

CRITERIOS DE DISEÑO DE AREAS DE USO MIXTO VIAL - FERROVIARIO.

Carlos Arrizaga Urdániz

Sección Ingeniería de Transporte - Depto. de Ingeniería Civil

Universidad de Chile

Avda. Blanco Encalada 2120, 4° piso

R E S U M E N

Las plantas industriales; los centros de transferencias de pasajeros o de carga (Puertos, aeropuertos, estaciones de ferrocarril, puertos secos, terminales rodoviarios, etc.) y las intersecciones de vías de distintos medios de transporte terrestre, requieren normalmente el máximo aprovechamiento de los terrenos disponibles, por lo que es deseable que dichas vías, puedan utilizarse alternativamente por los vehículos de más de un medio (Ferrocarriles, Tranvías, Grúas, Buses, Automóviles, Camiones, etc.).

Las vías férreas lastradas y los caminos no cumplen, por lo general, con tales condiciones; existen algunos vehículos especiales capaces de circular alternativamente por unas y otros pero no permiten lograr el objetivo antes planteado de que una misma faja sea a la vez camino y vía férrea.

Esto sólo se logra recurriendo a empotrar la vía férrea en hormigón de modo tal que la parte superior de la cabeza de los rieles carrera soporte el paso de las llantas de las ruedas y una canaleta inmediata y al lado interior de dicha cabeza, permita el libre paso de las pestañas de las mismas.

El diseño de la vía férrea así "pavimentada", su construcción y el detalle de la mano de obra requerida, constituye el objetivo del presente trabajo.

Introducción

Los centros de transferencia de pasajeros y de carga, así como las plantas industriales que más adelante se procura definir, son normalmente desarrollados, desde el punto de vista de la distribución de sus instalaciones de todo orden, en recintos que aún siendo amplios en un principio, se hacen cada vez más estrechos a medida que se incrementa la prestación del servicio.

En estas circunstancias aún cuando inicialmente, en estos recintos todas las vías terrestres dedicadas a cada medio de transporte cuenten con fajas de terreno independientes, se hace más y más necesario hacerlas capaces de permitir alternativamente, su uso por otro medio de transporte distinto del primitivo.

Por otra parte, en los cruces a nivel de vías destinadas a medios de transporte diferentes (camino o calles, con vías férreas o de tranvías) se presentan problemas, como consecuencia del difícil mantenimiento que implica el paso por ellos de ruedas de distinta calidad (neumáticos, ruedas sólidas de carretas, ruedas ferroviarias, etc.) y de la perturbación que introducen los rieles ferroviarios o tranviarios.

Finalmente, la necesidad previsible por parte de los proyectistas de que los servicios de transporte a dichos centros de transferencia y plantas industriales sean utilizados de manera óptima aconsejará, en la mayor parte de los proyectos, considerar desde su inicio, la pavimentación de las vías férreas que discurren entre las instalaciones básicas consideradas en el "plan regulador" del respectivo centro o industria.

El presente trabajo procura definir los recintos antes aludidos, describe los métodos de pavimentación usados en Chile y en el exterior y presenta el sistema que se ha introducido en diversos complejos importantes, tanto industriales, como transferenciales, así como las sucesivas etapas de su desarrollo, hasta la fecha.

1. LAS PLANTAS INDUSTRIALES Y LOS CENTROS DE TRANSFERENCIA

El ámbito del uso de áreas mixtas vial-ferroviarias se produce fundamentalmente en las plantas industriales y los centros de transferencia que procuraremos definir del modo siguiente:

Plantas Industriales: (P.I.)

Se denominará como tales a los recintos estatales o privados, cerrados, que disponen de un área cercada, independiente de sus vecinos, en la cual se establecen instalaciones industriales que requieren recibir materias primas para ser transformadas allí, en productos elaborados, los cuales deben ser distribuidos a sus adquirentes.

Estos establecimientos además de contar con áreas para almacenamiento y transformación, necesitan disponer de superficies para recepción y distribución que implican vías para acceso, circulación y despacho, es decir para efectuar la función transporte.

La gran mayoría de estas Plantas sólo cuentan con servicio de transporte por carretera, por ser éste el medio que puede llegar a cualquier recinto.

Sin embargo, en países desarrollados son numerosas las Plantas que cuentan, además del transporte por carretera, con transporte ferroviario y aún con el acuático.

En Chile, dado el desarrollo notable del ferrocarril en épocas pasadas, son numerosas las plantas industriales que cuentan con desvíos o redes de líneas férreas, que les permiten contar con servicio a la puerta de transporte carretero y ferroviario.

