de conexiones con materiales nuevos o de uso.
4. Carga, descarga y almacenaje de los elementos que componen el campo y el propio campo después de ensamblado.

Desarrollo vial de una planta de ensamblaje.

Teniendo en cuenta todos los trabajos que se realizan en una planta de ensamblaje, el desarrollo vial de las mismas deben contemplar todas las carrileras necesarias para cada operación y para las maniobras internas en la planta.

Por ello deben contemplarse las siguientes vías:

➤ **Vía de la plantilla donde se ensamblan los campos.**

Esta plantilla tiene una longitud que depende de la producción diaria de la fábrica o planta.

Su longitud útil, es decir; la menor dimensión de la vía donde se ensamblan los campos será igual a:

$$S - L_{ens} = \frac{S}{n_{est}} + \left(\frac{S}{n_{est} l_{campo}} - 1 \right) \Delta l \quad 2.1$$

donde:

S. – Producción diaria de la planta en metros.

n_{est} – Número de estibas (pisos) que se puedan almacenar en la plantilla.

Para traviesas de hormigón 2 y 3 para traviesas de madera.

l_{camp} – Longitud de un campo. En Cuba es igual a 12.5m.

Δl – Distancia entre dos campos (se acepta 0.50 m).

L_{ens} - Longitud de la plantilla en metros.

➤ **Vía para el servicio de ensamblaje y maniobras.**

Aledañas a la plantilla cuya longitud útil es igual a la de la plantilla, se ubica dentro de la grúa pórtico.

➤ **Vía para el desmantelo.**

Es donde se desmantelan los campos, debe ubicarse cerca de la grúa pórtico o debajo de ella.

$$L_{desm} = \left(\frac{l_{frente}}{l_{campo} n_{campos}} l_{plancha} + l_{loc} + l_{cab} \right) \quad 2.2$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Donde:

l_{frente} – Longitud del frente de trabajo a dismantelar en m

l_{camp} – Longitud del campo a dismantelar en m

n_{camp} – Número de campos por planchas.

l_{planch} – Longitud de la plancha en m

l_{loc} – Longitud de la locomotora en m

l_{cab} – Longitud del caboose en m

➤ **Vía para el acopiadero.**

Generalmente se construyen dos vías para este fin, en una se coloca la grúa que va a cargar los vagones y en otra los vagones vacíos (si la grúa es ferroviaria). Su ubicación dentro de la planta es siempre en el lado contrario a los vientos predominantes, para evitar la contaminación por el polvo.

La longitud útil de este acopiador, por carrilera; es como sigue:

$$L_{\text{acop}} = 2(l_{\text{loc}} + n_{\text{tolv}} l_{\text{tolv}} + l_{\text{cab}}) \quad 2.3$$

l_{loc} – Longitud de la locomotora (m).

l_{tolv} – Longitud de la tolva (m).

n_{tolv} – Número de la tolva = V/V_{tolv} .

l_{cab} – Longitud del caboose (m).

El número 2 indica que la vía debe ser el doble de largo para que puedan moverse los vagones por su interior.

V - volumen a regar en m^3 .

V_{tolv} – Volumen de una tolva (36m^3).

➤ **Longitud útil del depósito de los equipos de la construcción.**

En este lugar se colocan los equipos de construcción, tales como grúas, dresinas (equipo tractivo utilizado para la transportación de materiales para mantenimiento y reparación de las vías férreas, maquinas constructoras (Tamper).

$$L_{\text{eq const}} = l_{\text{grua}} + l_{\text{eq mont}} \quad (2.4)$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

➤ Longitud útil para los campamentos de las brigadas.

Esta vía se construye para ubicar en ella los campamentos que tienen las brigadas de montaje y la brigada de equipos. Se ubica lo mas alejado posible del acopiador y lo más cercano posible a los vientos predominantes. En ellas tienen que ubicarse todos los trabajadores, por lo que su dimensión depende del mínimo de viviendas necesarias y de los vagones adicionales o de apoyo a la brigada.

Generalmente este tipo de brigada se compone de 60 a 80 hombres y cada casilla campamento tiene capacidad para 6 u 8 hombre, en dependencia de su longitud posee una cocina- comedor, un vagón cisterna para el agua, un pañol y almacén de piezas y lubricantes; un almacén de víveres, así como un vagón para el trabajo de los técnicos y el jefe de la brigada, este vagón algunas veces no se ubica en el lugar, puesto que el del almacén de piezas se puede dividir en dos partes.

$$L_{\text{dep camp.}} = l_{\text{pañol}} + l_{\text{alm}} + l_{\text{cist}} + n_2 l_{\text{viv}} + l_{\text{coc-com}} + l_{\text{loc}} + l_c \quad (2.5)$$

➤ Longitud útil de los carriles de la grúa pórtico.

Este carril tiene 100m más de largo que los carriles de la plantilla, dándole equitativamente 50m a ambos lados de la misma.

Para hallar la longitud total de una planta de ensamblaje se debe conocer el ancho entre vías, entre cada uno de los carriles, el tipo de conexión que se posee y como se colocaran unas con otras.

La entrevía entre carriles de acopio de piedra es de 3.6m de ancho, pero entre unas de las carrileras de acopio y la primera vía de la planta debe ser de 10.00m.

Entre la grúa de pórtico y la carrilera de plantilla es de 3.70m

Entre el resto de los carriles es de 5.30m

Estas son las distancias mínimas.

Para hallar la longitud total debemos tener lo siguiente:

Para cualquier carrilera:

$$L_T = L_{\text{útil}} + 2 \frac{E}{\text{sen} \alpha} + \Delta l \quad 2.6$$

Donde:

E – Distancia entre ejes en m

α – Ángulo de giro de la conexión en grados.

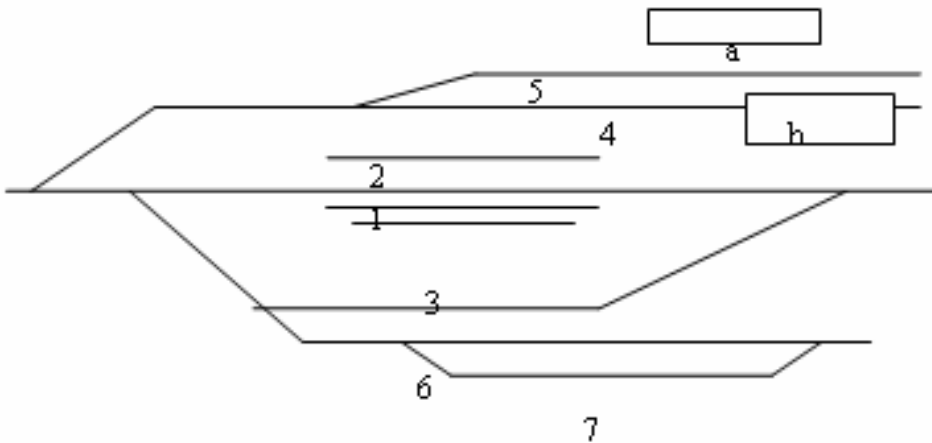
Δl – Distancia entre la longitud útil y el punto de comienzo de la

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Curva que enlaza con la conexión, esta distancia es variable y depende del Desarrollo vial de la planta.

Desarrollo vial de la planta de ensamblaje:

1. Vía de servicio a la plantilla o de maniobra.
2. Vías de la grúa pórtico.
3. Plantilla.
4. Vía de depósito de los equipos.
5. Vía de depósito del tren de montaje.
6. Vías de desmantelo.
7. Vías del acopiadero



Esquema de una posible distribución de las vías de una planta de ensamblaje

a – área administrativa

b – taller de equipos

Los números se corresponden con las carrileras indicadas en el listado anterior.

Longitud de las Locomotoras en mm

C 30	TE 114	GMD	MLW	M62K	TEM 4	GM900
					TEM2TK	
					TEM15	
20498	18290	16764	17780	17400	17725	13016

**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**

Longitud de las Planchas en mm			
Rusa	Rumana	Cubana	U.S.A
14620	16180	14300	14840

Longitud de las Viviendas, Almacenes, Cocina- comedor, Pañol en mm					
Rusa	Rumana	Hopper		Cabosse	
15900	16180	Ruso	USA	16200	14600
		13380	10000		

Longitud de los equipos de construcción en mm				
Grúas		Trineos	Eq. Tamper	Cisterna
UK	KDE	14600	6000	12600
40800	14000			

Longitud de los Coches de Viajeros en mm						
FIAT Taíno y Argentino	FIAT Italiano	Francés	USA	México	Alemán	Budd
25560	24600	25500	24460	25070	26400	25908

Clasificación de una planta de ensamblaje.

Las plantas de ensamblajes según la necesidad de permanencia en el lugar de ubicación, pueden ser temporales o permanentes.

Son permanentes si económicamente se justifican, es decir, cuando el volumen de trabajo de la planta satisfaga tanto las nuevas construcciones, como las reparaciones, sin que esto conlleve a la paralización temporal de la misma, o sea cuando tenga la capacidad saturada de forma ininterrumpida.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

Por ello cuando se va a construir una planta de ensamblaje hay que tener en cuenta las vías del área, zona o territorio en explotación y el periodo entre reparaciones de estos tramos o de vías. Es decir que si el volumen de trabajo total (L) en km, dividido por la producción anual, nos da un tiempo (t) que al ser comparado con el tiempo transcurrido entre dos reparaciones capitales ($t_{\text{periódica}}$), obtenido por la expresión; la densidad de tráfico circulada por las vías en explotación entre dos reparaciones, dividido por la densidad de tráfico de un año; resulta ser mayor o igual, la planta de ensamblaje se clasifica como permanente, en el caso contrario sería provisional o temporal.

$$t = \frac{L}{L_{\text{año}}} \text{ años}$$
$$t_{\text{periodica}} = \frac{T_{\text{repcap}}}{T_{\text{año}}} \text{ años} \quad 2.7$$
$$t \geq t_{\text{periodica}} \alpha \text{ la planta de ensamblaje es permanente}$$

EJEMPLO.

Se requieren construir 100 km de vías nuevas con carril P-50 en un lugar donde hay en explotación 1500 km. La densidad promedio anual de tráfico es de 9.0 mill. Ton. km/km. año, el desgaste máximo permisible es de 3mm, comprobándose que el desgaste máximo se produce al circular 38 mill. Ton. Km/km bruto. Se quiere instalar una planta con una productividad diaria de 500 m por turno de trabajo en dos secciones, trabajando 220 días en el año.

Se requiere además de clasificar la planta, diseñar las vías que se utilizan en la planta. La productividad diaria de desmantelo cuando esto es necesario es de 500m diarios. El carril que se esta desmantelando es P-50 con una longitud de 12.5m por norma de protección no se permiten mas de 6 campos desmantelados por plancha y por norma de carga de campos de hormigón no se permite mas de 7 campos por plancha. La productividad de montaje es de 1000 m/días.

DESARROLLO.

1- Selección de la planta de ensamblaje.

Recuérdese que se trabaja en 2 tramos con una producción de 500 m cada uno:

$$t = \frac{L}{L_{\text{año}}} = \frac{1500 + 100}{1.0 \times 220} = \frac{1600}{220} \approx 7.3 \text{ años}$$
$$t_{\text{periodica}} = \frac{T_{\text{repcap}}}{T_{\text{año}}} = \frac{3.820}{9} = 4.22$$

Como el tiempo necesario para ensamblar las vías existentes en el territorio analizado es mayor que el tiempo necesario entre dos reparaciones capitales, la planta de ensamblaje analizada se considera permanente

15.1.2. Ensamblaje de Campos. Esquemas y secuencias del ensamblaje de campos.

Ensamblaje de campos.

Para el ensamblaje de campos previamente se debe conocer las características topográficas de la vía y las instalaciones existentes en el tramo a construir. El conocimiento de estos puntos garantiza que en las curvas se conozca donde ubicar los campos con carriles más cortos, para mantener la frontalidad de las juntas. También con esto se garantizan los campos cortos ubicados en los patios antes de llegar a una conexión. Los campos se marcan antes de ser trasladados al lugar de montaje. Este trabajo se realiza en cadena.

Ensamblaje de campos con traviesas de madera. Secuencia de montaje.

1. Carga y ubicación de los paquetes de traviesas (paquetes de 20 o 25).
2. Distribución de las traviesas en la plantilla.
3. Barrenado en el lugar que deben ser elevados, y tratamiento con antisépticos.
4. Colocación de sillas.
5. Colocación de carriles sobre las sillas.
6. Fijado de los carriles a las traviesas (clavado de una de las dos bandas y después de llevado a cartabón clavar el otro carril).
7. Almacenaje de los campos. Si el almacenaje se realiza dentro del área de acción de la grúa se colocan 16 camadas y si es fuera del área no más de 11 camadas.

Ensamblaje de campos con traviesas de hormigón.

1. Carga y ubicación de los paquetes de traviesas.
2. Distribución de las traviesas en la plantilla.
3. Colocación de las fijaciones en las bandas de la traviesa y en el centro.
4. Colocación de las platinas bajo el área del carril.
5. Colocación del carril.
6. Ubicación de los pernos y elementos de fijación en los orificios de la traviesa.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

7. Apriete de las tuercas.
8. Almacenaje de campos. Si el almacenaje se produce dentro del área de la grúa pódico se permiten 15 camadas, si es fuera de esta solo 11 camadas.

Ensamblaje de conexiones.

Las conexiones se ensamblan en bloques. Si el equipo de izaje tiene una capacidad menor que 50 toneladas, tanto en la planta como en el lugar de colocación se divide en cuatro partes, si la capacidad de este es igual o mayor a 50 toneladas se ensambla en dos partes.

Los bloques se ensamblan con largueros de madera de un largo menor de 45m, los largueros de madera se ubican el lugar de colocación.

El bloque de la culata a la rana se ensambla con 14 traviesas normales.

Los bloques se ensamblan en plantillas especiales.

