

La construcción prefabricada de pasos inferiores al ferrocarril y su puesta en obra mediante la técnica de empuje o del cajón hincado^(*)

Por Ramón ESCRIBANO MENDEZ
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
y Rafael LOPEZ PALOMAR
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

La necesaria supresión de pasos a nivel en cruces de carreteras y vías férreas, sin interrumpir la continuidad del servicio, impone la necesidad de nuevos e interesantes sistemas constructivos, como el que se expone en el artículo, consistente en la realización de la estructura del paso inferior fuera de su ubicación definitiva y su colocación mediante traslación o empuje a su posición bajo las vías férreas.

1. INTRODUCCION

El gran reto que se le plantea al ferrocarril español, de cara a la implantación de la alta velocidad, y necesidad de mantener el funcionamiento ininterrumpido de la comunicación ferroviaria incrementando su eficacia y mejorando los tiempos de viaje, hacen necesario disponer de técnicas que permitan la eliminación de los pasos a nivel en el menor tiempo posible y sin que esto conlleve un mayor coste.

En base a lo anterior, de lo que se trata es, en cualquier caso, de buscar un «sistema sencillo pero no por ello fácil», de eliminar los pasos a nivel existentes o los que se pudieran producir como consecuencia del desarrollo del actual sistema de carreteras o de ferrocarril.

En la actualidad no siempre y por razones técnicas, económicas y/o ambientales, es posible la eliminación del paso a nivel mediante la construcción de un paso superior, entonces la solución es el paso inferior.

Lo que se ha dicho hasta ahora para la solución del cruce carreteras-ferrocarril, como es obvio, puede ser extendido conceptualmente para cualquier otro sistema de infraestructura (canales, alcantarillas, servicios, etc.), en relación con la interferencia con el ferrocarril, incluso esta técnica que se expone a continuación

podría servir para la traslación de pequeños edificios de carácter artístico, aunque en este artículo nos ceñiremos tan solo al caso de los pasos a nivel.

En general, los estudios técnico-económicos sobre la construcción de un paso inferior bajo una línea de ferrocarril, deben considerar, entre otras, las siguientes cuestiones:

- El alto coste de los retrasos que el tráfico del ferrocarril experimenta durante el tiempo requerido para la construcción de la estructura.
- El coste de la estructura que debe soportar temporalmente el tendido férreo, tanto durante el trabajo de excavación, como de forma definitiva.
- La necesidad de hacer compatible los niveles de servicio por ferrocarril, manteniendo los tiempos de entrega, con las necesarias operaciones de conservación de la vía y de la duración de las obras de paso inferior.
- La seguridad de la obra en todas las fases de ejecución de la misma.
- El coste de pilotaje de este tipo de obras (personal del ferrocarril que se encarga de compatibilizar la necesaria permanencia del personal de obra en la vía, con el tránsito normal de los trenes).
- Y por último, ya en el caso de RENFE, ante la puesta en marcha del plan de alta

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de septiembre de 1988.

velocidad, la necesidad de realizar un elevado número de obras de supresión de pasos a nivel, minimizando las afecciones a la circulación ferroviaria.

2. CRITERIOS DE DISEÑO

Cuando por diferentes razones (urbanísticas, topográficas, económicas, etc.), se decide que la solución más adecuada para la supresión de un paso a nivel es la realización de un paso inferior, el técnico se enfrenta no sólo al problema de diseñar la obra de fábrica, sino también a su puesta en obra, para lo que tendrá que tener en consideración las cuestiones de que se hablaba en el apartado anterior, máxime si el número de circulaciones ferroviarias es elevado.

Para resolver estas cuestiones se cuenta ahora, además de con todos los sistemas ya conocidos, con un nuevo método, conocido desde hace algunos años y ampliamente probado, consistente en la realización de la estructura, fuera de su ubicación definitiva y su colocación mediante traslación o empuje a su posición bajo las vías férreas.