Son estas últimas las que afrontan hoy la necesidad de considerar el uso mixto de sus vías férreas para el tránsito carretero como consecuencia, generalmente, de la necesidad de expandir sus servicios o de duplicar, por ejemplo, sus redes viales.

Sin embargo, las modernas plantas industriales, programan sus servicios de transporte con ambos medios desde su puesta en marcha, especialmente si están ubicadas en los 1463 K. de vía principal, comprendidos entre Valparaíso y Puerto Montt más los ramales a San Antonio y Talcahuano, extensión de la Red Ferroviaria Nacional en la que se cuenta con línea electrificada en más de 56% (Valparaíso - Renaico, más Ramal de San Rosendo a Talcahuano 85 kms.), y dado que el Ferrocarril se presenta como el medio de transporte más económico. Las vías férreas de estas Plantas son, generalmente, pavimentadas ya que en esa condición sirven alternativamente a los medios caminero y ferroviario, con las ventajas consiguientes, además de eliminar así los problemas de cruzamiento de una y otra vía.

Centros de Transferencia: (C.T.)

Se ha denominado así a todos los recintos en los que se realiza el transpaso de pasajeros o de carga de un medio de transporte a otro u otros, sin que en los 2os. sea necesario que se produzca transformación alguna de la carga llegada. Están representados fundamentalmente por los puertos; los aeródromos; las estaciones de ferrocarril; los mal llamados "terminales" rodoviaros, que no son necesariamente terminales de camiones o buses; los puertos secos; los centros acopiadores o recolectores de carga; etc.

Estos centros de transferencia son lugares a los que usualmente llega un medio de transporte que combina con uno o más medios diferentes a aún del mismo tipo pero de menor capacidad, para los efectos de la distribución de lo llegado a diferentes puntos del área que les rodea.

Cuando a y desde estos centros llegan y/o salen vías férreas es aún más conveniente que tales vías sean usables alternativamente también por los medios camineros, especialmente en los casos en que existen, por ejemplo, tolvas de carguío o descarga de productos; romanas para el pesaje de carros o camiones; grúas descargadoras o acopiadoras; maquinarias auxiliares para el movimiento de graneles (correas transportadoras, SKT, etc.) y particularmente cuando se necesita recurrir al uso de tractores de cualquier tipo para el movimiento de equipos ferroviario y/o carreteros de arrastre (colosos, trailers, etc.), al carecer de locomotoras y/o locotractores (Trackmobiles, Carmovers, etc.).

Características Generales de las Vías Férreas:

Tanto en estos Centros de Transferencia, como en las Plantas Industriales, la velocidad de circulación de los vehículos ferroviarios es necesariamente lenta y normalmente no supera los 10 a 15 km/hr, por cuyo motivo las condiciones de trazado son mucho menos rigurosas que en las vías ferroviarias principales y aún que en las secundarias.

Por ello es que en Chile, para este tipo de líneas se autoriza radios de curva mínimos de 100 m. en la trocha 1,00 m. (Principalmente Red Norte) y de 180 m. para la trocha 1.676 m (Principalmente Red Sur). Cabe señalar que hoy el F.C. del Norte incluye el Ramal Mapocho - Valparaíso, además de la antigua Red Norte (Calera - Iquique) y el F.C. del Sur, comprende todas las vías en servicio, entre Alameda y Puerto Montt.

La desventaja que implican las curvas de radio estrecho en lo que a desgaste de rieles se refiere, que sería negativo para las vías pavimentadas, se reduce por la antes aludida baja velocidad de circulación y por el mayor ensanche que a dichas curvas se les impone.

Por otra parte es perfectamente aceptable, que otras exigencias características en las vías principales, como el peralte y los acordamientos, en las curvas, así como la inclinación de los rieles hacia el eje de la vía en toda la extensión del trazado, sean eliminadas en el caso de las líneas desarrolladas en las Plantas Industriales y en los Centros de Transferencia,

precisamente por la baja velocidad de circulación de los trenes que por és tas circulan.

La eliminación del peralte facilita el cruce suave de vehículos camineros, grúas, tolvas móviles, etc. por sobre las vías ferroviarias lo que es importante para la adecuada coordinación de transportes en los recintos de las P.I. y de los C.T.

La eliminación de los acordamientos que hace más brusco el paso de ra dio infinito en la recta, a radio "R" en la curva circular, pero que la ba ja velocidad reduce en importancia, hace posible trazados que requieren menos espacio para su desarrollo y por ende una reducción indirecta de costos, al igual que la que implica la no inclinación de los rieles, que demandaría la colocación de sillas o de piezas especiales para su logro.

En suma las vías férreas proyectadas para estas instalaciones (C.T. y P.I.) aún consideradas como líneas normales, es decir lastradas, presentan, como se ha dicho, características menos exigentes que las de circulación, lo que es preciso tomar en cuenta.