1. Bloque de la aguja.
2. Bloque de un desvío.
3. Bloque de la rana.
4. Bloque en la culata de la rana.

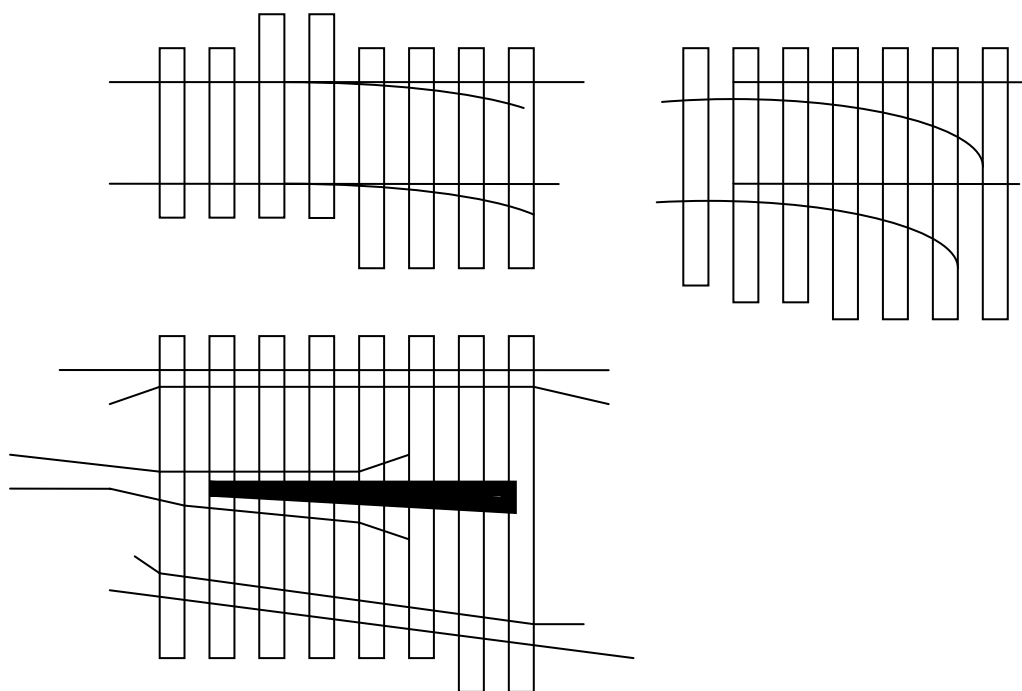
Al igual que los largueros se sigue una secuencia que comprende:

1. Colocación de traviesas y largueros sobre la plantilla.

La distribución se realiza haciendo que las cabezas de las traviesas queden para la parte recta en una misma línea para crear uniformidad y estética.

2. Se barrenan las traviesas y los largueros y se le aplican antisépticos.
3. Se colocan las sillas, planchuelas, los bloques, las fijaciones y las barras.
4. Se montan los elementos restantes entre dos.
5. Se colocan los carriles y se fijan en uno de los lados, también se montan las ranas, las guardarranas y se fija a cartabón el resto de los carriles.
6. Se cargan en equipos especializados o en góndolas.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.



15.1.2.1. Calculo de los Materiales Necesarios Según Categoría de la Vía.

Para determinar el gasto tanto de materiales como de personal para el montaje de la superestructura de la vía hay que partir de la clasificación de la superestructura de la vía férrea establecida en Cuba.

Parámetro	U.M	Tipo de Superestructura				
		I	II	III	IV	V
Densidad de tráfico	Mill.ton Km/km	25	10	5	3	1
Velocidad máxima hasta	kph	140	100	90	60	40
Q _{máx} /eje locomot	Ton/eje	23/230	21.5/215	21.5/215	21.5/215	19/190
Q _{máx} /eje vagones	(kN/eje)	21.5/215	21.5/215	21.5/215	21.5/215	17/170
Peso del carril	Kg/m	≥50	≥50	50	43	43

**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**

Tipo de traviesas	---	Madera u hormigón				
Cant. de Trav. por km en rectas	u	1840	1760	1680	1600	1500
Cant. de trav. por km en curvas	u	2000	1840	1760	1680	1600
Tipo de balasto	---	Piedra triturada de roca ígnea o caliza		Piedra triturada de roca ígnea, caliza o grava natural	Piedra triturada de roca caliza o grava natural	Piedra triturada de roca caliza o arena gruesa
Cantidad de balasto por Km	m ³	1800-2000	1800-2000	1800-2000	1600-1800	1600-1800
Espesor de balasto en madera	mm	250	250	250	200	200
Espesor de balasto en hormigón	mm	300	300	300	250	250

Tabla 15.1.2.1.a. Clasificación de la vía en Cuba.

➤ **Cálculo de los materiales necesarios para el ensamblaje de un campo con traviesas de madera.**

Los materiales se calculan teniendo en cuenta la clasificación de las vías.

Un campo de madera tiene 2 carriles.

2 pares de mordazas o bridas de la medida del carril.

12 tornillos de la medida del carril.

12 tuercas.

12 arandelas de presión.

Una traviesa de madera lleva:

2 sillas de la medida del carril.

6 clavos en rectas.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

10 clavos en curvas.

Según la topografía de la vía, para tramos con traviesas de madera se le coloca elementos que protejan el corrimiento del carril y no permitan que puedan crearse jorobas, juntas topadas o demasiado abiertas debido a este fenómeno. Estos elementos se denominan anclas.

La distribución de las anclas es como sigue:

Tipo de vía	Tramo sin frenaje		Tramo con frenaje	
	En balasto de piedra o grava graduada	En otro tipo de balasto	En piedra o grava graduada	En otro tipo de balasto
Para más de 25 mill de ton km/km durante un año				
Doble vía o vía sencilla con gran carga en un solo sentido	32	36	42	44
Vía sencilla con igual carga en ambos sentidos	22/22	22/22	40/0	30/0
Tramos de frenaje de trenes sin carga	---	---	22/22	22/22
Para menos de 25 mill de ton km/km durante un año				
Doble vía o vía sencilla con gran carga en un solo sentido	26	30	36	42
Vía sencilla con igual carga en ambos sentidos	18/18	20/20	34/0	34/0
Tramos de frenaje de trenes sin carga	---	---	18/18	22/22

Tabla 15.1.2.1.b. Distribución de las anclas.

➤ **Materiales para un campo de traviesas de hormigón.**

Al igual que con la traviesa de madera el campo requiere de:

2 carriles.

2 pares de mordazas del mismo tipo que el carril.

12 tornillos.

12 tuercas.

12 arandelas de presión.

Además si la traviesa es con taco plástico se requiere de:

4 tornillos tirafondo.

4 presillas elásticas o semi - elásticas.

2 platinas de gomas.

4 cojinetes de gomas.

Si la traviesa es con orificios y arandelas de sujeción requiere de:

4 tornillos con cabeza "T".

4 presillas elásticas o semi - elásticas.

4 cojinetes de goma.

2 platinas de goma.

Si el tramo esta electrificado o señalizado requiere además de:

4 bujes aislantes.

**15.1.2.2. Cálculo de los materiales y la mano de obra para
el ensamblaje de campos.**

Todas las operaciones que son necesarias para el ensamblaje de campos se interrelacionan y se ejecutan en una cadena armónica.

La organización debe ser precisa para con ello evitar la disminución de la producción.

Hay operaciones que se realizan simultáneamente y otras se realizan después de terminada la anterior, otras minutos después de comenzada esta, pero en cualquiera de los casos, si no se cumple, rompe el eslabón de la cadena.

Este tipo de trabajo en cadena permite la especialización de las operaciones, lo que nos lleva al aumento de la productividad.

Los materiales para el calculo ya fueron vistos en epígrafes anteriores, por lo que nos limitaremos a ofrecer el gasto de mano de obra.

**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**

N ^o	Descripción	U.M	Norma de Tiempo		Intervalo entre operaciones	N ^o de operaciones y operadores
			H- mín	Eq- mín		
1	2	3	4	5	6	7
1	Descarga de traviesas en la plantilla (1 grúa)	Trav	1.10	0.367	---	6 operarios 1 operador
2	Distrib. de traviesas en la plantilla	Trav	1.55	---	15 min después de la 1 ^{ra} actividad	6 operarios más 6 de la act. 1
3	Alineación de las traviesas	Trav	0.45 5	---	15 min desp. de la 2da act.	2 operarios
4	Ensamble de fijaciones	Trav	0.92	---	Fuera de cadena	16 operarios
5	Carga y distribución de carriles (2 grúas)	Carr	4.11	1.37	Al final de la act. 2	6 operarios de la 4 y 1 operador
6	Colocación de las fijaciones en los extremos de las traviesas	Trav	1.05	---	Al terminar la act. 5	12 operarios de la 2 y 4 de la 4
7	Poner a escuadra los carriles	Cam p	2.77	---	Al final de la act. 6	6 operadores de la act. 5
8	Limpieza de mordazas y extremos de carriles	Mord	3.6	---	Al final de la act. 7	12 operarios de la act. 6
9	Marcaje de la traviesa	Trav	0.3	---	Simultánea a la 8	4 operarios de la 6
10	Ubicación y ajuste de las fijaciones (8 eq.)	Torn	1.7	0.85	15 min del comienzo de la 9	16 operarios
11	Almacenaje de	Cam	11.8	2.95	Fuera del	4 operadores

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

	campos (1 grúa)	p			tiempo de ensamblar	1 operario
12	Carga de campos en planchas	Cam p	17.7	2.95	Fuera del tiempo de ensamblar	6 operarios 1 operador

Tabla 15.1.2.2.a Gasto de fuerza de trabajo.

Ejemplo:

Se requiere ensamblar 20 Km de vía de I categoría, en una planta con capacidad para 600 m diarios en dos turnos de trabajo. Con traviesas de hormigón.

El cálculo lo realizamos para 150 m, en una plantilla de 300 m. Las operaciones que vayan finalizando en el primer tramo pasan a trabajar en el segundo tramo. El segundo turno comienza a las 3 horas y 30 minutos del comienzo del primer turno y trabaja en la segunda camada, de la misma forma que lo hizo el primer turno. Al finalizar se almacenan los campos y/o se calzan con planchas.

N ^o	Descripción de la actividad	U.M	Cant.	Normas técnicas		Gastos de trabajo		Cant. de operarios	Durac en min.
				H-mín	Eq-mín	H-mín	Eq-mín		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Descarga de traviesas a la plantilla (paquete)	trav	276	1.10	0.367	303.6	101.3	6	50.6
2	Distribución de traviesas	trav	276	1.55	---	427.8	---	6	71.3
3	Alineación de traviesas	trav	276	0.455	---	125.6	---	2	62.8
4	Ensamblaje de fijación	trav	552	0.92	---	507.9	---	16	31.79

**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**

5	Carga de carriles	carril	24	4.11	1.37	98.65	32.87 5	6	16.45
6	Coloc. de fijación en el extremo de la traviesa	trav	276	1.05	---	289.8	---	16	18.12 5
7	Puesta en escuadra de los carriles	cam p	12	2.77	---	33.22 5	---	6	5.55
8	Limpieza de mordaza y extremo de carriles	mor- daza	48	3.6	---	172.8	---	12	14.4
9	Marcaje de los ejes de traviesas	trav	276	0.3	---	82.8	---	4	20.7
10	Ubicación y apriete de tuercas	tornill	110 4	1.7	0.85	1876. 8	938.4	16	117.3
						3665.026	1072.575		
11	Almacenaje de campos	cam p	48	11.8	2.95	566.4	141.6	4	141.6
12	Carga de campos en planchas	cam p	48	17.7	2.95	849.6	141.6	6	141.6
						1416.0	283.2		

Tabla 15.1.2.2.b Resumen de fuerza de trabajo y Tiempos.

El gasto total de fuerza de trabajo será:

$$G_{FTT} = (3665.026 - 507.9)4 + 507.9 \times 2 + 1416 = 15060.304 \text{ min} = 251 \text{ horas}$$

$$G_{TEq} = 1072.575 \times 4 + 283.2 = 4573.5 \text{ min} = 76 \text{ horas y } 14 \text{ min}$$

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

15.1.2.3. Cálculo de la mano de obra necesaria para el montaje de la superestructura de la vía férrea. (600m de vía)

Al igual que en el caso anterior se confecciona el gráfico. Como esta actividad tiene operaciones con mucho gasto de fuerza de trabajo no se ejecutan todas al mismo día.

Escala 1 cm = 20 min.

Las operaciones de la 6 a la 9 se repiten.

La duración total del trabajo es igual a:

$$\begin{aligned}T_{TOTAL} &= T3 + T4 + \Delta t4 - T3 + T5 + \Delta t5 - T4 + 2(T6 + \Delta t6 + T7 + \Delta t7 + T8 + \Delta t8 + T9 + \Delta t9) \\&= \Delta t4 + T5 + \Delta t5 + 2(T6 + \Delta t6 + T7 + \Delta t7 + T8 + \Delta t8 + T9 + \Delta t9) \\&= 30 + 414 + 10 + 2(64.8 + 10 + 144 + 10 + 340.8 + 10 + 288 + 10) \\&= 2209.2 \text{ min} \\&= 36.8h\end{aligned}$$

Pues : $\Delta t_4 = 30$; $T_5 = 414$; $\Delta t_5 = 10$; $T_6 = 64.8$; $T_7 = 144$; $T_8 = 340.8$; $T_9 = 288$; $\Delta t_6 = 10$; $\Delta t_7 = 10$; $\Delta t_8 = 10$; $\Delta t_9 = 10$ min

Esto nos indica que el trabajo para el montaje de 600 m de vía se ejecuta hasta en 36.8 horas, no obstante el tiempo que se calcula es hasta la operación #6, pues el trabajo de los equipos del balastaje generalmente se realiza después de la jornada laboral, de la misma forma que los trenes de obra. Las brigadas tienen un régimen de trabajo de 10 días con 5 de descanso. El gráfico se construye para los 10 días de labor.

Teniendo en cuenta esto último podemos decir lo siguiente:

Las brigadas de montaje trabajarán:

$$\begin{aligned}T_{TOTAL} &= \Delta t4 + T5 + \Delta t5 + 2(T6 + \Delta t6) \\&= 30 + 414 + 10 + 2(64.8 + 10) \\&= 603.5 \text{ min} = 10h05 \text{ min}\end{aligned}$$

**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**

De aumentar el número de brigadas y de grupos variarían los tiempos.

N ^{ro}	Descripción	U.M	Norma de tiempo		Interv entre operac.	Núm de operarios y operadores
			H-mín	Eq-mín		
1	2	3	4	5	6	7
1	Colocación de campos	camp	10.8	2.7	Estas 3 operac se pueden realizar de forma paulatina con el mismo grupo	1 operador 4 operarios
2	Alineación manual	camp	4.2	---		
3	Colocación de juntas funcionales (1 grúa)	junta	1.5	---		
4	Regulación de juntas. Se realiza cada 8 campos (capac. de la plancha)	ml	2.14	---	Comienza a los 30 min del comienzo de 1,2 y 3	7 operarios
5	Ajuste de tornillos (4 aprietatuercas) se quitan las mordazas provisionales y se colocan las permanentes	tornillo	1.5	0.75	Comienza a los 10 min del comienzo de la act 4 en los primeros 8 campos	16 operarios
6	Riego de balasto (se realiza desde el final del tramo colocado hasta el inicio). Se riega la mitad del balasto en el tramo	m ³	0.48	---	Comienza 10 min después de finalizada la act 5 o cuando regrese el tren colocador o al otro día	4 operarios (1 tren)

**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**

7	Regulación del balasto con un regulador B.E.B de la Tamper	ml	---	0.24	Comienza 10 min después de la llegada del tren de balasto	1 operador
8	Levante, alineación, nivelación y calzado (con dos equipos en tándem)(primer y segundo levante)	ml	---	0.134 0.15	Comienza 10 min después de la act 7, regulan el trabajo en 2 etapas del inicio del tramo, al final y regreso	2 operadores
9	Barrido y perfilado del balasto	ml	---	0.48	Comienza 10 min después que salgan del final los 2 equipos de la act 8 (es el equipo de la act 7 que viene de regreso)	4 operadores

Tabla 15.1.2.3.a. Gasto de fuerza de trabajo.