El método, tiene de original, la técnica con que se ejecuta, que como ya se dijo anteriormente, consiste en colocar «empujando» bajo las vías, piezas prefabricadas que constituyen en sí mismas pasos subterráneos para vehículos, peatones y conducción de servicios, sin más limitaciones que las que se exponen en el punto 4 de este artículo.

Los comentarios que siguen a continuación, pretenden exponer las peculiaridades y forma en que se ejecuta esta moderna metodología constructiva de modo esquemático y accesible para el máximo de personas interesadas en la realización de este tipo de trabajo.

3. EL METODO DE EMPUJE

Vamos a continuación a examinar las principales operaciones, tanto de fabricación como de colocación del cajón, refiriéndonos para ello a la obra realizada recientemente mediante este método, para la supresión del paso a nivel en el P.K. 473/127 de la línea férrea Madrid-

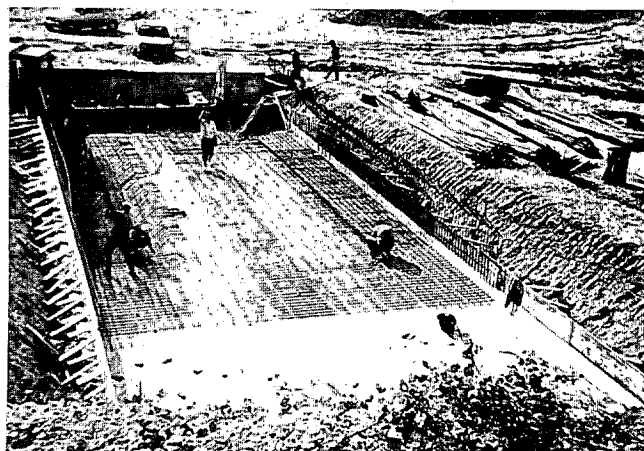


Foto 1.—Solera y muro de empuje.

Hendaya, en el Término Municipal de Lapuebla de Arganzón (Burgos).

3.1. La solera y el muro de empuje (operaciones previas)

Previo a la construcción del cajón o monolito, se hacen necesario crear el plano de asentamiento de éste, fuera de la obra, en principio distinto al definitivo pero lo más próximo a él para reducir la distancia que el cajón debe recorrer y que en cualquier caso debe ser igual a la longitud de ésta más la necesaria para alojar el muro de empuje, del cual hablaremos a continuación, y los gatos de empuje.

Realizada la excavación anterior, por el procedimiento más adecuado en cada caso y que vendrá determinado por el terreno y espacio disponible, se procede a realizar la construcción de lo que denominaremos solera de deslizamiento (Foto 1), consistente en este caso en la construcción de una losa de 25 cms. de espesor y de 8,74 m. de ancho y una longitud de 23,35 m. de largo en hormigón armado, con unas guías laterales de 25 cms., cuya función será evitar los desplazamientos laterales del cajón, que en la obra que sirve de referencia fueron sustituidas por una sola dadas sus características (Foto 1). La solera tiene una doble función, por un lado crear un plano de deslizamiento para el cajón, y por otro, servir de encofrado para la construcción del propio cajón.

En el extremo más alejado de las vías, se ha construido el denominado muro de empuje de 90 cms. de espesor y 3,00 m. de alto, el cual

está destinado a soportar el empuje de los diez gatos de 150 Tm. y que desarrollan en total 1.500 Tm. para la obra en cuestión.

(En cada caso, tanto las dimensiones de la solera como del muro de empuje, y número de gatos, son función del peso del cajón a empujar).

Una vez construido el muro y la solera, y después del tiempo de curación del hormigón empleado, se extiende sobre éste una lámina de polietileno de cierto espesor, con una eventual capa de grasa lubricante, cuya función es además de separar la solera del cajón que se va a construir, la de reducir el rozamiento horizontal durante la traslación, fundamentalmente en su fase inicial.

Durante la fase de empuje, cada 5 o 10 metros, según los casos, de avance, será necesario traer un segundo elemento (murete) de empuje fijo, antes de reemprender el empuje; este murete tiene como función reducir el número de elementos metálicos de apoyo de los que hablaremos a continuación y asegurar a su vez un nuevo muro de empuje y la correcta transmisión del esfuerzo.