Sin embargo, una vía lastrada presenta aspectos físicos que impiden el cruce expedito de vehículos camineros, así como la circulación de éstos a lo largo de ellas, sea para desplazarse, sea para arrastrar carros ferroviarios, salvo cuando se recurre a vehículos tales como los trackmobiles o carmovers, ya aludidos, que poseen dispositivos que les permiten entrar o salir a o desde las vías férreas o circular por ellas libremente. Sin embargo este tipo de vehículos son usados sólo como elementos tractores y tienen costos de adquisición elevados (US\$ 40.000 o más, dependiendo de su potencia).

Los impedimentos expuestos para el uso mixto de vías férreas para vehí culos ferroviarios y camineros ha llevado a la consideración de las venta jas que implica la posibilidad de hacer transitables a las primeras para todo tipo de vehículos.

El próximo capítulo, señala brevemente los sistemas usados en Chile y en otros países para hacer posible esta posibilidad, mediante la mal llamada pavimentación de las vías férreas, aún cuando en realidad, primitivamente ésta acción era realmente la que se usaba, como se expone ense guida.

2. SISTEMAS DE "PAVIMENTACION" USADOS EN CHILE Y EN EL EXTRANJERO.

En realidad en Chile se usó durante bastante tiempo "pavimentar las vías" recurriendo para ello a cubrir las vías lastradas tradicionales, cuyo perfil se incluye en (Fig. 1.a), con una capa de asfalto que permitiese, con su elasticidad, afirmar el lastre y llegar hasta la altura de los rieles por el lado exterior de la vía y lograr lo mismo en el centro de la misma, pero dejando que las pestañas de las ruedas ferroviarias circularan libremente (Fig. 1.b).

Este sistema dió resultados de alguna duración en la zona norte en la que las lluvias son esporádicas y no significativas, especialmente en los recintos portuarios de Iquique, Tocopilla, Antofagasta y Caldera, pero no así en los ubicados de Quintero al Sur, en los que las aguas producían con rapidez el deterioro de los durmientes y por consiguiente el detrimento de la seguridad de la vía. El asfalto con su ductilidad permitía un expedito moldeado y era reutilizable, al retirarlo, para reparar la vía deteriorada tanto por la pudrición de los durmientes, como por el cruce o circulación de vehículos camineros. En todo caso el lastre, de suyo difícil de obtener en muchos lugares, experimentaba deterioro y no era posible recuperarlo en su totalidad. Además, el resblandecimiento del asfalto con temperaturas relativamente altas implicaba perjuicios a la superficie de rodado caminero y evidentes dificultades a la circulación de vehículos como grúas sobre neumáticos, grúas horquillas, especialmente las dotadas con ruedas de caucho macizo, etc.

Algún progreso implicó el uso de guardarrieles, para los efectos del cruce de las vías, ya que con éstos se logró rellenar mejor el centro de la vía (Fig. 2) aunque con bastante mayor costo, por el valor de los guardarrieles, el aumento de la mano de obra y especialmente por las mayores dificultades de conservación.

Finalmente, la disposición de cualquier vía con asfalto implica el escurrimiento cierto de agua hacia el interior que, además de restar firmeza a la vía, disminuye la duración de los durmientes de madera.

El fracaso de este sistema, tanto en Chile, como en otros países, llevó a los ferroviarios a hacer uso del hormigón en distintas formas. Primeramente se ensayó, con malos resultados, el reemplazo del asfalto por el hormigón, aduciéndose que los perjuicios del escurrimiento de aguas al interior de la vía serían disminuidos al adherirse mejor aquél a la enrielladura, lo que es efectivo, pero dada la circunstancia de ser la vía férrea elástica no sólo por los durmientes, sino que incluso por el mismo lastre y siendo el concreto rígido, se producen rápidos resquebrajamientos al paso de vehículos camineros pesados que invalida la ventaja supuesta.

De aquí se derivó a nuevos sistemas consistentes en mantener una capa de lastre apoyada en una sub-base reforzada, que tampoco fue eficiente, llegándose muy pronto a la confección de un radier de concreto pobre sobre el que se apoyó el durmiente de madera, rellenándose los huecos entre durmientes con hormigón también pobre para colocar enseguida una capa de concreto de buena calidad para el rodado caminero. En algunos casos se eliminó el durmiente de madera, colocando sobre el radier de baja calidad, placas de acero afincadas a dicho radier, sobre las que se apoyó la enrielladura, de distintas maneras, para concretar después hasta la cabeza de los rieles y guardarrieles.