Este trabajo desde la actividad 6 a la 9 se repite.

La velocidad de los trenes de obras es de 15 kph por los tramos en construcción o reconstrucción sin balastar y 30 por el tramo con levante.

15.1.2.4. Cálculo de la mano de obra necesaria para el levante, alineación y nivelación a manos.

**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**

En este caso el riego de balasto se realiza de una sola vez.

N ^o	Descripción	U.M	Norma de tiempo (H-min)	Intervalo entre operaciones	Número de operarios
1	2	3	4	5	6
1	Alineación (gatos)	ml	7.52	Nota	10
2	Primer levante, hasta 20 cm (gatos)	ml	30	---	20
3	Segundo levante, hasta 20 cm (gatos)	ml	60	---	20
4	Calzado con calzadores electromecánicos	trav	5.4	---	4
5	Tapado y perfilado en piedra	ml	80	---	20
5 ^a	Tapado y perfilado en arena	ml	43.6	---	20

Tabla 15.1.2.4.a Cálculo de la mano de obra.

Estas operaciones se realizan una después de terminada la anterior.

Anexo al ejemplo anterior.

N ^o	Descripción	U.M	Cant de trabajo	Norma de tiempo (H-min)	Gasto de trabajo (H-min)	Cant de operarios	Durac de la operación
1	2	3	4	5	6	7	8
1		ml	600	7.52	4512	10	451.2
2		ml	600	30	18000	20	900
3		ml	600	60	36000	20	1800
4		trav	1104	5.4	5961.6	4	1490.4
5		ml	600	80	48000	20	2400
Gasto total en minutos					112473.6		
Gasto total en horas					1874h 33'		

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

6		ml	600	43.6	26160	20	1300
Gasto total en minutos					90633.6		
Gasto total en horas					1510h 33'		

Tabla 15.1.2.4.b Anexo.

La comparación entre el trabajo manual y el mecanizado es considerable. Una máquina sustituye el trabajo de 73 hombres si se trabaja en vías con balasto de piedra y de 59 hombres si es con arena.

15.1.2.5. Cálculo del cambio de carril largo soldado.

N ^o	Descripción de la operación	U.M	Norma de tiempo		Intervalo entre operaciones	Cant de hombres necesarios
			H-min	Eq-min		
1	2	3	4	5	6	7
TRABAJOS PREPARATORIOS						
1	Distribución de accesorios del carril normal (4 presillas por cada junta)	Una	1.0	--	---	8 operarios
2	Retirar los tornillos de las juntas de los carriles viejos (4 por cada junta)	Tornillo	1.31	---	3 min	4 operarios
3	Zafar los tornillos de las fijaciones (2 de cada 3 traviesas y 4 aprietatuercas)	Tornillo	0.3	0.15	Comienza a los 10 min de empezar el grupo 2	8 operarios
4	Liberar las bandas del C.L.S (1 junta en cada banda)	Junta	13	---	Por cuestiones de seguridad comienza cuando el grupo anterior esté a más del largo del carril	2 operarios
5	Sustitución de accesorios y giro de las	presilla	0.49	---	Comienza cuando el grupo 3 halla	8 operarios

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías

Férreas.

	presillas (se sustituyen 4 presillas cortas por junta de carril normal). Se giran 90 grados				terminado	s
6	Toma de temperatura al C.L.S y marcaje en la garganta del carril	Banda	25	---	No se contabiliza	2 operarios
TRABAJOS FUNDAMENTALES						
7	Retirar tornillos de la junta (2 tornillos que quedan por junta)	Tornillo	1.31	---	5 min después del final de la 5	4 operarios
8	Zafar tornillos de fijación (1 traviesa de cada 3) 2 equipos aprietatuercas	Tornillo	0.3	0.15	Cuando el grupo anterior se encuentre a 12.5m o a los 3 min	4 operarios
9	Giro de presillas	Presilla	0.1	---	5 min después de comenzada la act 8	4 operarios
10	Retirar los carriles de largo normal	Carril	3.13	---	Cuando el grupo anterior termine los 8 primeros carriles (13 min)	4 operarios
11	Acondicionamiento de los accesorios	Carril	35.42	---	Cuando el grupo anterior se aleje 25m (3 min)	16 operarios
12	Empalme inicial de bandas de C.L.S	Banda	19.8	---	Cuando el grupo de la act anterior se halle a más de 25m o 5 min	4 operarios
13	Calzado de las bandas con mordazas para poder correrlas con más facilidad. Se usan gatos	Junta	0.7	---	Comienza 11 min después que el grupo anterior termine	2 operarios

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías

Férreas.

	y barretas					
14	Corrimiento y colocación de las bandas de C.L.S. se utilizan barretas	Banda	78	---	13 minutos después que el grupo anterior termine	4 operarios
15	Giro de presillas a su posición normal	Presilla	0.1	---	Comienza al alejarse el grupo anterior en 2 campos o 2 min	4 operarios
16	Apretado de tuercas de las fijaciones con 2 aprietatuercas (cada 3 tornillos)(un equipo por banda)	Tornillo	0.22	0.11	Un equipo comienza al pasar 18 min del comienzo del grupo anterior y el otro sigue a este a los 12.5m	4 operarios
17	Empate final de ambas bandas de C.L.S (sí el carril no llega se coloca un mocho y sí se pasa se corta)	Banda	40	---	Cuando termine el grupo anterior	4 operadores
TRABAJOS DE ACABADO						
18	Recogida de los materiales y acondicionamiento de los cambiados o sobrantes	Juego	3	---	Este trabajo está fuera de este mecanismo pues no interfiere a otros	8 operarios
19	Recogida de otros accesorios	Juego	2.5	---	Este trabajo está fuera de este mecanismo pues no interfiere a otros	12 operarios
20	Apretado de tornillos (2 traviesas que faltan)(se	Tornillo	0.2	0.1	Comienza inmediatamente	8 operario

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

	usan 4 aprietatuercas)				que termine la operación 16	s
21	Recogida de equipos y herramientas	---	3	---	No tiene afectación	10 operarios

Cálculo de la mano de obra para cada una de las actividades.

Para conocer la mano de obra necesaria es conveniente confeccionar un gráfico con cada una de las operaciones, el intervalo entre ellas y la cantidad de operarios necesarios para cada una de ella y con esto llegar a confeccionar la plantilla.

15.1.3. Confección de los presupuestos para las actividades de construcción de la superestructura de la vía férrea.

El presupuesto para las actividades de vías se confecciona tomando como base el precio por renglón variante; el listado oficial de precios de los materiales específicos para la vía férrea, las tarifas de alquiler de equipos ferroviarios y la tarifa horaria de la mano de obra. Obtenidos estos valores se utiliza la nueva formula típica del calculo del precio de construcción por renglón variante (PRECONS).

Como unidad básica utilizó el kilómetro de vía y a partir de este valor articulamos el total de la obra.

Elementos necesarios para un kilómetro de vías y el precio

Precio unitario de cada uno de ellos.

N ^o	Elemento	U.M	Unidad es por km	Precio unitario	N ^o	Elemento	U. M	Unidad es por km.	Precio unitario
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Carril P-50	Uno Ton	160 103.02	309.78 480.28	9	Carril P-43	Uno Ton	160 89.3	285.6 511.71
2	Traviesa de madera de I	Unid	1840	26.85	10	Traviesa de madera de II	Unid	1600	19.9
1760			1520						
1680			1440						

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías

Férreas.

			1600		11	Traviesa de madera de III	Unid	1440	1300
3	Traviesa de hormigón tipo A Cuba 73 P50	Unid	1840	30	12	Trav hormigón de taco plástico (TP) P50 y P43	Unid	1600	30
			1760					1520	
			1680					1440	
4	Mordazas P50	Par	160	12.48	13	Mordazas P43	Par	160	6.3
5	Tornillo 24×150 (P50)	Unid	960	0.36	14	Tornillo 22×135 (P43)	Unid	960	0.35
6	Tuerca M24	Unid	960	0.32	15	Tuerca M22	Unid	960	0.32
7	Arandela de presión M24	Unid	960	0.02	16	Arandela de presión M22	Unid	960	0.02
8	Balasto de piedra	M ³	1800	30	17	Carril largo soldado	M	300 m	66.49 76
			1600					× banda	

Tabla 15.1.3.a Elementos necesarios para un kilómetro de vías y el precio unitario de cada uno de ellos.

N ^o	Elemento	U. M	Unid por traviesa	Precio unitario	N ^o	Elemento	U. M	Unid por traviesa	Precio unitario
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Silla P50	Unid	2	5.78	8	Silla P43	Unid	2	3.78
2	Clavos de vía 16×16×160	Unid	10	0.17	9	Tornillo tirafondo para madera	Unid	10	0.23
			6					6	
			4					4	

**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**

3	Tornillo tirafondo para hormigón	Unid	4	0.52	10	Tornillo "T"	Unid	4	1.04
4	Presillas elásticas	Unid	4	1.92	11	Presillas rígidas	Unid	4	0.646
5	Tuerca M22	Unid	4	0.32	12	Arandela plana	Unid	4	0.032
6	Cojinete de goma	Unid	4	0.15	13	Platinas de goma	Unid	2	0.81
7	Bujes aislantes	Unid	4	0.13					

Tabla 15.1.3.b Materiales de fijación para una traviesa.

N ^o	Elemento	U.M	Unid por campo	Precio unitario	N ^o	Elemento	U.M	Unid por campo	Precio unitario
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Anclas P50	Unid	44	6.358	2	Anclas P43	Unid	44	4.18
			42					42	
			40					40	
			36					36	
			34					34	
			32					32	
			30					30	
			26					26	
			22					22	
			20					20	
			18				18		

Tabla 15.1.3.c. Elementos para un campo con traviesas de madera.

**CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías
Férreas.**

Conexión tipo	N ^{ro}	Unid de medida	Precio unitario	Conexión tipo	N ^{ro}	Unid de medida	Precio unitario
1	2	3	4	1	2	3	4
P50	11	Unid	20000	P43	11	Unid	18000
	9		682580		9		5600
Largueros de madera		Juego	4580	Largueros de hormigón con huecos		Juego	3807
Largueros de acero		Juego	3906.2	Largueros de hormigón sin huecos		Juego	3500

Tabla 15.1.3.d Otros precios.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

15.1.4. Tarifa horaria del uso de equipos.

N ^{ro}	Tipo de equipo	Capacida d	Tarifa horari a	N ^{ro}	Tipo de equipo	Capacida d	Tarifa horaria
1	2	3	4	1	2	3	4
1	Locomotora	2000 HP	78	10	Plancha	63 T	1.5225
2	Locomotora	1600 HP	62.4	11	Plancha	60 T	1.45
3	Locomotora	1000 HP	39	12	Plancha	50 T	1.2083 3
4	Locomotora	900 HP	35.1	13	Góndola	60 T	1.16
5	Locomotora	800 HP	31.2	14	Hopper	32 m ³	1.16
6	Grúa	25 T	20.7	15	B.K	30 m ³	1.0875
7	Grúa	16 T	13.24 8	16	Regulador BEB	---	13.38
8	Motor de vía	---	4.5	17	Alin, niv, calz EJAG	---	34.5
9	Caboose	---	17.28	18	Alin, niv, calz STA	---	38

Tabla 15.1.4.a Tarifa horaria del uso de equipos.

➤ **Tarifa horaria de la fuerza de trabajo.**

Jefe de sección ----- 1.70

Jefe de brigada ----- 1.58

Operario Reparador ---- 1.50

Operador de grúa ----- 1.60

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

15.2. Procedimiento para el cálculo del precio de la construcción por renglón variante (PRECONS).

Elementos componentes y formulación			Formulación en función de los costos directos de mano de obra, materiales y uso de equipos
N ^{ro}	Denominación	Equivalencia	
1	2	3	4
C1	Costo directo de materiales	---	C1
C2	Costo directo de mano de obra		C2
C3	Costo directo de uso de equipos		C3
C4	Medios auxiliares y pequeño material de vía	$3\%(C1+C2+C3)$	$0.03(C1+C2+C3)$
C5	Costo directo total	$C1+C2+C3+C4$	$1.03(C1+C2+C3)$
C6	Costos indirectos	29% de C5	$0.2987(C1+C2+C3)$
C7	Costo total	$C5+C6$	$1.3287(C1+C2+C3)$
C8	Utilidad	20% sobre costo de elaboración	$0.26574(C2+C3)$
C9	Precio	$C7+C8$	$1.3287C1+1.59444(C2+C3)$

Tabla 15.2.a. PRECONS.

Tema IX. Seguridad protección al trabajador. Sistema de Señales.

Contenido

16. Normas de Seguridad del Trabajo.

16.1. Procedimiento para la protección del Trabajador de Vía.

En los tramos de vías y en las estaciones con el fin de proteger a los trabajadores que se encuentran realizando tareas de mantenimiento, reparación o reconstrucción de la vía férrea se establecen una serie de normas que deben ser cumplidas rigurosamente.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

En los tramos de vías sencillas, donde la velocidad es menor de 100 kph se coloca un estandarte de color amarillo en el lado derecho, en el sentido de dirección a 700m antes del obstáculo o frente de trabajo. Al finalizar el tramo afectado se coloca una bandera o estandarte verde que indique que la afectación terminó. Ver figura 16.1.a. En ese mismo tramo de vía sencilla pero si la velocidad es igual o menor de 100 kph y menor de 140 kph se colocan en el mismo orden un estandarte en el lado derecho en orden ascendente a 1400m. Ver figura 16.1.a.

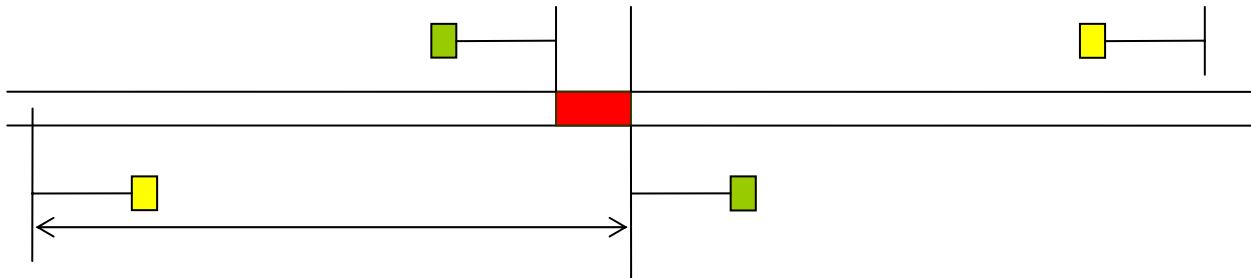


FIG 16.1.a. Protección de un tramo de vía sencilla.

En muchos ferrocarriles, estas distancias se tabulan en dependencia de las pendientes, el tipo de tren y las velocidades establecidas. Veamos la tabla 16.1.a.