Para la realización de la solera y muro de empuje se emplearon 90 m³ de hormigón de 250 Kg/cm² de resistencia característica y 5.400 Kg. de acero de límite elástico 5.100 Kg/cm².

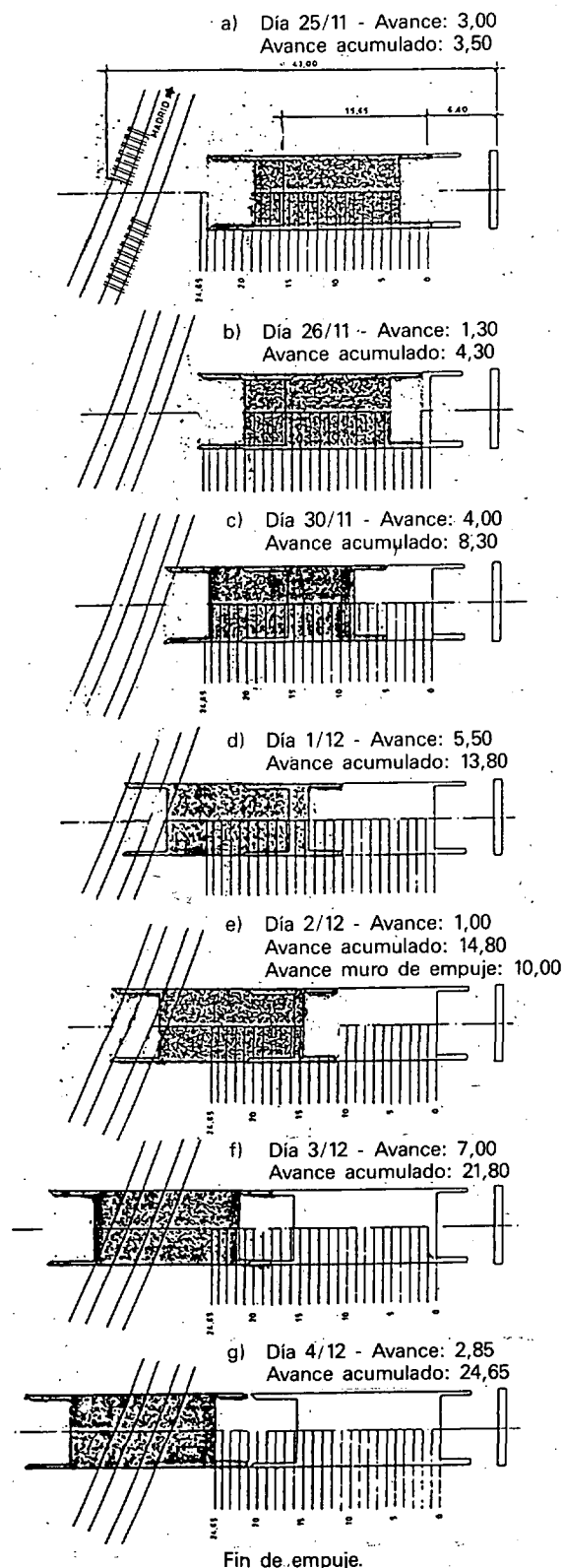
3.2. El Cajón.

El cajón construido y fuertemente armado, tiene en sus dos losas usos distintos:

- La inferior soportará un camino de 7,00 m. de ancho para el tráfico de vehículos carreteros.
- Y la superior, de 15,65 m., soportará el tráfico ferroviario de una doble vía de alta velocidad.

En este caso, el cajón tiene una sección de 8,20 m. por 5,30 m., con un espesor constante de 0,60 m. y una longitud en la losa inferior de 20,35 m., quedando el resto de las dimensiones reflejadas en croquis.

El proceso de construcción usado para el encofrado, es el de la técnica tradicional, con carpintería de paneles de acero y apeos tubulares del mismo material.