Sin embargo, en el caso del uso de durmientes sobre radier, éstos si bien tuvieron mayor duración y por ende la vía misma, no es posible evitar su pudrición y con ello pierden estabilidad los rieles y guardarrieles, lo que no sucede con el apoyo de éstos sobre placas, pero en este caso el logro de adecuadas alineaciones horizontales y verticales es dificultoso y la vía no presenta en general una estructura regular.

Por otra parte, el sistema en ambos casos (vía sobre durmientes o sobre placas), implica que primero se establece el radier de concreto pobre, sobre el cual, posteriormente, se agrega la capa de pavimento propiamente tal que, en rigor, no logra una adherencia eficiente, con métodos corrientes, y por lo tanto significa muy probables quiebres de la carpeta de rodado, agravado ello por la imposibilidad de disponer juntas de dilatación en las vías férreas que permitan la retracción de fragua evitando fisuras.

En otros países y especialmente en los recintos portuarios, se usan métodos muy similares a los tan someramente explicados con resultados no satisfactorios.

Como un ejemplo, se incluye el perfil transversal (Fig. 3) del sistema propiciado en el Manual preparado por el IV Comité Permanente para la Construcción y Mantenimiento, de la Asociación Americana de Autoridades Portuarias, en 1976, publicado en el texto titulado "Port Planning Design and Construction".

Dicho diseño considera, a diferencia de los nacionales, rieles garganta, llamados también rieles de tranvía que, siendo de mayor costo (30% y más) proporcionan un paso adecuado de la pestaña de las ruedas ferroviarias y una mayor suavidad para el cruce de vehículos camineros.

En Chile este tipo de riel de garganta (Girder rail) sólo se ha usado para tranvías y en las vías rectas del muelle del Puerto de San Vicente, en este último caso por el hecho de haber sido importados por la firma extranjera que realizó el diseño primitivo del trazado ferroviario del mismo, el que posteriormente fue totalmente modificado en el país, para cumplir con las disposiciones exigidas por Ferrocarriles del Estado en lo que se refiere, entre otras, al ensanche de las curvas, que lógicamente impide el uso de rieles de garganta ya que ésta mantiene siempre el mismo ancho.

Cabe aún recordar el caso de los cruces a nivel de carreteras con vías férreas para los cuales se ha recurrido a soluciones de muchos tipos que incluyen el relleno de la vía férrea con durmientes clavados a los de apoyo (Fig. 4), mediante los llamados clavos "gemales" (clavos ferroviarios alargados mediante calentamiento y golpes) o con rieles alternadamente invertidos, para presentar una superficie suave al paso de los vehículos camineros. De estos dos sistemas básicos, el segundo ha dado resultados aceptables por algún tiempo, aún cuando su costo es alto y de todas maneras está sujeto a problemas serios de mantenimiento (Figs. 4 y 5).

Dados los resultados desfavorables en cuanto a duración obtenidos por estos sistemas en Chile, desde comienzos de la década de los años cincuenta se ha experimentado con un sistema diferente que incorporó primeramente los durmientes de acero, en lugar de los de madera, usando especialmente trozos de rieles excluidos soldados a los rieles carrera en lugar de las placas y manteniendo los guardarrieles por exigencias de Ferrocarriles del Estado.

Posteriormente se introdujo sucesivas innovaciones hasta lograr el sistema que se expone en el capítulo 3 siguiente.

3. DESARROLLO DE UN NUEVO SISTEMA EN CHILE

Dadas las dificultades que presentaban los sistemas en uso en los años cincuenta, ingenieros chilenos interesados en el desarrollo creciente de las vías de uso mixto para facilitar el uso de las plataformas industriales y portuarias especialmente, introdujeron primeramente, como se ha dicho el uso de durmientes de riel de cualquier tipo y peso disponible (Excluyendo aceros pudelados) los cuales soldados a los rieles carrera, mantenían la trocha y eliminaban la cavidad que los de madera dejaban al podrirse. Con el objeto de evitar el mayor costo que el uso de este tipo de durmientes implicaba, se colocaron distanciados en 1.50 m, aún cuando los cálculos no imponían el uso de ningún refuerzo. Los guardarrieles se seguían colocando montados sobre los mismos durmientes de riel dispuestos sobre concreto pobre, pero las fisuras de la carpeta aún se producían. Por ello se ensayó a continuación la confección de un radier de 10 cms. de concreto pobre sobre el que se apoyarían los durmientes de riel, para cubrir la vía así dispuesta con hormigón para pavimentos ("D" INDITECNOR/225 k/cm²).