Pendiente	Velocidad máxima (km/h)		Distancia de frenado (m)	
	Carga	Viajeros	Desde el punto donde se debe colocar la señal	Desde la señal hasta el punto afectado
< 6 ‰	< 80	< 100	800	1000
	---	100 –140	1000	1200
	80 – 90	---	1100	1300
	90 – 100	140 –160	1400	1600
6 – 10 ‰	< 80	< 100	1000	1200
	---	100 –140	1100	1300
	80 – 90	---	1300	1500
	---	140 –160	1500	1700
> 10 ‰	Lo determina la máxima dirección de Ferrocarriles			

Tabla 16.1.a. Distancia de frenado.

La explicación de esta tabla es la siguiente:

El tren debe tener el suficiente poder de freno, como para detenerse en la distancia que media entre el punto donde se coloca la señal y 200 m antes del obstáculo, lugar de trabajo o alguna instalación ferroviaria como pasos a nivel, puentes, entradas a túneles, patios, apartaderos, apeaderos,...

En tramos de doble vía las señales se colocan en ambas bandas, a la misma distancia y en las mismas condiciones así como en la vía contigua a la que se está trabajando. (Ver Fig. 16.1.b)

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

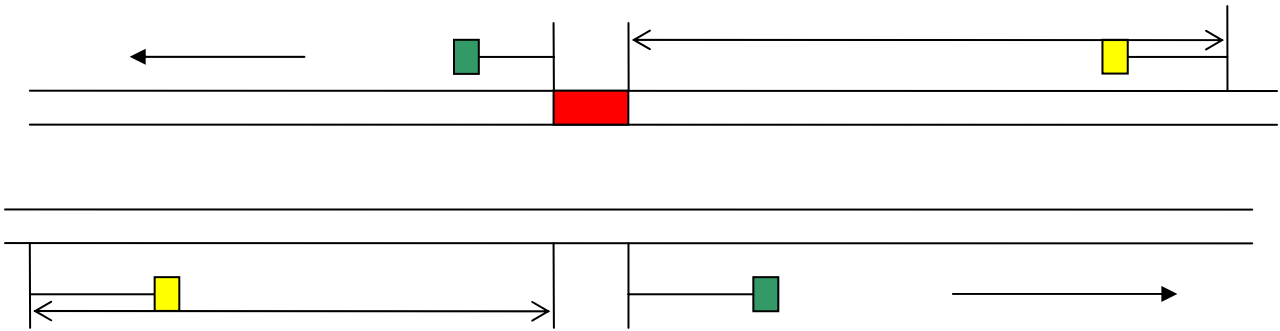


Fig.16.1.b. Colocación de la señal de protección en caso de doble vía

En caso de vía paralela (vías que se encuentran una contigua a la otra pero que la circulación de los trenes es en ambos sentidos en cada una de las vías) se colocan las señales dobles o se colocan en el entre vía, protegiendo así a ambas carrileras

(Vea Fig. 16.1.c). Esto se hace si el entre vías es entre 4.5 y 5.3m, si es mayor no se hace.

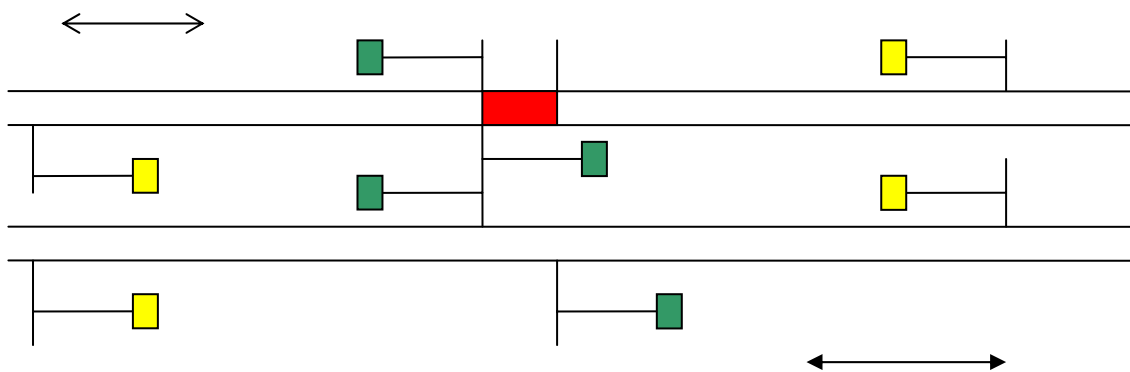


FIG 16.1.c. Colocación de las señales de protección en caso de vías paralelas.

Cuando el trabajo se realiza en un patio, la carrilera en la que se va a trabajar se clausura, clavando la aguja si el cambio de vías es mecánico o desconectándolo si se trata de cambio de vía eléctrica. Se colocan dos estandartes amarillos a ambos lados del defecto o del frente de trabajo, frente al poste de capacidad.

En todos los casos, antes de comenzar el trabajo, el jefe de la brigada procederá a establecer una precaución por el tramo dado indicando con precisión el lugar exacto de trabajo.

Si el trabajo se realiza con paso por la vía en que se trabaja o por las vías contiguas, los trabajadores en el momento en que el tren se aproxime al lugar deben alejarse hacia la berma a una distancia no menor de 5.0 m

En los cambios de carril largo soldado, cuando se realiza el riego del carril, estos se colocaran en el eje de la vía, anclándolos en sus extremos.

16.2. Ubicación de los Materiales para que no Entorpezcan el Trabajo de Vía ni la circulación de Trenes.

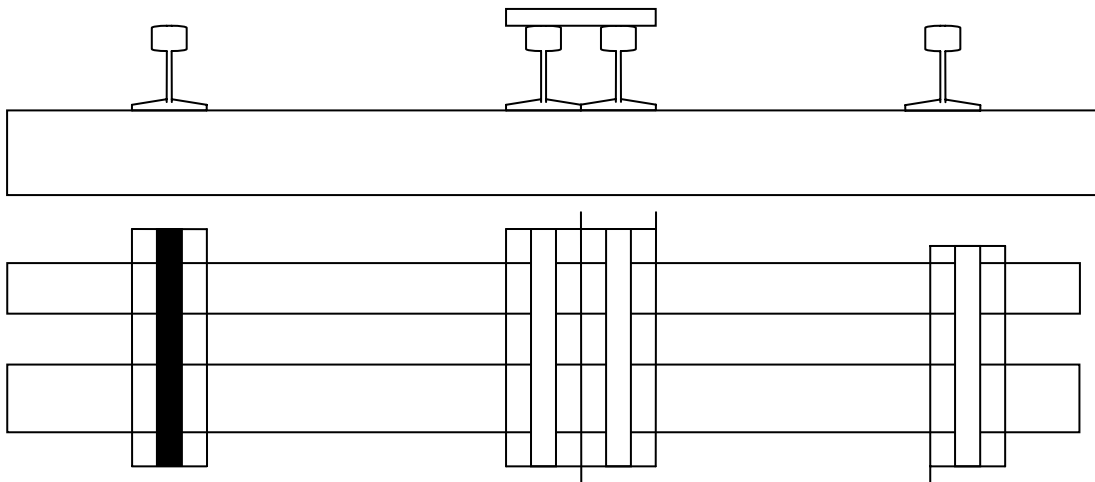


Fig. 16.2. a. Ubicación del carril largo soldado para ser cambiado. Los materiales de vías tanto para ser utilizados de inmediato, como los de reserva deben ser ubicados teniendo en cuenta el gálibo de equipos autorizados en el ferrocarril, para evitar rozaduras o golpes con los equipos. Ver gálibo Fig. 16.2. b.

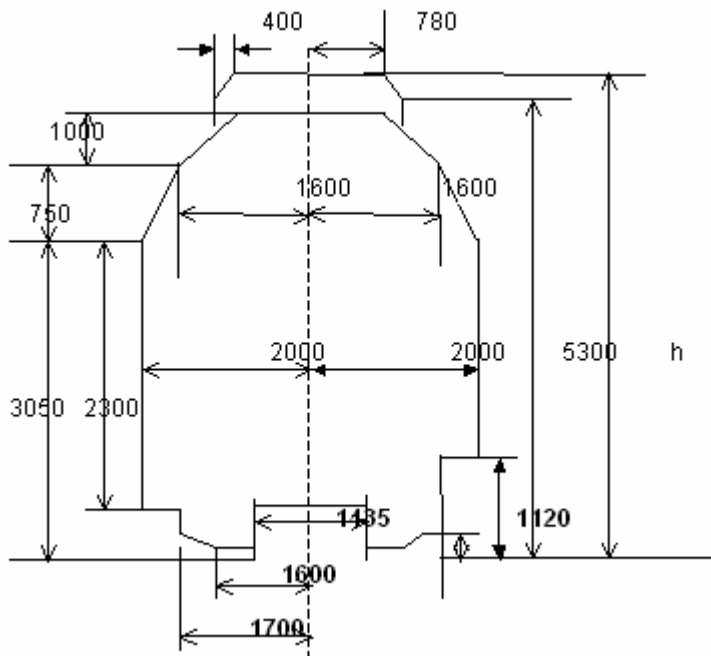


Fig. 16.2. b. Gálibo ferroviario, dentro de esos límites, no puede ubicarse material alguno excepto el carril largo soldado.

CAPITULO I: Diseño Estructural Construcción y Conservación de Vías Férreas.

16.4. Tablas de Velocidades Autorizadas para la circulación de Trenes en Vías con Defectos o Reparadas.

Descripción	Velocidad en km/h
- Vía con conexión esqueletizada o con falda de balasto	30
- Primer levante con transición o cambio de rasante de menos de 100 m	20
- Primer levante con transición o cambio de rasante de más de 100m	30
- Segundo levante sin alineación ni tapado	50
- Circular por el tiro curvo de las conexiones usadas como principales	40
- Curvas cerradas (de 140-200m de radio)	30
- Baches o desniveles en longitud menor que el largo de un carril	20
- Flojedad o reblandecimiento de la explanación	20
- Accidente o defecto grave	15

Capítulo #2. Manual de usuario de la aplicación “Sistema para el cálculo de la marcha del tren en la vía”

2.1 Introducción

Este capítulo está dedicado a describir el manual de usuario del sistema, que sirve de guía para proceder en la interfaz visual y realizar las acciones deseadas.

El sistema procura realizar cálculos de resistencias y fuerza de frenado de un tren en marcha sobre un tramo de vía.

2.2 Requerimientos del sistema

Para su ejecución, el sistema necesita los siguientes requerimientos mínimos:

- 32 MB de memoria RAM
- 5 MB de espacio en disco duro para alojar al sistema
- Sistema operativo Windows 95 o superior

2.3 Acceso al ambiente de trabajo del sistema

Para comenzar a trabajar con la aplicación se debe tener en orden todos los requerimientos necesarios de la herramienta. Garantizado esto, el sistema está listo para usar y al ejecutarlo se mostrará la pantalla de la figura 2.4.1.

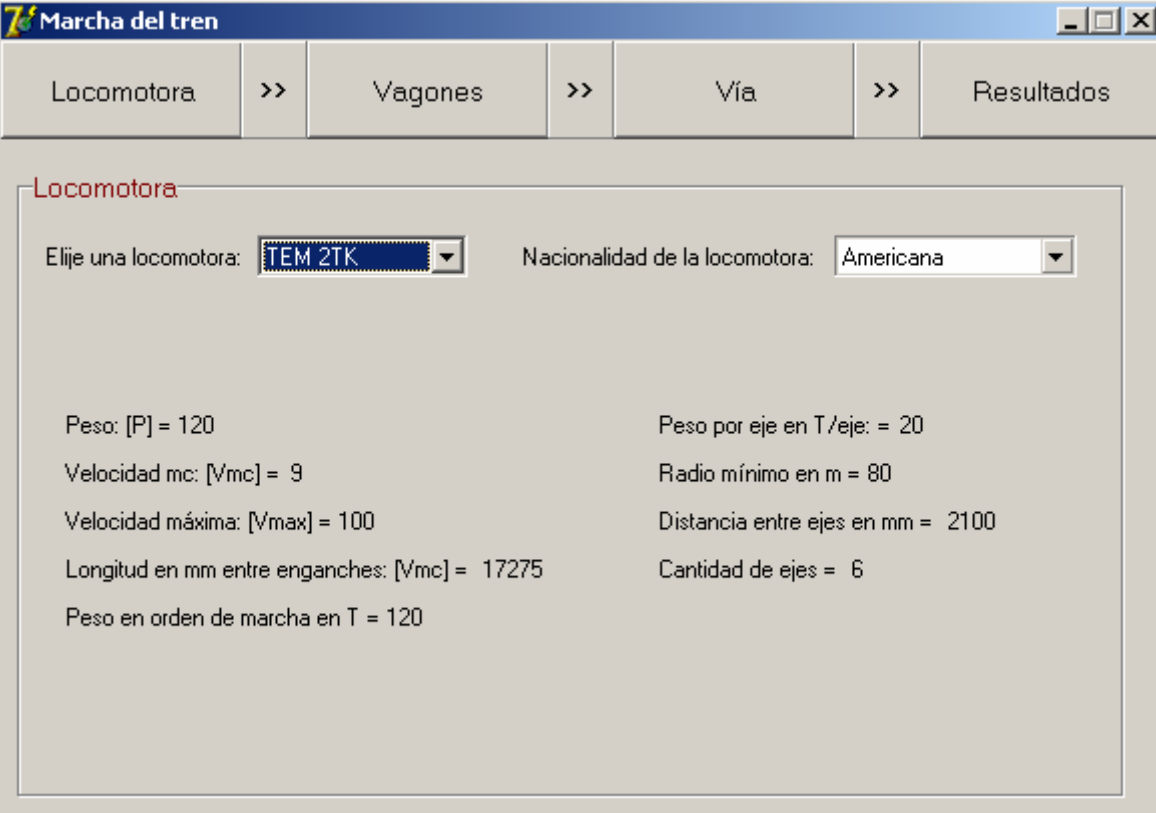
La figura 2.4.1 muestra la pantalla para la selección de los datos de la locomotora del tren. En la parte superior de la ventana se muestran 4 botones con nombres *Locomotora*, *Vagones*, *Vía* y *Resultados* respectivamente; los cuales muestran una interfaz para la introducción de los datos necesarios para los cálculos que se realizarán en el ambiente que mostrará el botón *Resultados*.

A continuación se hará una explicación detallada de las interfaces de cada botón

2.4 Selección de la locomotora (botón *Locomotora*)

En esta primera pantalla se selecciona la locomotora del tren en marcha.

Capítulo #2. Manual de usuario de la aplicación “Sistema para el cálculo de la marcha del tren en la vía”

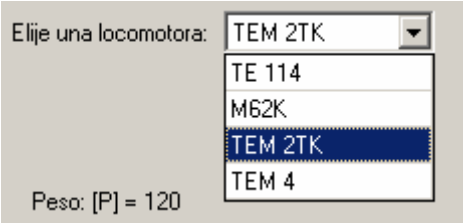


The screenshot shows a software window titled "Marcha del tren". At the top, there is a navigation bar with four buttons: "Locomotora", "Vagones", "Vía", and "Resultados", each followed by a right-pointing arrow. The "Locomotora" button is currently selected. Below the navigation bar, the "Locomotora" section is active. It contains two dropdown menus: "Elige una locomotora:" with "TEM 2TK" selected, and "Nacionalidad de la locomotora:" with "Americana" selected. Below these are several text labels: "Peso: [P] = 120", "Velocidad mc: [Vmc] = 9", "Velocidad máxima: [Vmax] = 100", "Longitud en mm entre enganches: [Vmc] = 17275", "Peso en orden de marcha en T = 120", "Peso por eje en T/eje: = 20", "Radio mínimo en m = 80", "Distancia entre ejes en mm = 2100", and "Cantidad de ejes = 6".