Fases a) y b): prueba muro de empuje y aproximación al terraplen.

Fases c), d), e), f) y g): Empuje bajo vía.

Se han empleado 291 m³ de hormigón de 250 Kg/cm² de resistencia característica.

La cantidad de acero en este caso ha sido de 44.570 Kg. de límite elástico 5.100 Kg/cm²; la cuantía de este último ha creado alguna dificultad en cuanto al vibrado que ha sido sumamente cuidado y laborioso.

En el proceso de cálculo se han tenido en cuenta no sólo las cargas recomendadas por la buena técnica, en cuanto al ferrocarril y la carretera se refiere, sino también la experiencia acumulada en otras actuaciones de este tipo.

Pasamos a continuación a comentar la curiosa forma del cajón y el porqué de la misma. En primer lugar, es de destacar la forma de los estribos en su parte frontal en forma de cuchillos, cuya finalidad es ofrecer la menor resistencia posible al avance contra el terreno y sujetar lateralmente el mismo, para lo que se biselan éstos en su plano de contacto con el terreno; en su parte superior, llevan un cajeo, cuya función es alojar la viga de apoyo (Viga cajón).

La inclinación de los cuchillos, usada normalmente, varía entre los 30 y 45 grados, habiéndose aproximado en el caso del paso a nivel realizado en Lapuebla de Arganzón más a este último, y en cualquier caso la experiencia aconseja asignar una inclinación que se determina en función del ángulo de rozamiento del terreno y de la necesidad de poner en contacto, casi de forma simultánea con el terreno, los cuchillos y la losa inferior, en la siempre delicada operación del primer avance, momento en el cual aún no se puede contar con el efecto del empuje lateral del terreno.

La experiencia constructiva ha llevado en los cajones en uso, al establecimiento de la viga de apoyo que permite además de aligerar la estructura y hacerla más económica (en caso contrario será necesario prolongar la losa superior), una mayor aireación en el interior del cajón en la fase de empuje.

La viga de apoyo de la que se hablaba anteriormente, colocada en la cabeza de los cuchillos y alojada en los cajeos de ambos estribos, que puede ser metálica (como en este caso) o construida en hormigón según los casos, tiene como función servir de apoyo a los perfiles me-

tálicos que han de soportar las vías y tiene en su parte superior soldados unos redondos que garantizan el deslizamiento del cajón bajo los perfiles metálicos, de los que hablaremos al tratar del apeo de vía.

3.3. El Apeo de vía.

Una vez acabado el cajón y cuando éste ha alcanzado la resistencia características deseada, se procede al apeo de las vías, consistente en:

— El apeo longitudinal, tradicional en este tipo de obras y consistente en colocar una pareja de paquetes de carriles paralelos a cada hilo de vía. En este caso los paquetes son de tres carriles sujetos por una brida (Foto 2) a ambos lados del mismo y arriostrados por unos perfiles o carriles perpendiculares que hacen solida-

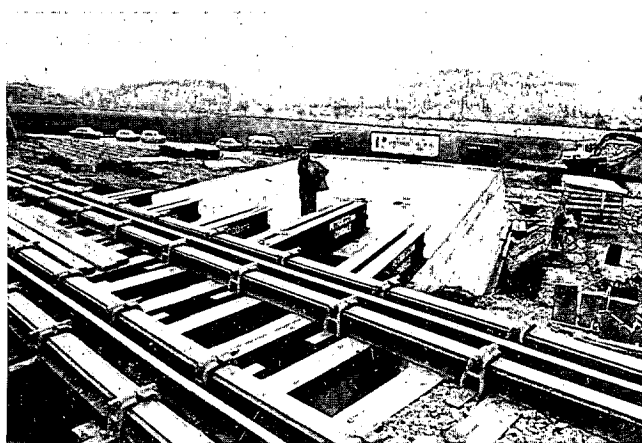


Foto 2. — Apeo longitudinal y transversal.