Esta nueva vía también presentó fisuras transversales, pese al mayor costo en hormigón, por lo que se decidió disminuir la distancia entre durmientes a 1 m, manteniendo las demás condiciones (rieles carrera y guardarrieles, más radier de 10 cm.) mejorando un tanto los resultados pero presentando aún fisuras distanciadas igual que los durmientes, por lo que se procedió a colocar éstos a 0.60 m, lo que prácticamente eliminó las referidas fisuras.

Sin embargo, esta solución implicaba, por metro lineal, para trocha 1.676 m, el uso de 2 m. de riel carrera, más 2 m. de guardarriel más 4,50 m. de rieles para durmientes (1,667 x 2,70 m.) con un total de 8.50 m. de rieles aunque no de iguales características y condiciones de uso; además de alrededor de 0.8 m³ de hormigón tipo D (0.225 x 3.0 m.), más 0.3 m³ de hormigón tipo "B" (160 k/cm²) para el radier, todo lo cual hacía prohibitivo, en la época, la instalación de este tipo de vía mixta, por su excesivo costo.

Con tal motivo se estudió una nueva solución que eliminara parte de los rieles, al desechar el uso de guardarrieles que, si bien podían ser de menor calidad que los de circulación, debían no obstante ser, por lo menos de calidad de "reemplazo". Esta eliminación, más el hecho de poder ser los durmientes de calidad denominada de "trozos menores de 5 m", y con el peso, por metro, más bajo posible permitió pensar en un aumento del espesor del hormigón, para obtener una losa capaz de resistir homogéneamente las fuerzas gravitantes y de evitar la mala adherencia de la carpeta con el radier antes mencionado.

Las sucesivas experiencias realizadas a lo largo de más de diez años, llevaron a la solución que, en definitiva se usó, primero en algunos recintos industriales, en varios cruces y en el puerto de Lirquén y finalmente en los nuevos puertos de Arica y San Vicente y en las remodelaciones de los puertos de Antofagasta y San Antonio, con resultados satisfactorios.

El Sistema: (Vías)

Las figuras 6 y 7 indican las características de este nuevo tipo de vías férreas empotradas en hormigón, en vistas transversal y longitudinal, en las que se ha consignado un ejemplo en trocha 1,00 m. (Transversal) y otro en trocha 1,676 m. (Longitudinal). Obviamente los anchos totales de las fajas pavimentadas en una y otra trochas, son diferentes, al igual que la longitud de los durmientes, valores que se comparan a continuación:

	Ancho de faja (m)	Largo del durmiente (m)
Trocha 1,000 m.	2,00	1,70
Trocha 1,676 m.	3,00	2,70

Los restantes valores básicos no varían aunque sí pueden modificarse los tipos de riel carrera y de riel durmiente.

Sin embargo, en la figura 7, que incluye el perfil longitudinal de trocha 1,676 m, cabe notar el reemplazo del durmiente de riel, por un durmiente confeccionado con un perfil "L" de acero de 65 x 65 x 8 mm., manteniendo la separación (0,60 m.), reemplazo que es necesario considerar al no disponer de rieles de desecho de bajo peso por metro.

En ambas figuras se observará que se ha dispuesto la colocación, como apoyo de la losa, de una capa de arena compactada de 50 mm. de espesor que permite, por una parte, presentar una superficie plana para preparar la vía por empotrar en el hormigón y por otra, la integración de dichos 50 mm. a la losa, mediante la lechada que escurre del hormigón hacia abajo, lo que hace que el espesor resistente sea incrementado. Al desarmar vías así construidas se ha comprobado que, efectivamente el espesor ha aumentado a 350 mm. lo que indudablemente es favorable, siempre que no disminuya la calidad del hormigón propiamente tal, cosa que no sucede, siendo en todo caso interesante la incorporación del mortero pobre resultante.

Es preciso señalar que la soldadura que se indica en la figura 6, como PH.AC3 INDURA, de \varnothing 3/16", puede ser reemplazada por otras similares o aún mejoradas, y siempre de acuerdo con la asesoría de la industria correspondiente, señalándose que debe especificarse "para rieles" y si es posible, la calidad de éstos.

El sistema considera, como se observará, la eliminación del guardarriel, moldeando el hormigón para establecer la garganta de 63 mm. de ancho en la boca y con profundidad igual a la de la cabeza del riel carrera usado (40 k/m en la fig. 5 y 50 k/m en la Fig. 7) mediante el uso de un listón de madera al que se le da la forma indicada y se sujeta firmemente para evitar su izamiento por presión del hormigón al ser éste vibrado.

En esta forma la enrielladura y los durmientes quedan inmersos íntegramente en el hormigón de modo que no cabe falla alguna de adherencia, constituyendo el conjunto una verdadera losa armada que, pese a carecer de juntas de dilatación no presenta prácticamente fisuras de retracción de fragua y que faculta el paso de todo tipo de locomotoras y con mayor razón, de todo tipo de vehículos camineros, inclusive grúas sobre neumáticos, de gran capacidad.