Figura 2.4.1 Pantalla para la selección de los datos de la locomotora del tren.

En esta primera ventana se seleccionarán los datos de la locomotora como se comentó anteriormente. Se muestran 2 cajas de textos desplegables permitiendo elegir la locomotora del tren que se está analizando. La caja de textos desplegables:

- “*Elige una locomotora*” permite elegir una locomotora mostrando además, datos asociados a la misma mostrándolos en los textos que se encuentran debajo de las cajas de textos desplegable en la ventana de la figura 2.4.1. La figura que se muestra a continuación muestra las posibles locomotoras a elegir en esta primera caja de texto desplegable.



This image shows a close-up of the "Elige una locomotora:" dropdown menu. The menu is open, displaying a list of locomotive models: "TE 114", "M62K", "TEM 2TK" (which is highlighted with a blue background), and "TEM 4". Below the dropdown, the text "Peso: [P] = 120" is visible.

Capítulo #2. Manual de usuario de la aplicación “Sistema para el cálculo de la marcha del tren en la vía”

Figura 2.4.2 Opciones de La caja de textos desplegable “*Elige una locomotora*”.

- “*Nacionalidad de la locomotora*” permite elegir si la locomotora es *Americana* o *Soviética*. (Ver figura 2.4.3)

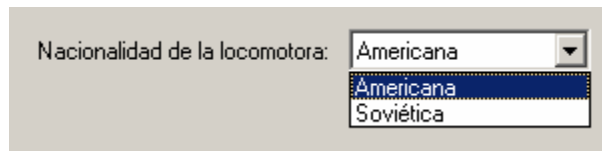


Figura 2.4.3 Elección de la nacionalidad de la locomotora.

En los textos que se muestran en la figura 2.4.4 de la ventana de la figura 2.4.1 se coloca los datos asociados a la locomotora seleccionada.

Peso: [P] = 120	Peso por eje en T/eje: = 20
Velocidad mc: [Vmc] = 9	Radio mínimo en m = 80
Velocidad máxima: [Vmax] = 100	Distancia entre ejes en mm = 2100
Longitud en mm entre enganches: [Vmc] = 17275	Cantidad de ejes = 6
Peso en orden de marcha en T = 120	

Figura 2.4.4 Textos para el mostrado de los datos asociados a la locomotora seleccionada.

2.5 Selección de los vagones del tren (botón *Vagones*)

Para realizar esta selección se crea una interfaz que permite introducir un conjunto de vagones del mismo tipo para no tener que insertar vagón por vagón en el sistema. La figura 2.5.1 muestra esta interfaz.

Capítulo #2. Manual de usuario de la aplicación “Sistema para el cálculo de la marcha del tren en la vía”

Marcha del tren

Locomotora >> Vagones >> Vía >> Resultados

Vagones

Tipo de vagón: Vagones con cojinetes (4 ejes) de fricción

Nacionalidad de los vagones: Americano

Cantidad de vagones: 0

Peso de un vagón: 0

Agregar conjunto de vagones

Tipo de vagón	Nacionalidad del vagón	Cantidad de vagones	Peso de un vagón
<No data to display>			

Figura 2.5.1 Pantalla para la selección de los datos de los vagones del tren.

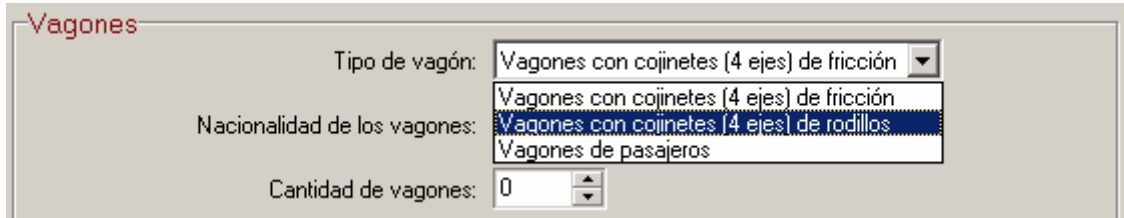
La figura muestra 2 cajas de texto desplegable *Tipo de vagón* y *Nacionalidad de los vagones*, una caja de texto para introducir la cantidad de vagones del tipo elegido en las dos cajas de texto desplegable antes mencionadas, otra caja de texto para introducir el peso de un vagón del tipo de elegido y un botón llamado “*Agregar conjunto de vagones*”. En la grilla que se encuentra al final del botón se mostrarán los conjuntos de vagones agregados con sus datos *Tipo de vagón*, *Nacionalidad del vagón*, *Cantidad de vagones* y *Peso de un vagón*.

La caja de textos desplegabes *Tipo de vagón* brinda los siguientes valores

- Vagones con cojinetes (4 ejes) de fricción
- Vagones con cojinetes (4 ejes) de rodillos
- Vagones de pasajeros

Capítulo #2. Manual de usuario de la aplicación “Sistema para el cálculo de la marcha del tren en la vía”

Ver figura 2.5.2



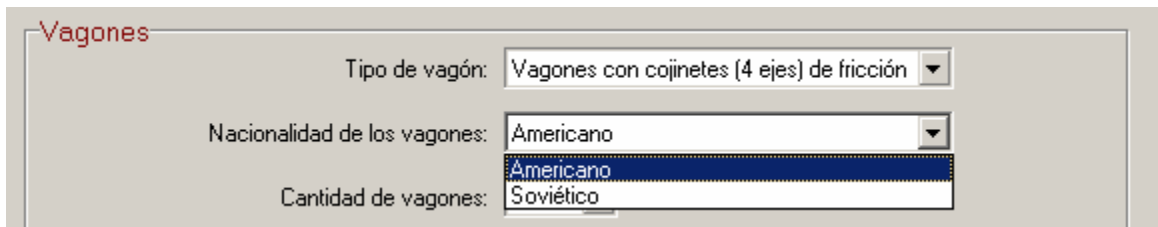
The screenshot shows a form titled "Vagones" with three fields: "Tipo de vagón:", "Nacionalidad de los vagones:", and "Cantidad de vagones:". The "Tipo de vagón:" field is a dropdown menu with "Vagones con cojinetes (4 ejes) de fricción" selected. The "Nacionalidad de los vagones:" field is a dropdown menu with a list of options: "Vagones con cojinetes (4 ejes) de fricción", "Vagones con cojinetes (4 ejes) de rodillos", and "Vagones de pasajeros". The "Cantidad de vagones:" field is a numeric input box with "0" entered.

Figura 2.5.2 Selección del *Tipo de vagón*.

La caja de textos desplegable *Nacionalidad de los vagones* brinda los siguientes valores

- Americano
- Soviético

Ver figura 2.5.3



The screenshot shows the same "Vagones" form. The "Tipo de vagón:" field remains "Vagones con cojinetes (4 ejes) de fricción". The "Nacionalidad de los vagones:" field is now a dropdown menu with "Americano" selected. The "Cantidad de vagones:" field is a dropdown menu with "Americano" and "Soviético" listed as options.

Figura 2.5.3 Selección de la *Nacionalidad de los vagones*.

Al hacer clic en el botón “*Agregar conjunto de vagones*” se inserta en la grilla el conjunto de vagones según los datos seleccionados en los controles antes descritos.

2.6 Selección de los datos de la vía o tramo (botón *Vía*)

El ambiente que muestra la figura 2.6.1 posibilita la inserción de los datos de la vía o tramo como velocidad máxima que puede alcanzar el tren en el tramo, longitud, pendiente y característica de la vía o tramo. Además incluye la velocidad inicial y final con la que se desea analizar el tramo.

Capítulo #2. Manual de usuario de la aplicación “Sistema para el cálculo de la marcha del tren en la vía”

The screenshot shows a software window titled "Marcha del tren" with a navigation bar containing "Locomotora", "Vagones", "Vía", and "Resultados". The "Vía" section is active and contains the following input fields:

- Longitud del tramo analizado: 0 Km
- Velocidad máxima del tramo: 0 Km/h
- Pendiente del tramo o vía: 0
- Característica del tramo o vía: Recta
- Velocidad en la entrada del tramo: 0
- Velocidad en la salida del tramo: 0

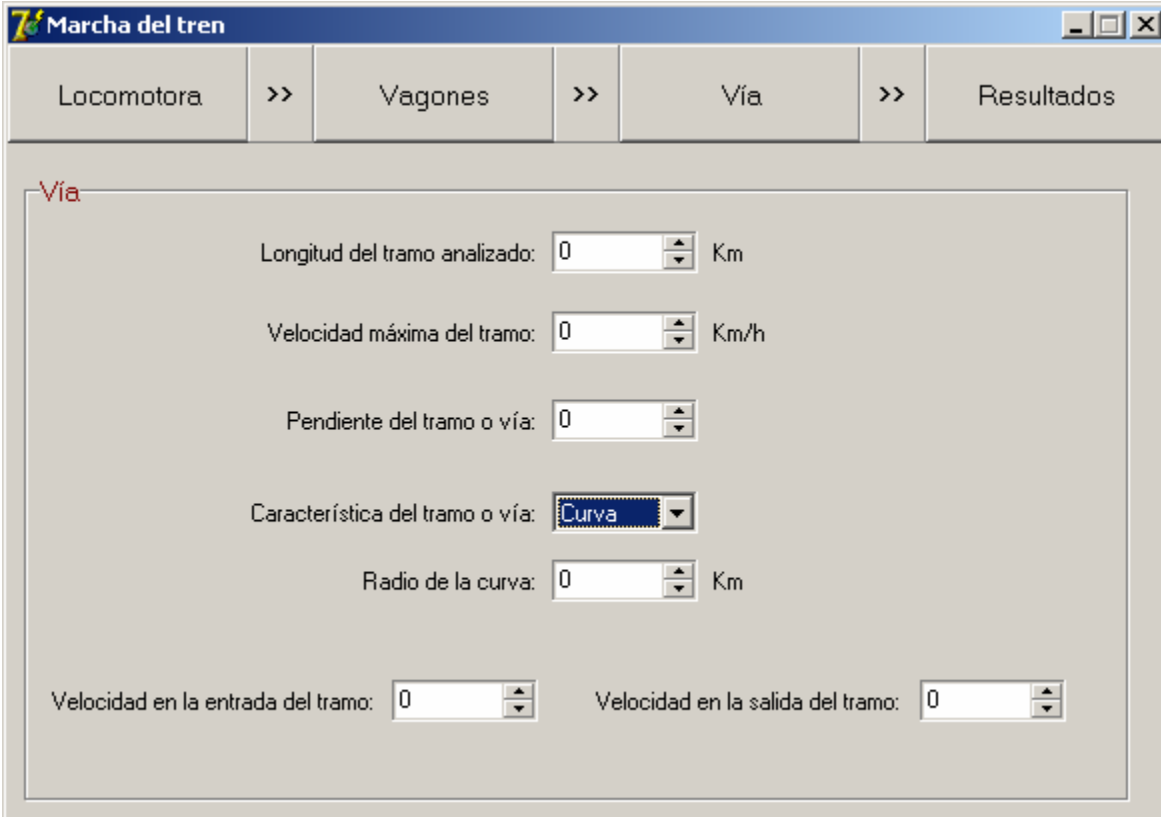
Figura 2.6.1 Ambiente para la inserción de los datos de la vía o tramo.

La caja de textos desplegables llamada *Característica del tramo o vía* brinda los siguientes valores:

- o Recta
- o Curva

Al seleccionar la opción *Curva* aparece una caja de texto pidiendo el radio de la curva. Ver figura 2.6.2.

Capítulo #2. Manual de usuario de la aplicación “Sistema para el cálculo de la marcha del tren en la vía”



The screenshot shows a software window titled "Marcha del tren". At the top, there is a navigation bar with four buttons: "Locomotora", "Vagones", "Vía", and "Resultados", separated by double right-pointing arrows. The "Vía" button is currently selected. Below the navigation bar, the main area is titled "Vía" in red text. It contains several input fields, each with a numeric value and a unit, and a dropdown menu. The fields are: "Longitud del tramo analizado: 0 Km", "Velocidad máxima del tramo: 0 Km/h", "Pendiente del tramo o vía: 0", "Característica del tramo o vía: Curva" (with a dropdown arrow), "Radio de la curva: 0 Km", "Velocidad en la entrada del tramo: 0", and "Velocidad en la salida del tramo: 0".