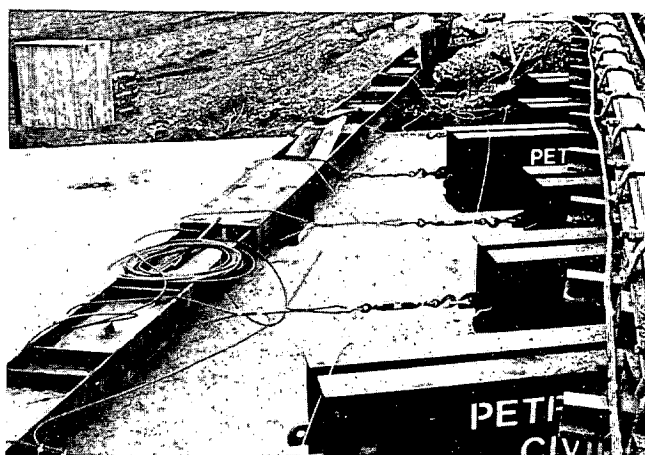


Foto 3. — Detalle del paquete de apeos transversales.



Foto 4.—Apoyo/PN sobre viga-cajón.

rios ambos paquetes entre sí, soportando, al tiempo, la carga de los carriles en el momento en que, por necesidades de trabajo, desaparezca el apoyo del balasto. Este tipo de apeo presenta, en este caso, la peculiaridad respecto al sistema tradicional, de que la propia brida permite por su forma una sencilla y rápida colocación (Foto 3).

La longitud de estos apeos debe ser tal, que no sólo permita la excavación necesaria para la colocación del cajón, sino también la posible aparición de unas facies de descompresión en el trasdos de los estribos del cajón y según el tipo de terreno y el esviaje del cajón, respecto a las vías, puede alcanzar luces de 1 a 2 m.

— Y el apoyo transversal, característico de esta técnica constructiva, que se coloca bajo las traviesas y en la dirección del empuje y está compuesto por parejas empresilladas de IPN, en ese caso de 600, (formando un perfil HEA), colocadas según el esviaje y separadas entre sí desde 1,20 a 2,40 m. entre ejes. En el caso de la obra que sirve de referencia a este artículo, se colocaron 6 parejas de perfiles empresillados (Foto 4).

La misión de este apoyo transversal es doble, sirva para sustentar la propia vía y transmitir las cargas que ruedan sobre los carriles, repartíendola sobre la losa del cajón y el propio terraplén, y en segundo lugar, crear un plano bajo el que deslizar el propio cajón.

Los perfiles metálicos, cuya longitud es variable según el número de vías, que componen el

apoyo transversal y que como dijimos se colocan por lo general bajo la traviesa, deben ser suplementados con cuñas de madera, que sirven para garantizar el correcto nivel de la vía en todo momento, son colocadas alternativamente para garantizar el correcto apoyo de las vías en todo momento.

Mención especial merece el caso en que es necesario el apeo de un cambio de vía, sustituyéndose las IPN por un emparrillado de perfiles que garantiza en todo momento la correcta posición de éste y su perfecto funcionamiento.

Durante la fase de colocación, los perfiles se apoyan sobre la losa del monolito y el terreno; este apoyo sobre el terraplén va desapareciendo progresivamente a medida que avanza el cajón, por efecto de la excavación, hasta que la carga de la vía se realiza sobre este último.

Para garantizar el deslizamiento cajón-IPN, se coloca entre éstos y el cajón, unos redondos que faciliten el mismo y se arriostran los perfiles en cabeza de empuje, de forma que no sufran movimiento con la continua traslación del cajón.

3.4. El Empuje.

Una vez realizadas las operaciones anteriores, se procede a iniciar la maniobra de empuje, momento en que conviene recordar a Manzoni cuando decía: «Súbito Pedro, pero con juicio», para lo que previamente se han colocado contra el alzado posterior de la solera inferior, el juego de gatos en número suficiente para garantizar el esfuerzo necesario para mover el cajón, en este caso 10 gatos interponiendo entre éstos y la solera una placa metálica que además de repartir la carga uniformemente, evita la aparición de fisuras en el cajón por efecto de las cargas puntuales, que transmitían los gatos.