En la figura 6, cabe aún llamar la atención sobre el rebaje de 8 mm. que se impone al nivel del hormigón en el lado exterior de ambos rieles carrera, rebaje que se hizo necesario al comprobar que si los rieles se usaban como regla niveladora, el paso de locomotoras y carros deterioraba la lechada que, usualmente, cubría el sector inmediato a la curva exterior de la cabeza del riel y la vía presentaba mal aspecto a simple vista, aún cuando en realidad no implicaba deterioro de estabilidad. Sin embargo es conveniente tal precaución para evitar posibles mayores destrozos de la cubierta por el paso de otros vehículos, especialmente de los dotados con ruedas de caucho sólido o de ruedas con llanta metálica (carretas, carretelas) muy comunes en estaciones ferroviarias, por ejemplo.

Por otra parte en la figura N° 7, se incluye además del perfil longitudinal de la zona pavimentada (En este caso con durmientes de perfil "L") lo que se ha designado como "zona de transición" para permitir el paso de los vehículos ferroviarios desde la vía con rigidez concreto, a la vía con rigidez dada por los durmientes de madera y el lastre, que posee una elasticidad bastante mayor.

Al producirse el paso directo de rigidez concreto a rigidez durmientes-lastre, es notorio observar en muchos puentes ferroviarios, romanas pesacarrros, tolvas de descarga, etc. un descenso de los rieles carrera en el sector durmiente-lastre, que produce una flexión vertical permanente de éstos, que se acentúa con el sucesivo paso de ejes, provocando un salto brusco, totalmente indeseable desde el punto de vista técnico, ya que dichos rieles no pueden ser reemplazados a posteriori por su casi imposible rectificación. Si los rieles no están empotrados, es dable cambiarlos, perdiendo los reemplazados, pero si lo están, como es el caso de las vías pavimentadas, ello no es factible sin demolerlas.

Por este motivo, se introdujo la extensión de la masa de hormigón en la forma indicada, que permite apoyar sobre ésta los dos primeros durmientes de madera creando así una zona de transición menos brusca, que ha dado adecuada y simple solución al problema antes detectado.

Se estima oportuno sugerir a los colegas la consideración de esta solución en los casos anotados de puentes (Incluso carreteros), romanas, tolvas de descarga, etc.

Cabe aún señalar que, por razones obvias, una vía férrea pavimentada no puede nunca pasar a vía lastrada sin que su transición sea hecha en otra forma que cortando su pavimento perpendicularmente a su eje como se indica en Fig. 8.

Hasta el momento se ha referido el problema sólo a la vía en recta pero, a las curvas ubicadas en las P.I. y en los C.T. por ser éstas sin peralte,

el sistema es exactamente aplicable y aún cuando el ensanche de trocha llegara a los máximos 26 mm. usados en curvas estrechas de la trocha 1.00 m ($R=100$ m) la garganta inmediata al riel del lado interior de la curva puede, con este sistema, ensancharse sin otro problema que ensanchar en la misma cantidad el listón de moldaje respectivo, cosa que, como se dijo, no puede realizarse en el caso de los rieles tipo garganta.

Resta señalar aún que en el caso de las vías propiamente tales se presenta el problema de desagüe de las aguas de cualquier orden, ya que en los P.I. y en los C.T. es condición recomendable que las líneas no tengan pendiente, con el objeto de evitar que equipos detenidos, sin estar acoplados a locomotora, puedan automovilizarse. En estos casos la garganta de las vías pavimentadas constituye una canal que al carecer de pendiente, estanca las aguas provocando inconvenientes menores que pueden solucionarse sólo si existe posibilidad de instalar en ellas tuberías conectadas a alcantarillados o cunetas. Debe señalarse que aún esta solución no es práctica por cuánto tales tuberías tienden a taponarse y por ende a impedir el escurrimiento, salvo en los muelles portuarios en los que por desaguar directamente al mar, por ejemplo, resulta simple destapar oportunamente las cortas tuberías necesarias.

El Sistema: (Desviadores)

Las limitaciones de extensión impiden detallar el caso del pavimento de los desviadores los que, salvo las agujas, aparato de maniobras y cruzamiento, son tratados, en toda su extensión, tal y como se procede en el caso de las vías, incluso considerando juegos de durmientes de riel o de perfil "L", al igual que en los lastrados, con los de madera.