Figura 2.6.2 Interfaz para introducir los datos de la vía después de elegir la opción *Curva* en la caja de textos desplegable *Característica del tramo o vía*. Aparece la caja de texto *Radio de la curva*

2.7 Interfaz para mostrar los resultados que devuelven los cálculos (botón Resultados)

A continuación se mostrarán las interfaces donde se visualizarán los resultados obtenidos según los datos de *Locomotora*, *Vagones* y *Vía* seleccionados en los controles que muestran los ambientes o interfaces anteriores. Ver figura 2.7.1 y 2.7.3

Capítulo #2. Manual de usuario de la aplicación “Sistema para el cálculo de la marcha del tren en la vía”

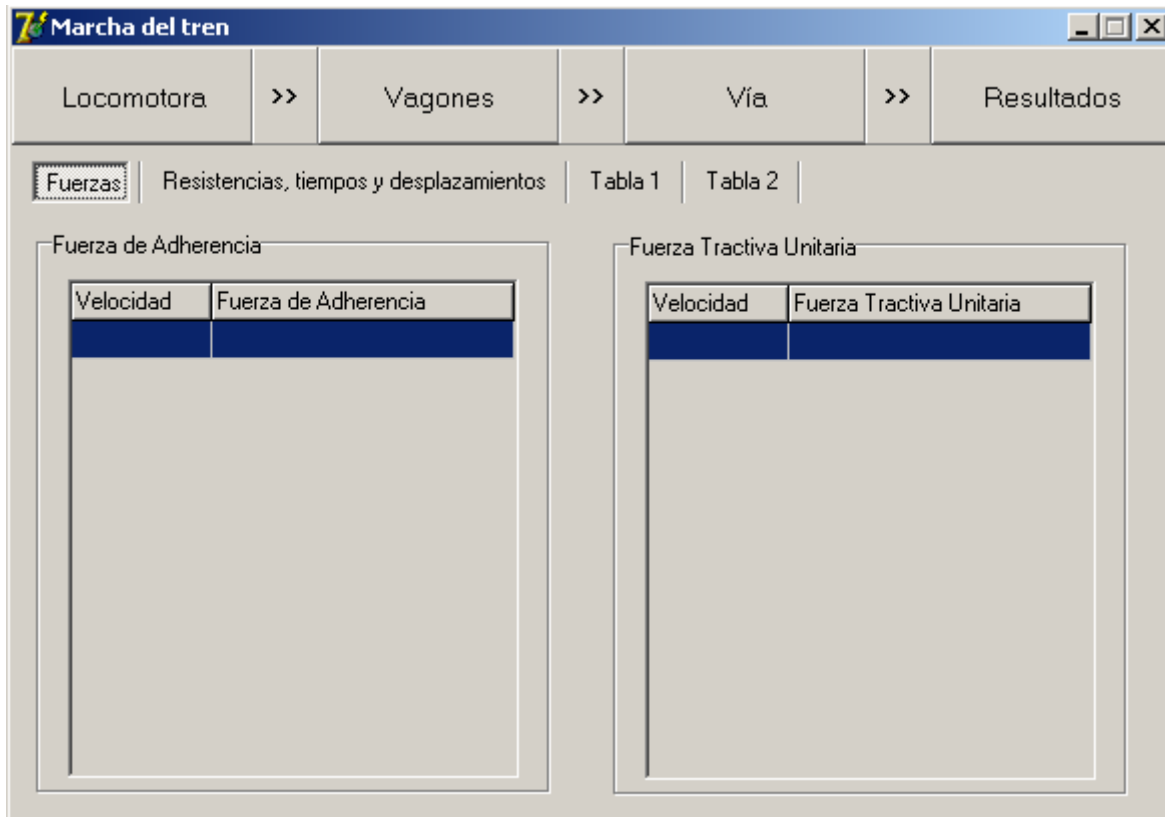
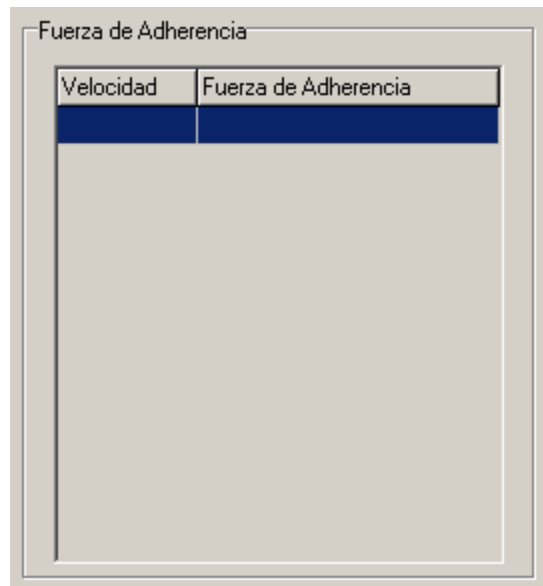


Figura 2.7.1 Pantalla para mostrar los resultados de *Fuerza de adherencia* y *Fuerza tractiva unitaria*

En la ventana de la figura se muestran dos controles enmarcados en una caja de agrupación de controles. La figura 2.7.2 muestra uno de estos dos controles.

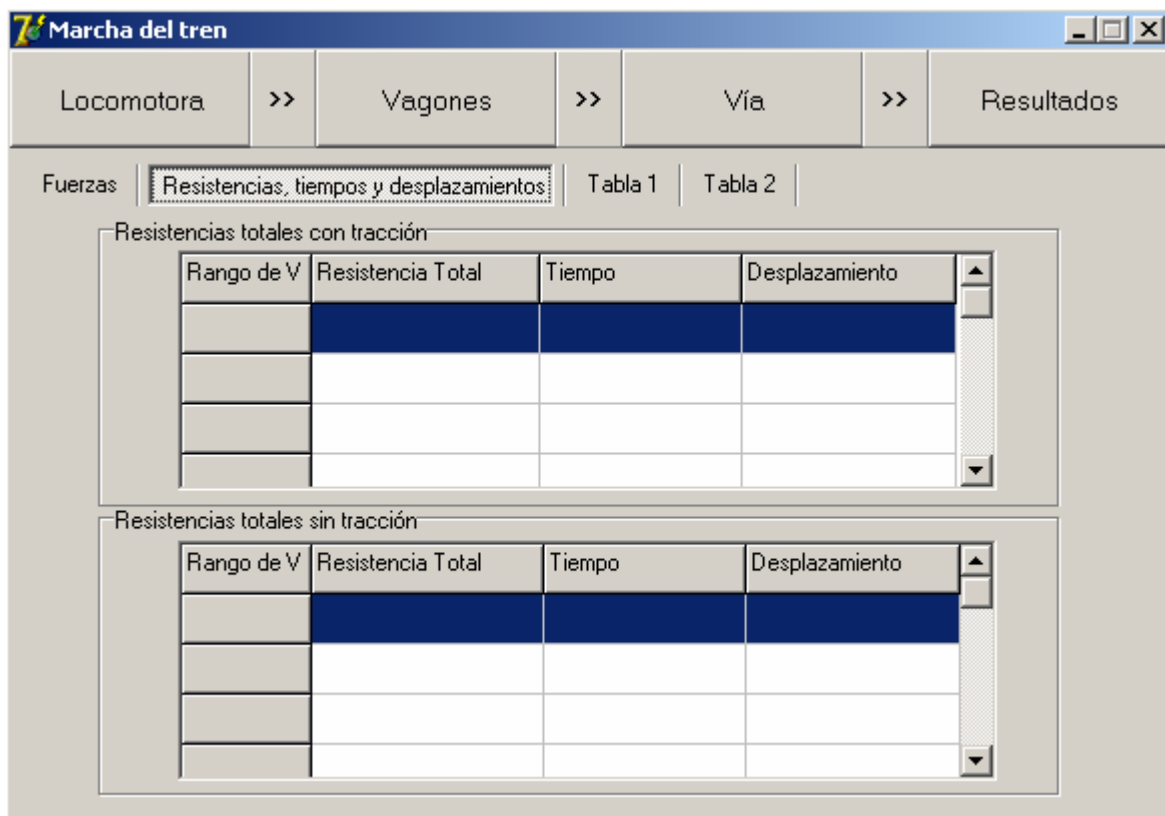
En dicho control se mostrará un listado de velocidades con su fuerza de adherencia correspondiente.

Capítulo #2. Manual de usuario de la aplicación “Sistema para el cálculo de la marcha del tren en la vía”



Velocidad	Fuerza de Adherencia

Figura 2.7.2 Control donde se muestra el resultado de la fuerza de adherencia por velocidades



Marcha del tren

Locomotora >> Vagones >> Vía >> Resultados

Fuerzas: Resistencias, tiempos y desplazamientos | Tabla 1 | Tabla 2

Resistencias totales con tracción

Rango de V	Resistencia Total	Tiempo	Desplazamiento

Resistencias totales sin tracción

Rango de V	Resistencia Total	Tiempo	Desplazamiento

Capítulo #2. Manual de usuario de la aplicación “Sistema para el cálculo de la marcha del tren en la vía”

Figura 2.7.3 Pantalla para mostrar los resultados de tiempo, desplazamiento y resistencias en el tramo por rango de velocidades

2.8 Conclusiones

Este capítulo muestra como es el uso del **Sistema para el cálculo de la marcha del tren en la vía** de una forma práctica mostrando imágenes para lograr con esto una mejor comprensión y visión del uso del sistema. Esta información formará parte del manual de usuarios del sistema para todos aquellos usuarios que hagan uso de la aplicación.

Al finalizar las investigaciones que se derivaron de este trabajo hemos arribado a las siguientes conclusiones:

1. El folleto de la disciplina vías férreas garantiza el acceso al contenido de forma directa y actualizado con respecto a las orientaciones e instrucciones técnicas vigentes emanadas del organismo rector de la actividad de vía férrea en Cuba.
2. La base de datos gráficos en soporte digital presenta todo el equipamiento ferroviario con que cuenta nuestro país y las tecnologías de punta utilizadas en el mundo en la actividad ferroviaria en sentido general.
3. El banco de ejercicios propuesto en este proyecto facilita el trabajo independiente y el desarrollo de habilidades prácticas de los estudiantes en la asignatura de Diseño Geométrico y Estructural de Vías férreas.
4. El montaje en plataforma SEPAD de los aspectos básicos de la documentación y contenido de la asignatura constituye una vía adicional y eficaz del estudio independiente de los estudiantes.

Recomendaciones:

Dado que el perfeccionamiento del contenido de la disciplina Vías Férreas es un proceso que responde a la dinámica del mejoramiento metodológico tanto para la preparación de los profesores como en la disponibilidad de medios que facilitan la presentación del contenido y su contante actualización realizaremos las siguientes recomendaciones:

1. Mantener actualizada la base de fotos digitalizadas a partir de las posibilidades que nos brinda Internet y mediante la introducción de nuevos equipos y tecnologías en nuestro país.
2. Montar el contenido de las conferencias en diapositivas en power point haciendo uso de la base gráfica ya existente.
3. Confeccionar un banco de ejercicios resueltos y propuestos para la asignatura de Construcción y Conservación de vías férreas.
4. Poner en la red de la facultad a disposición de los estudiantes de 4to y 5to año todos los materiales didácticos que se deriven de este proyecto.

BIBLIOGRAFIA

AMBART. H.: <Desserte ferroviaire de la yule nouvelle d'Evry>. *Informations Technique SNCF*, junio, 1974.

AMIELIN y DANOVSkiY .: La vía y el servicio de vía. Moscú, 1967.

FIEDULOV, V. F.: >Sobre la neutralización de tensiones en las barras soldadas (en ruso). *Put y Putivoye Josiasivo*, nom. I. 1973.

GARCÍA LOMAS J. M . Tratado de Explotación de Ferrocarriles. Tomo I . deis, S . A ., 1972.

HAFERKORN: <>Máquinas y procedimientos modernos para la renovación de la vía". *Revistu General de Ingeniería Ferroviaria*, nom. 14. e974

HOLZINGER. R.: >Une deuxime voie et de nouveaiix ponts sir la ligne du '[anein>'. *La vie du rail*, noviembre. 1974.

JAVANOVIC. P.: >clzquaduja piuge Beagrad-Bar>>. *Zeleznice*, Belgrado. diciembre. 1971.

KAL1NOwSKI. P.: <>Die Eisenbahn in der Volksrepublik China>>. *EP.. Eisenbahntechic che Praxis*, 1975.

KINBARA. H.. y KAMADA, S.: >>Construction of Sanyo-Shinkansen-ShinOsaka-Okayama> . *Rail International*. junio. 1972.

KLIMOV, S. I.: >'Cómo calcular la longitud de las barras soldadas en la neutralizaciOn de tensiones'> (en ruso). *Put y Putivove Josiastvo*, nOm. 6. 1971.

KLISANOV, A. KR.: <'Voles d'accès au pétrole sibérien. Projet de Chemin tie Fer Tiaumen Sourgout>. *Rail International*. mayo. 1974.

MACHIDA, T.: >450 jours jusqu'a la mise en service de la nouvelle ligne du Sanyo>. *Kotsu Gijutsu*, enero. 1971.

MATSUBARA. H.: >Travaux de pose de la voie sur la nouvelle ligne de Sanyo>. *Nippon Tetsudo Gijutsu Kyokai*>. *Srea*, octubre. 1970.

MODVAS. K.: >Nawierzchnis Centralnej Magistrali PKP Slask-Waraszawa>.

Przeglad, Kolejowy Drogowy, 1973.

PULGA. P.: <<Realizzazione del quadruplo binario di corsa sulla linea Milano>.

Mouza. *Ingegneria Ferroviaria*, noviembre. 1971.

PITA . L. A , PUENTE ,M .M y RIVER . O .F . Tratado de Ferrocarriles.

Editorial Científico – Técnica, La Habana,1977.

Trabajo colectivo de especialista del Ministerio de Educación de Cuba bajo la dirección del instituto Central de Ciencia Pedagógica, Editorial Pueblo Educación. La Habana. 1984.

Paginas consultadas en internet:

<http://www.todotrenes.com/Filatelia/VerFichaSello.asp>

<http://www.todotrenes.com/>

<http://www.todotrenes.com/Fichas/VerFichaVagon.asp>

<http://www.telcom.es/~jcastjr/ave/es-ave.htm>

http://www.sct.gob.mx/marco/leyesdelsector/ley_ferro/titulo3.html

<http://www.ferrominera.com/esp/Minero/mine04-4-03.asp>

<http://www.feckl-maschinenbau.de/espanol/construccion-de-moldes.htm>

<http://www.transporte.cu/paginasamarillas/empresas.asp?letra=U&curpage=3>

<http://www.redesc.ilce.edu.mx/redescolar/efemerides/septiembre2001/interna/euro27.htm>

Ejercicios Resueltos:**1 Cálculo del Tipo de Carril por el Método de Shajuniantz.**

Calcular el tipo de carril necesario para una vía por donde circularán trenes de pasajeros a 130km/h, locomotoras de 130 t de peso y seis ejes y carga con una densidad de carga de 15 millones de toneladas brutas anuales.

Según el peso por eje de la locomotora más pesada.

$$P = \frac{130}{6} = 21.666 T / eje$$

$$G = 2.5P = 2.5 \times 21.666 = 54.166 Kg / m$$

Según el tren de mayor velocidad.

$$G = \frac{V_{\max}}{2.2} = \frac{130}{2.2} = 59.1 Kg / m$$

Según la densidad de tráfico anual.

$$G = 31.046T^{0.203} = 31.046 \times 15^{0.203} = 31.046 \times 1.7327924 = 53.7 Kg / m$$

Según la fórmula de Shajuniantz.

$$G = \alpha \left(1 + \sqrt[4]{T}\right) \left(1 + 0.012V\right)^{\frac{2}{3}} P^{\frac{2}{3}} = 1.13 \left(1 + \sqrt[4]{15}\right) \left(1 + 0.012 \times 130\right)^{\frac{2}{3}} 130^{\frac{2}{3}} =$$

$$= 1.13 \times 2.968 \times 1.86 \times 7.614 = 47.498 Kg / m$$

Tomamos un carril que se aproxime a los 60Kg/m.

2 Cálculo de los Momentos de Inercia y Módulos de sección Para un Carril con Desgaste.

Determinar, de forma aproximada del módulo de sección de un carril y su peso por unidad de longitud.

A) Conociendo su peralte y su peso por unidad de longitud.

$$W = \frac{hG}{30.5} = \frac{15.2 \times 51.51}{30.5} = 254 cm^3$$

B) Conociendo solamente la altura del carril

$$W = \frac{5.2h - 53.3}{3} = 245.7 cm^3$$

C) Selección aproximada de G conociendo h (mm)

$$G = 156 - \frac{16000}{h} = 156 - \frac{16000}{152} = 50.7 Kg / m$$

D) Relación entre el momento de inercia y el módulo de sección (aproximado).

$$I = \frac{Wh}{2} = \frac{254 \times 15.2}{2} = 1930.4 cm^4$$

E) Calcular el módulo de sección de un carril con desgaste conociendo el módulo de sección del carril sin desgaste, el desgaste y el peso por unidad de longitud.

$$W_d = W_{sd} - \frac{\Delta h}{20} [G + 0.53(h - 2h)] = 254 - \frac{10}{20} [51.51 + 0.53(152 - 10)] = 190.615 \text{ cm}^3$$

Δh – desgaste vertical del carril en mm.