Dentro del cajón y mediante unas rampas metálicas que se colocan al efecto se procede a excavar un frente suficiente en el terreno (la excavación en su profundidad y forma en función de el tipo de terreno) para permitir el avance del cajón en cortos recorridos, por lo general el correspondiente a la longitud del émbolo, aproximadamente 50 cms.

La operación de tralación se realiza por razones de seguridad, durante los intervalos en que no circulan trenes y una vez preparado el frente de avance.

Al final de cada avance de pistón de los gatos, el espacio vacío que queda entre el muro de empuje y el juego de gatos, es rellenado por unos elementos metálicos que tienen la misión de transmitir la carga de empuje en los sucesivos avances y que a partir de un determinado momento son sustituidos por cilindros metálicos, que se interponen entre los gatos y el muro.

Por lo general, al ser la traslación de varias decenas de metros, y por razones de seguridad, se hace necesario cada 5 ó 10 metros de avance, la colocación de un murete que garantice la correcta transmisión del empuje y a la vez reduzca la necesidad de utilizar un elevado número de elementos metálicos de distanciamiento, que disminuiría la seguridad del sistema. Es norma al uso realizar estos muretes aprovechando los cortes semanales de trabajo (fines de semana) para no tener que detener el avance durante las jornadas normales de trabajo.

Durante la operación de avance, puede ser necesario trasladar los perfiles transversales IPN, que han permanecido inmóviles durante el empuje en la dirección de éste si su longitud no es suficiente para garantizar el correcto apoyo de todas las vías, para lo que se habrá preparado previamente el apoyo siguiente sobre el terreno y su traslación se realiza sin más maniobra que tirar de las mismas, de forma que la distancia entre apoyos de éstos sobre la viga apoyada en el cajero de los estribos y el terreno, permanezca por debajo de una cantidad determinada según el cálculo y tipo de IPN usada, arriostándose los perfiles a continuación para evitar su traslación en sucesivos empujes.

De la descripción anterior se desprende fácilmente que los factores que, al fin y al cabo, determinan la velocidad de avance son la naturaleza del terreno y la organización de la excavación y retirada del mismo, así como la coordinación entre estas excavaciones y el paso del ferrocarril.

La experiencia acumulada en la aplicación de esta técnica, permite regular la velocidad de

avance en recorridos de 1 a 3 mm/seg. y conseguir traslaciones de 4 a 6 m. en jornadas laborales de 8 horas. En el caso que sirve de ejemplo a este artículo, el empuje se empezó el lunes 30 de noviembre de este año, dándose por concluido el viernes 4 de diciembre, con lo que la velocidad de avance fue de 5 metros/día, si se tiene en cuenta que el miércoles 2 de diciembre se paró para realizar el murete de apoyo a que se aludió anteriormente.

La velocidad de avance en roca se reduce sensiblemente, aunque es fácil superar el metro/día, si la roca a excavar es susceptible de serlo con martillo, con lo que el avance sigue siendo mucho más rápido que cualquier otro método al uso.

Durante la obra y puesto que las fases de avance ocupan más de una jornada laboral, es buena norma, antes de la terminación de cada jornada de trabajo, tomar las debidas precauciones para evitar posibles movimientos del terreno y que suelen consistir en:

- Hacer penetrar el cajón, suspendiendo la excavación, con un empuje forzado para aguantar el terreno lateralmente con los cuchillos, y.
- Abrigar el paramento de excavación con los materiales sueltos.