En el caso de las agujas, que además de ser móviles, son eventualmente atropelladas y es necesario reemplazarlas, se debe dejar al nivel del patín del riel carrera y hasta su cabeza, espacios adecuados para su movimiento y reemplazo, los que, por lo demás no sobrepasan los 30 cms. excepto en el talón en que para cambiar pernos debe dejarse un espacio igual a la longitud de éstos como mínimo.

El aparato de maniobras requiere también un tratamiento especial ya que sus transmisiones deben actuar bajo el patín de los rieles carrera, pero en anchos y profundidades no relevantes.

Si además se desea que el aparato de maniobras propiamente tal sea del tipo que no sobrepasa la superficie del pavimento, es necesario profundizar un tanto más.

En cuanto al cruzamiento éste debe ser reemplazable ya que su punta de corazón experimenta fuertes desgastes, por lo cual también en este caso es preciso considerar la cavidad necesaria para su retiro.

Sin embargo los espacios que deben dejarse para el retiro adecuado de este aparataje y mientras sea posible rellenarlos, se los cubre con una mezcla de asfalto y gravilla que permite una adecuada circulación, especialmente de cru-

ce, de vehículos camineros. Dicha mezcla es fácilmente retirable al ser requerido el reemplazo de alguno de dichos elementos.

El problema más grave que afecta a los desviadores especialmente cuando no se cuenta con alcantarillado, es el desagüe de las cavidades antes mencionadas, las que retienen las aguas - lluvia, produciendo oxidación en los elementos de acero y putrefacción de las mismas con los inconvenientes de rigor.

La solución a este problema es la misma, no muy satisfactoria, aportada, para el caso de las vías, produciéndose en algunos casos incluso a la succión con bombas motorizadas o manuales, de tales aguas una vez terminada la lluvia.

Construcción:

El sistema de construcción de las vías y desviadores pavimentados para las vías de trochas 1,000 m. y 1,676 m. ha sido consignado en el detalle adjunto, que incluye los rendimientos en días - hombre por metro lineal y en esta misma unidad, el uso y desgaste de herramientas y la instalación y levante de faenas.

Para facilitar la comparación con el sistema de construcción de vías y desviadores lastrados, se ha incluido el detalle equivalente. De dichos detalles se deduce que los jornales empleados en la construcción de un metro lineal de vía pavimentada de trocha 1,676 m. por ejemplo son poco más del doble que los de la vía lastrada, mientras que para un desviador éstos resultan ser sólo el 60% más altos, lo que se justifica en buena parte por ser más compacta la faena en este último caso, pese a la mayor complejidad de la misma.

Costo:

Los costos de construcción son demasiado variables no sólo por las fluctuaciones propias del mercado de los materiales, sino por las disponibilidades de los mismos en calidad de reemplazo y/o de desecho, por lo que solo procede indicar como un ejemplo, que un metro de vía pavimentada puede costar entre un 30 y un 70% más que un metro de vía lastrada usando en ambos casos enriela dura nueva; en la pavimentada, durmientes de riel de desecho y en la lastrada durmiente de madera y lastre nuevos.

El autor espera que la información proporcionada sobre el diseño hasta la fecha logrado, pueda contribuir al incremento de la construcción de este tipo de vías y solicita a los colegas que quieran tener a bien aportar las sugerencias que estimen procedentes, así como comunicarle los errores de que dicho diseño pueda adolecer.

J O R N A L E S

PART.	VIAS PAVIMENTADAS	t. 1,000m DH/m	t. 1,676 m. DH/m
1	Sello	0.100	0.135
2	Descarga dtes. madera reemplazo, para armar vía.	0.010	0.013
3	Distribución de dichos durmientes	0.015	0.019
4	Transporte y distrib. de rieles	0.023	0.023
5	Trpte. y distr. eclisas, pernos, sillan, clavos, etc.	0.010	0.010
6	Acollerar	0.021	0.021
7	Clavar a la trocha	0.018	0.023
8	Centrar vía y cuadrar durmientes	0.030	0.042
9	Trpte. y distrib. durmientes de riel	0.025	0.025
10	Marcar rieles y durmientes de riel para soldar.	0.012	0.012
11	Raspar y limpiar las zonas por soldar	0.005	0.005
12	Soldar durmientes de riel a rieles carrera (ambos lados latín)	0.391	0.391
13	Desclavar, retirar y aperchar dtes. madera	0.025	0.027
14	Confecionar y colocar moldaje y listón p. garganta.	0.200	0.200
15	Distribuir y compactar capa arena de 5cms. espesor.	0.054	0.054
16	Nivelar y rectific. eje vía con instrumento anclándola con poyos. de concreto "p" Indit. tecnol.	0.204	0.204
17	Distrib. concreto "p", vibrando c/vib. inmersión, sin tocar rieles y alisado.	0.488	0.634
18	Atención fraguado, limpieza y retoques	0.020	0.026
19	SUB-TOTAL Uso y desgaste de herra. 7% sobre Part. 19 Instalac. y levante de faenas. 6% sobre Part. 19	1.631	1.864
20		0.116	0.130
21		0.099	0.112
22	TOTAL :	1,866	2,106