3 Cálculo de a Longitud Útil de Una Traviesa.

Calcular la longitud útil de una traviesa de madera para las características de Cuba. $S_0 = 1500$ mm.

La relación entre el tramo interior de la traviesa f y S_0 es de $y = 0.27$

$$l = 2u + S_0 \quad S_0 = 2u + f \quad f = yS_0$$

$$f = 0.27 \times 1500 = 405 \text{ mm}$$

$$u = \frac{S_0 - f}{2} = \frac{1500 - 405}{2} = 547.5 \text{ mm}$$

$$l = 2u + S_0 = 2 \times 548 + 1500 = 2596 \text{ mm}$$

4 Cálculo de los Puntos Notables de una Curva Circular.

Una curva de 700.0m de radio, con un ángulo de inflexión $\Delta = 30^\circ$, sabiendo que el PI se encuentra en el piquete 100 + 35.00.

A) Hallar la tangente de la curva:

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} = 700 \times 0.268 = 187.56 \text{ m}$$

B) Ubicamos la posición del PC

$$\text{PI} - 100 + 35.00$$

$$- \frac{1 + 87.56}{2}$$

$$\text{PC} \quad 98 + 47.44$$

C) Hallamos el valor del desarrollo de la curva.

$$D = \frac{\pi \Delta R}{180} = \frac{3.1416 \times 30 \times 700}{180} = 366.51 \text{ m}$$

D) Ubicamos al PT y al PM

PC – 98 + 47.44	98 + 47.44
+ <u>3 + 66.51</u>	+ <u>1 + 83.25</u>
PT 102 + 13.95	PM 100.+ 30.69

5 Cálculo de los Puntos Notables de una Curva con Transición.

En una curva de $R = 600.0\text{m}$ y velocidad máxima de 110Km/h , con un peralte de 150mm , se pretende construir una curva con transición conservando el mismo centro.

Se requiere:

- A) Hallar la longitud de transición.
- B) Hallar el nuevo radio de la curva circular
- C) Hallar la longitud de transición.

$$l_s = 1000h = 1000 \times 0.150 = 150 \text{ m}$$

- D) Hallar el nuevo radio de la curva circular.

$$\frac{l_s}{2} = R \sin \varphi \quad \rho = \Delta R = \frac{l_s^2}{24R_1}$$

$$R_1 = R - \rho = R - \frac{l_s^2}{24R_1} \quad \text{de donde}$$

$$R_1^2 = \frac{R}{2} \pm R \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{l_s^2}{24R^2}} = \frac{600}{2} + 600 \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{150^2}{24 \times 600^2}} = 598.43 \text{ m}$$

- E) Hallemos el retranqueo

$$\rho = \frac{l_s^2}{24R_1} = \frac{150^2}{24 \times 598.43} = 1.57 \text{ m}$$

6 Cálculo del Peralto de una Curva Circular y su Ubicación.

Calcular el peralto que hay que darle una curva de radio 1200m , por donde circulan 10 trenes de 570ton de peso y 120km/h de velocidad; 8 trenes de 800ton de peso y velocidad de 100Km/h y 6 trenes de 3040 ton de peso y 70km/h de velocidad.

Si el peralto máximo permisible es de 150mm , cual será la velocidad máxima permisible por una curva de radio igual a 400m .

- A) hallar la velocidad media para el cálculo del peralto.

$$V_{med}^2 = \frac{\sum V_i Q_i n_i}{\sum Q_i n_i} = \frac{120^2 \times 570 \times 10 + 100^2 \times 8 \times 800 + 70^2 \times 3040 \times 6}{570 \times 10 + 800 \times 8 + 3040 \times 6} = 7760.5801$$

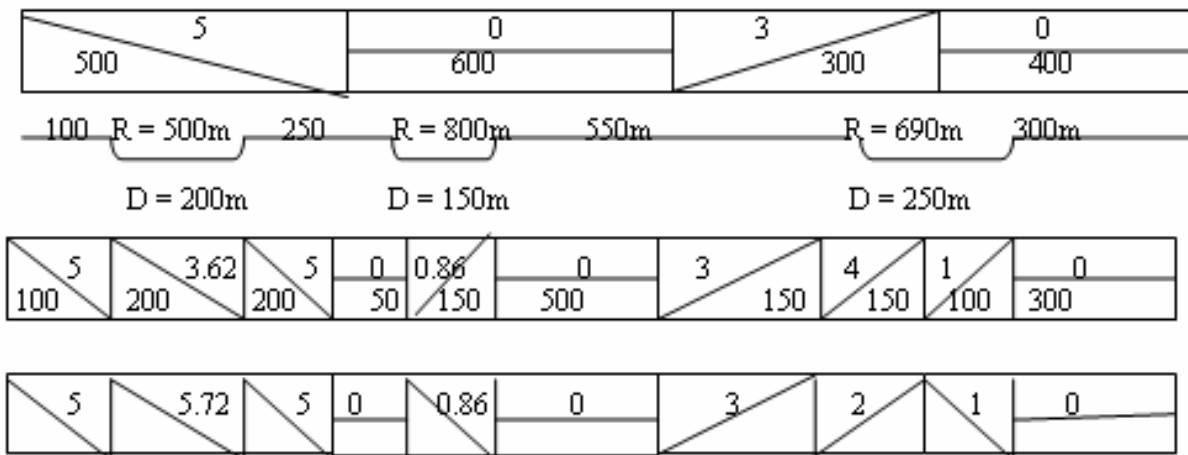
$$V = 88.09 \text{ KPH}$$

$$= 11.8 \frac{7760.5801}{1200} = 76.1 \text{ mm} \approx 76 \text{ mm}$$

$$V = 4.6\sqrt{R} = 4.6\sqrt{400} = 4.6 \times 20 = 92 \text{ kph}$$

7 Cálculo de la pendiente Equivalente.

Calcular la pendiente equivalente del siguiente tramo.



Tramo 1a. Se mantiene -5‰

Tramo 1b ascendente.

$$i_{eq} = \pm i_n + i$$

$$i_{eq} = -5 + \frac{690}{500} = -5 + 1.38 = -3.62$$

Tramo 1b descendente 5.72

Tramo 1c. Se mantiene -5‰ , en dirección ascendente y $+5$ en dirección descendente.

Tramo 2 a. y 2c. Se mantienen en 0.0 en ambas direcciones

Tramo 2b. 0.86 para ambas direcciones

Tramo 3a: $+3$ en sentido ascendente y -3 en el sentido descendente.

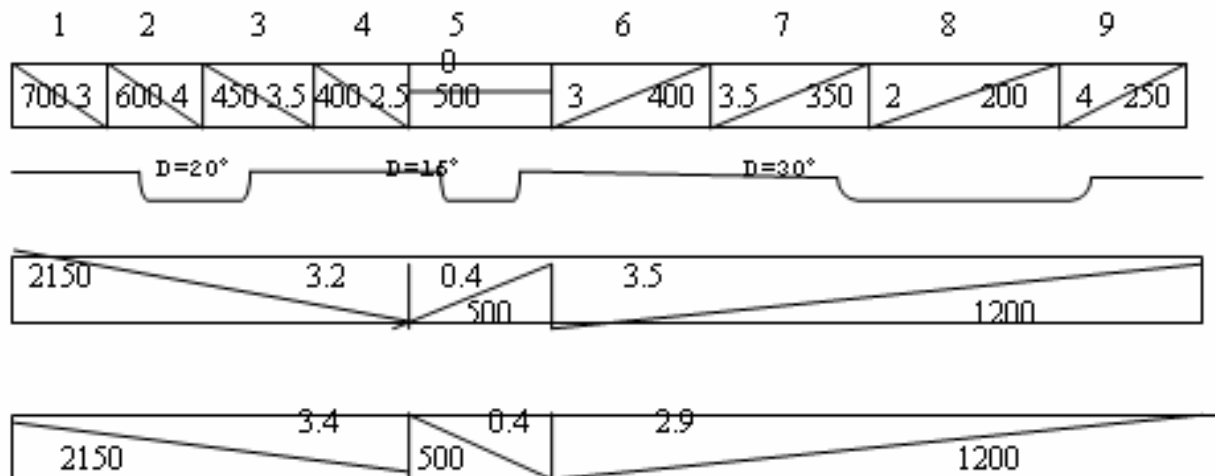
Tramo 3b: $+4$ y -4 en el sentido ascendente y descendente respectivamente.

Tramo 4a: +1 en ambos sentidos.

Tramo 4b: rasante en ambas direcciones.

8 Cálculo de la pendiente Transformada.

Calcular la pendiente transformada del siguiente tramo.



Probemos unir los primeros cuatro tramos:

$$i_T = \frac{3 \times 700 + 4 \times 600 + 3.5 \times 450 + 2.5 \times 400}{700 + 600 + 450 + 400} = 3.2906 \approx 3.3$$

$$i_1 \leq \frac{2000}{|3.3 - 3|} = \frac{2000}{0.3} \text{ ok}$$

$$i_2 \leq \frac{2000}{|4 - 3.3|} = \frac{2000}{0.7} \text{ ok}$$

$$i_3 = \frac{2000}{|4 - 3.5|} = \frac{2000}{0.5} \text{ ok}$$

$$i_4 = \frac{2000}{|3.3 - 2.5|} = \frac{2000}{0.8} \text{ ok}$$

Probemos unir los cuatro últimos tramos

$$i_T \leq \frac{3 \times 400 + 3.5 \times 350 + 2 \times 200 + 4 \times 250}{400 + 350 + 200 + 250} = 3.1875 \approx 3.2$$

$$i_6 \leq \frac{2000}{|3.2 - 3|} = OK$$

$$i_7 \leq \frac{2000}{|3.2 - 3.5|} = OK$$

$$i_8 \leq \frac{2000}{3.2 - 2} \text{ ok}$$

$$i_9 \leq \frac{2000}{|4 - 3.2|} \text{ ok}$$

Unir las pendientes por curvatura.

$$i_{TT} = \pm i_T + i_R$$

En los tramos del 1 al 4

Ascendente:

$$i_{TT} = -3.3 + \frac{12.0428 \times 16}{500} = -3.188$$

Descendente

$$i_{TT} = 3.3 + \frac{12.0428}{500} = 3.412$$

En el tramo en rasante

$$i_{TT} = 0 + \frac{12.0428 \times 20}{500} = 0.385$$

En los tramos del 6 al 9

Ascendente

$$i_{TT} = 3.2 + \frac{12.0428 \times 30}{1200} = 3.5$$

Descendente

$$i_{TT} = -3.2 + 0.3 = -2.9$$

9 Cálculo de la marcha del Tren.

Un tren tirado por una locomotora MX624 norte americana de 112 ton de peso y 6 ejes, transporta 13 vagones soviéticos de 4 ejes, con cojinetes de rodillos de 80 ton de peso y 22 vagones norteamericanos de 4 ejes cojinetes de fricción de 70 ton.

Calcular la resistencia a la marcha en régimen de tracción y con regulador cerrado (sin tracción), para velocidades de 40 y 60 KPH.

A) Cálculo de la locomotora en régimen con tracción.

$$w'_0 = 0.65 + \frac{13.1}{q_0} + 0.028V + \frac{0.0045V^2 F}{q_0 n}$$

B) Cálculo de la locomotora en régimen sin tracción

$$w'_{0x} = 2.6 + 0.0012V^2$$

C) Cálculo de los vagones soviéticos.

$$w''_{0(1)} = 0.7 + \frac{3 + 0.1V + 0.0025V^2}{q_0}$$

D) Cálculo de la resistencia de los vagones norte americanos

$$w''_{0(2)} = 0.65 + \frac{13.1}{q_0} + 0.015V + \frac{0.001FV^2}{q_0 n}$$

Composición de los vagones en el tren.

13 x 80 = 1040	0.403	para los vagones soviéticos
22 x 70 = 1540	0.597	para vagones norte americanos
2580	1.000	

Vel	w'_o	W'_{ox}	w''_{o1}	w''_{o2}	w'_o	W_o	W_{ox}
KPH							
40	2.150	4.520	1.250	2.226	1.832	1.846	1.944
60	4.270	6.920	1.600	2.812	2.324	2.417	2.515

E) Cálculo de la resistencia de los dos tipos de vagones

$$w''_o = w''_{o1}\alpha_1 + w''_{o2}\alpha_2 = 1.25 \times 0.403 + 2.226 \times 0.597 = 1.832 \quad \text{para 40 KPH}$$

$$w''_o = w''_{o1}\alpha_1 + w''_{o2}\alpha_2 = 1.6 \times 0.403 + 2.812 \times 0.597 = 2.324 \quad \text{para 60 KPH}$$

F) Cálculo de la resistencia del tren en régimen con tracción.

$$w_0 = \frac{w'_0 P + w''_0 Q}{P + Q} = \frac{2.150 \times 112 + 1.832 \times 2580}{2692} = 1.846 \quad (40 \text{ KPH})$$

$$w_{0x} = \frac{4.520 \times 112 + 2.324 \times 2580}{2692} = 1.944$$

$$w_0 = \frac{4.270 \times 112 + 2.417 \times 2580}{2692} = 2.417$$

$$w_0 = \frac{6.920 \times 112 + 2.417 \times 2580}{2692} = 2.515$$

G) Cálculo del frenado.

El tren tiene zapatas plásticas y el 90% de frenado, los datos obtenidos en este ejercicio son:

Calcular el frenado de servicio y de emergencia para velocidades de 40 y 60 KPH.

$K_p = 7$ ton por ser los vagones de 4 ejes

$$\sum K_p = n \delta m K_p = 35 \times 0.9 \times 4 \times 7 = 882 \text{ T}$$

$$b_f = 1000 \varphi_K \frac{\sum K_p}{Q}$$

$Q = 2580 \text{ T}$

$$\varphi_K = 0.36 \frac{V + 150}{8V + 150}$$

$$\varphi_K = 0.36 \frac{40 + 150}{8 \times 40 + 150} = 0.146$$

$$\varphi_K = 0.36 \frac{60 + 150}{8 \times 60 + 150} = 0.120$$

➤ Frenado de emergencia.

Para 40 KPH.

$$b_f = 1000 \times 0.146 \times \frac{882}{2580} = 49.91$$

Para 60 KPH

$$b_f = 1000 \times 0.120 \times \frac{882}{2580} = 41.02$$

➤ Frenado de servicio.

Para 40 KPH.