PART.	DESVIADOR PAVIMENTADO	t. 1,000m DH/DESV.	t. 1,676m DH/DESV.
1	Instalac. completa y term.	109,0	144,0
2	Uso y desq. htas. 7%	7,6	10,1
3	S/Part. 1. Inst. y lev. faenas 6% S/Part. 1	6,6	8,6
	TOTAL DESV. PAVIMTDO.	123,2	162,7

J O R N A L E S

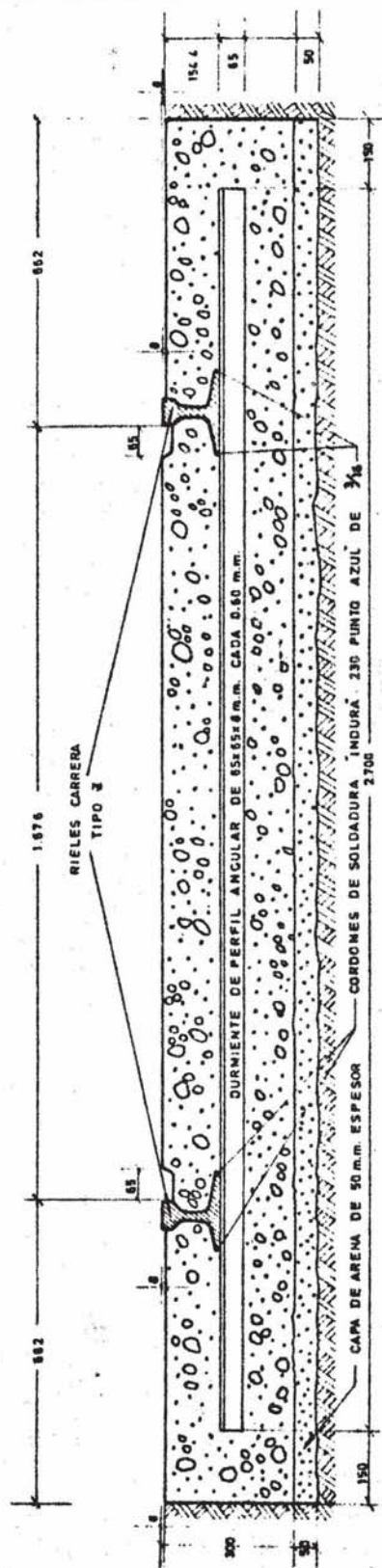
-PART-	VIAS LASTRADAS	t.1.00 m. DH/m		t.1.676 m. DH/m	
		t.1.00 m. DH/m		t.1.676 m. DH/m	
1	Sello	0.100	0.165		
2	Descarga de durmientes de madera	0.015	0.019		
3	Emplantillar durmientes y agujerear	0.078	0.094		
4	Distribución de durmientes	0.020	0.029		
5	Transporte y distrib. de rieles	0.023	0.023		
6	Transporte y distrib. de elem. enriela dura, eclisas, clavos, sillas, pernos, etc.	0.010	0.010		
7	Acollar	0.021	0.031		
8	Clavar a la trocha	0.023	0.023		
9	Centrar vía y cuadrar durmientes	0.032	0.042		
10	Botar lastre a cajón	0.045	0.054		
11	Primer levante de 0.10 m.	0.190	0.204		
12	Segundo levante de 0.15 m.	0.203	0.213		
13	Rectificar, tapar y perfilar	0.040	0.048		
14	SUB-TOTAL	0.800	0.915		
15	Uso y desgaste de herramientas 7% sobre sub-total	0.056	0.014		
16	Instalac. y levante de faenas 6% sobre el sub-total	0.048	0.055		
17	TOTAL POR METRO LINEAL	0.904	1.034		

DESVIADOR		t.1.00 m. DH/DESV.	t.1.676m. DH/DESV.
1	Instalac. completa y term.	70,0	90,0
2	Uso y desg. htas. 7% sobre part. 1	4,9	6,3
3	Instalac. y lev. faenas 6% s/part. 1	4,2	5,4
TOTAL DESVIADOR		79,1	101,7

6

PERFIL TRANSVERSAL FAJA DE VIA PAVIMENTADA

(CROQUIS)



7

ZONA DE TRANSICION VIA PAVIMENTADA A VIA LASTRADA
CORTE LONGITUDINAL

(CROQUIS)