$b_f = 24.955$

Para 60 KPH

$$b_f = 20.51$$

Calculadas las resistencias para 40 y 60 KPH se obtuvieron las siguientes tablas:

Vel KPH	w'o	W'ox	W''o1	W''o2	w'o	W_o	W_ox
40	2.150	4.520	1.250	2.226	1.832	1.846	1.944
60	4.270	6.920	1.600	2.812	2.324	2.417	2.515

F _k Kg	f _k Kg/T	b _f	0.5b _f	ρ _o	ρ _{ox}	ρ _{ox} - b _f	ρ _{ox} - b _f
14000	5.200	49.91	24.955	3.354	-1.944	-51.54	-26.899
9700	3.603	41.02	20.510	1.279	-2.515	-43.535	-23.025

$$f_k = \frac{F_k}{P+Q}$$

$$f_k = \frac{14000}{2692} = 5.2$$

$$f_k = \frac{9700}{2692} = 3.603$$

V _i	V _f	Régimen	Pendiente	ρ _o	ρ _o - w _i	ΔS (m)	ΣΔS (m)	Δt (min)	ΣΔt (min)
40	60	Con tracción	- 2.622	2.3165	4.9385	1688.8	1688.8	2.02	2.02
60	40	Sin (43) tracción	- 2.622	-	0.3925	2700.0	2700	3.82	3.82
				2.2295					

$$\rho_{med} = \frac{\rho_{0(40)} + \mu_{0(60)}}{2} = \frac{3.354 + 1.279}{2} = 2.3165$$

$$\rho_o - w_i = 2.316 - (-2.622) = 4.9385$$

$$\Delta S = \frac{4.17(60^2 - 40^2)}{4.9385} = 1688.8 \text{ m}$$

Veamos el tiempo que tarda en recorrer los 1688.8m.

$$\Delta t = \frac{0.5(60 - 40)}{4.9385} = 2.02 \text{ min.}$$

Analicemos el recorrido en viaje sin tracción

$$\rho_{0(\text{med})} = \frac{\rho_{0(F)} + \rho_{0(I)}}{2} = \frac{-(2.515 + 1.944)}{2} = 2.2295$$

$$\Delta S = \frac{4.17(40^2 - 60^2)}{0.3925} = 21248.4 \text{ m}$$

Como se pasa de la longitud del tramo que es 2700m, debemos hallar la velocidad final sabiendo que la velocidad inicial es 40 KPH

Para ello despejamos V_f

$$V_f = \sqrt{\frac{\Delta S \rho_0}{4.17} + V_i^2} = \sqrt{\frac{2700 \times 0.3925}{4.17} + 1600} = 43.05 \text{ KPH}$$

El tiempo que utilizará para recorrer este espacio será:

$$\Delta t = \frac{0.5(40 - 43)}{0.3925} = 3.82 \text{ min}$$

10 Calculo de los Carriles Cortos.

Determinar la cantidad de carriles cortos en la curva con las características siguientes:

$\Delta = 30^\circ 00'$; $R = 600.0\text{m}$; $l_n = 12.50$; $\text{cala} = 10\text{mm}$; $l_s = 100.0\text{m}$; distancia desde el TS a la primera junta 11.51m ; $K = 40\text{mm}$; $S_0 = 1500\text{mm}$; $[FE] = \pm 20\text{mm}$.

A) Determinar el acortamiento total de la curva.

$$E = \frac{\Pi \Delta S_0}{180} = \frac{3.1416 \times 30 \times 1500}{180} = 785.398 \approx 785 \text{ mm}$$

B) Determinar el número de carriles cortos a colocar y probar si el acortamiento $K = 40 \text{ mm}$; es suficiente.

$$N_{cc} = \frac{E}{K} = \frac{785}{40} = 19.6 \approx 20 \text{ carriles cortos}$$

C) Calcular el número de carriles normales.

$$N_{cn} = \frac{2l_s + D_C}{l_n + \text{cala}} = \frac{2l_s + R \left(\frac{\Pi \Delta}{180} - \frac{l_s}{R} \right)}{l_n + \text{cala}} = \frac{2 \times 100 + 600 \left(\frac{3.1416 \times 30}{180} - \frac{100}{600} \right)}{12.51} = 33.1 \approx 34$$

D) Calculemos la ubicación de los carriles cortos. Para ello se debe confeccionar una tabla.

Veamos la expresión para la primera espiral.

$$E_{e_{SI}} = \frac{S_0 l_i^2}{2R l_s} = \frac{1500 l_i^2}{2 \times 600 \times 100} = 0.0125 l_i^2$$

$$E_{iA} = 0.0125 \times 11.51^2 = 1.6 \text{ mm}$$

Comprobación en el SC.

$$E_{SC} = \frac{S_0 l_s}{2R} = \frac{1500 \times 100}{2 \times 600} = 125 \text{ m}$$

$$E_{s_2} = 0.0125 \times 24.02^2 = 7 \text{ mm} \quad E_{s_6} = 0.0125 \times 74.06^2 = 68 \text{ mm}$$

$$E_{s_3} = 0.0125 \times 36.53^2 = 16 \text{ mm} \quad E_{s_7} = 0.0125 \times 86.57^2 = 94 \text{ mm}$$

$$E_{s_4} = 0.0125 \times 49.04^2 = 30 \text{ mm} \quad E_{s_8} = 0.0125 \times 99.08^2 = 122 \text{ mm}$$

$$E_{s_5} = 0.0125 \times 61.55^2 = 47 \text{ mm} \quad E_{s_{9a}} = 0.0125 \times 100^2 = 125 \text{ mm}$$

Veamos la expresión para la curva circular.

$$E_C = E_{SC} + \frac{S_0 l_i}{R} = 125 + \frac{1500 \times l_i}{600} = 125 + 2.5 l_i$$

Comprobación al final del CS

$$E_{CS} = E_{SC} + \frac{S_0 D_c}{R} = 125 + \frac{1500 \left(\frac{\Delta \Pi R}{180} - l_s \right)}{R} = 125 + \frac{1500 \left(\frac{3.1416 \times 30 \times 600}{180} - 100 \right)}{R} =$$

$$E_{C_{9b}} = 125 + 2.5 \times 11.59 = 154 \text{ mm} \quad E_{C_{18}} = 125 + 2.5 \times 124.18 = 435$$

$$E_{C_{10}} = 125 + 2.5 \times 24.10 = 185 \quad E_{C_{19}} = 125 + 2.5 \times 136.69 = 466$$

$$E_{C_{11}} = 125 + 2.5 \times 36.61 = 216 \quad E_{C_{20}} = 125 + 2.5 \times 149.20 = 498$$

$$E_{C_{12}} = 125 + 2.5 \times 49.12 = 248 \quad E_{C_{21}} = 125 + 2.5 \times 161.71 = 529$$

$$E_{C_{13}} = 125 + 2.5 \times 61.63 = 279 \quad E_{C_{23}} = 125 + 2.5 \times 174.22 = 560$$

$$E_{C_{14}} = 125 + 2.5 \times 74.14 = 310 \quad E_{C_{23}} = 125 + 2.5 \times 186.73 = 592$$

$$E_{C_{15}} = 125 + 2.5 \times 86.65 = 342 \quad E_{C_{24}} = 125 + 2.5 \times 199.24 = 623$$

$$E_{C_{16}} = 125 + 2.5 \times 99.16 = 372 \quad E_{C_{25}} = 125 + 2.5 \times 211.75 = 654$$

$$E_{C_{17}} = 125 + 2.5 \times 111.67 = 404 \quad E_{C_{26a}} = 125 + 2.5 \times 214.16 = 660$$

Segunda espiral o transición..

$$E_{2S} = E_{1S} + E_{CC} - \frac{S_0(l_s - l_i)^2}{2Rl_s} = 785 - 0.0125(l_s - l_i)^2$$

$$E_{S26b} = 785 - 0.0125(100 - 10.10)^2 = 683 \quad E_{27} = 785 - 0.0125(100 - 22.61)^2 = 710$$

$$E_{28} = 785 - 0.0125(100 - 35.12)^2 = 732 \quad E_{29} = 785 - 0.0125(100 - 47.63)^2 = 751$$

$$E_{30} = 785 - 0.0125(100 - 60.14)^2 = 765 \quad E_{31} = 785 - 0.0125(100 - 72.65)^2 = 776$$

$$E_{32} = 785 - 0.0125(100 - 85.16)^2 = 782 \quad E_{33} = 785 - 0.0125(100 - 97.67)^2 = 785$$

$$E_{34a} = 785 - 0.0125(100 - 100)^2 = 785$$

Tabla de cálculo de los carriles cortos

No. carril	Ubicación	Longitud Carril m	Σ Longitud Carril	Corte necesario	Acortamiento posible Carril	Σ	Valor de falsa escuadra FE	Ubicación
1a	Recta	1.00	1.00	-	-	-	-	-
1b	1ra Esp.	11.51	11.51	1	-	-	-1	-
2		12.51	24.02	7	-	-	-7	-
3		12.51	36.53	16	-	-	-16	-
4		12.51	49.04	30	40	40	10	1
5		12.51	61.55	47	-	40	-7	-
6		12.51	74.06	68	40	80	12	2
7		12.51	86.57	94	-	80	-14	-
8		12.51	99.08	122	40	120	-2	3
9a	1ra Esp.	0.92	100.00	125	-	-	-	-
9b	Circular	11.59	11.59	154	40	160	-6	4
10		12.51	24.10	185	40	200	15	5
11		12.51	36.61	216	-	200	-16	-
12		12.51	49.12	248	40	240	-8	6
13		12.51	61.63	279	40	280	1	7
14		12.51	74.14	310	40	320	10	8
15		12.51	86.65	342	40	360	18	9
16		12.51	99.16	372	-	360	-12	-
17		12.51	111.67	404	40	400	4	10

18		12.51	124.18	435	40	440	5	11
19		12.51	136.69	466	40	480	14	12
20		12.51	149.20	498	-	480	-18	-
21		12.51	161.71	529	40	520	-9	13
22		12.51	174.22	560	40	560	0	14
23		12.51	186.73	592	40	600	8	15
24		12.51	199.24	623	40	640	17	16
25		12.51	211.75	654	-	640	-14	-
26a		2.41	214.16	660	-	640	-20	-
26b	2da Esp.	10.10	89.90	683	40	680	-3	17
27		12.51	77.39	710	40	720	20	18
28		12.51	64.88	732	-	720	-	-
29		12.51	52.37	751	40	760	9	19
30		12.51	40.22	765	-	760	-5	-
31		12.51	27.71	776	-	760	-16	-
32		12.51	15.20	782	40	800	18	20
33		12.51	2.69	785	-	800	15	-
34a		2.69	0.00	785	-	800	15	-
34b		9.82	9.82	-	-	-	-	-

11 Cálculo de un Presupuesto para la colocación del Carril Largo Soldado.

Desde el Km 0.575 conexión de entrada de un patio, se colocaran hilos de 150m, entre este punto y el Km 6.000.

En el Km 2.250 hay un paso a nivel señalizado de 4 carrileras de 3.25m cada una con un separador central de 3.0m y paseo a ambos lados de 2.50m lo que ase un emplazamiento de 21.00m y puede colocarse Carriles de largo normal de 12.50m a cada lado de su eje (Km 2.250) o un Carril de 25.0m.

En el Km 3.450 hay un puente de cama abierta de 20.0m de luz. En el Km 4.950 se encuentra el TS de una Curva de $R=500m$ y $\Delta=6^{\circ}00'$ hacia la izquierda con un desarrollo $D=152.36m$.

Paso a nivel Km2.250 (comienzo 2.23750 y final 2.26250)

Puente Eje 3.450 aproche 1-3.340; aproche 2-3.360.

TS=4.950 SC=5.10236.

Banda del Carril del Paso a Nivel:

$$2.237.50 - 25.0 = 2.212.50 \quad 2.250 - 12.50 = 2.237.50$$

$$2.262.50 + 25.0 = 2.287.50 \quad 2.250 + 12.50 = 2.262.50$$

Kilómetros por el Eje		Longitud de los Hilos		Observaciones
Desde	Hasta	Izquierda	Derecha	
0,575	0,6	-	-	2 Campos Normales por la Conexión
0,6	0,75	150	150	
0,75	0,9	150	150	
0,9	1,05	150	150	
1,05	1,2	150	150	
1,2	1,35	150	150	
1,35	1,5	150	150	
1,5	1,65	150	150	
1,65	1,8	150	150	
1,8	1,95	150	150	
1,95	2,1	150	150	
2,1	2,2125	112,5	112,5	Acortamiento por paso a Nivel señalizado
2,2125	2,2875	75	75	6 Campos Normales por paso a Nivel Señalizado
2,2875	2,4375	150	150	
2,4375	2,5875	150	150	
2,5875	2,7375	150	150	
2,7375	2,8875	150	150	
2,8875	3,0375	150	150	
3,0375	3,1875	150	150	
3,1875	3,3375	150	150	
3,3375	3,61	272,5	272,5	Puente de Cama Abierta
3,61	3,76	150	150	
3,76	3,91	150	150	
3,91	4,06	150	150	
4,06	4,21	150	150	

4,21	4,36	150	150	
4,36	4,51	150	150	
4,51	4,66	150	150	
4,66	4,81	150	150	
4,81	4,96	150	150	
4,96	5,11	149,87	150	Acortamiento por Curva
5,11	5,26	150	150	
5,26	5,41	150	150	
5,41	5,56	150	150	
5,56	5,71	150	150	
5,71	5,86	150	150	
5,86	6,01	150	150	Final del Carril Largo Soldado

12 Calculo de la mano de Obra Para el Ensamblaje de Campos y

Colocación de la vía Férrea(para 600m de vía de primera categoría)

No	Descripción de la Actividad	UM	Volumen	Normas		Gasto de Tiempo		Numero de Operaciones	Tiempo en Minutos
				H-min	E-min	H-min	E-min		
1	Descarga de la traviesa en la plantilla	Trav.	1104,00	1,10	0,37	1214,40	405,16	6	202,40
2	Distribución de la traviesa en la Plantilla	Trav.	1104,00	1,55		1711,20		6	285,20
3	Alineado de las Traviesas	Trav.	1104,00	0,46	1,37	104,88		2	52,44
4	Carga y Colocación de Carriles	Carr.	96,00	4,11		394,56	131,52	6	65,76
5	Colocación de Fijaciones	Trav.	1104,00	1,05		1159,20		16	72,45
6	Colocación de Traviesas a escuadra	Camp.	48,00	2,77	0,85	132,96		6	22,16
7	Colocación y Apriete de	Tornillo	4416,00	1,70		7507,20	3753,60	16	469,20

	Tornillos								
8	Subtotal de trabajos fundamentales					12625,84	4290,28		
9	Ensamblaje de Fijaciones	Trav.	1104,00	0,92		1015,68		16	63,48
10	Limpieza de Mordaza y extremo del Carril	Mord.	192,00	3,60		691,20		12	57,60
11	Marcaje en el Carril del Eje de la Traviesa	Trav.	1104,00	0,30		331,20		4	82,80
12	Total Trabajo Fundamental					14659,92	4290,28		
13	Almacenaje de Campos	Camp.	48,00	11,80	2,59	566,40	141,60	4	141,60
14	Carga de Campos a Plancha	Camp.	48,00	17,70	2,59	849,60	141,60	6	141,60
15	Total de Ensamblajes (min)					16075,92	4570,48		
16	Total de Ensamblajes (Horas)				H-H	267,93	76,17	E-H	