Por último, conviene recordar que pese a la sencillez del sistema, la facilidad de puesta en obra tan solo se consigue cuidando en todo momento la excavación en su forma y cantidad, pues un error en ésta, ya sea por exceso o de-

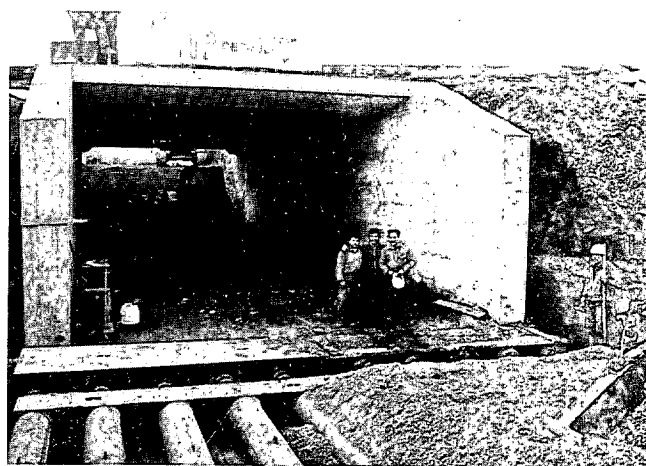


Foto 5.— El cajón en su posición definitiva.

fecto puede conducir a hundimientos o elevaciones del cajón que son difícilmente corregibles y que únicamente se consigue con intervenciones particularmente laboriosas y delicadas, que en cualquier caso ralentizan el proceso de avance y disminuyen la seguridad del procedimiento. (Foto 5).

3.5. Vía libre.

Colocado ya el cajón en su posición definitiva bajo las vías, se procede a la retirada del apoyo trasversal IPN en orden inversa al que se colocaron, sustituyendo el espacio vacío por balasto. En la obra que nos sirve de referencia y dada la diferencia de cotas entre la solera superior del cajón y la traviesa (doble vía con curva), se ha considerado conveniente extender una primera capa de grava-cemento de unos 30 cms. de espesor, para reducir la capa de balasto y que realizará las funciones de sub-balasto y a continuación se procede al extendido de balasto.

Una vez extendido el balasto, se procede al bateo y nivelación de vía, según el método habitual para estos casos.

En total el tiempo en que se ha limitado la velocidad en éste trayecto ferroviario ha sido de 12 días a 30 Km/h., más una semana con elevación escalonada de la misma hasta conseguir la de trayecto. Durante esta semana se ha procedido a cambiar traviesas, controlando la nivelación de la vía.

4. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL SISTEMA

La rápida difusión que esperamos tenga el sistema de empuje en nuestro país, se justifica por sus ventajas intrínsecas. El cajón se ha construido a cielo abierto, con lo que no sólo se consiguen mejores calidades, sino también un mejor acabado e impermeabilización al realizarse ésta previa a su puesta en obra.

El rápido avance del cajón permite reducir al mínimo la afección a la circulación ferroviaria y elevar de 10 a 30 Km/hora la precaución, con lo que ha evitado la casi parada de los trenes. Esta ventaja se consigue al independizar la fase de

fabricación de la estructura y la de su puesta en servicio.

La reducción de personal, tanto en vigilancia (pilotaje) como de obra y de maquinaria, unido al menor volumen en la mayoría de los casos de excavación y hormigones en la estructura, hacen que se vea compensado el mayor coste del empuje y del material utilizado en la solera y el muro e incluso la sobre-excavación que en algunos casos es necesario realizar.

A modo de resumen se incluyen unos cuadros a continuación, donde se compara este método con el tradicional de ejecución mediante pantallas.

CUADRO N.º 1

UNIDADES DE OBRA	Tiempos en días acumulados el origen (Parciales) n.º de días por U. Obra	
	Sistema Pantallas	Sistema Empuje
Cambio de traviesas	2 (2)	2 (2)
Apeo de vías	5 (3)	5 (3)
Excavación pantallas, encofrado y hormigonado de estribos	95 (90)	—
Fraguado de hormigonés	123 (28)	—
Montaje de losas	125 (2)	—
Empuje cajón bajo vía	—	(*) 10 (5)
Retirada perfiles, apeos y colocación balasto	—	12 (2)
Cambio de traviesas y nivelaciones	132 (7)	19 (7)
TOTAL tiempos de ejecución ..	132	19

(El cambio de traviesas es recomendable, pero no siempre necesario).

(*) Durante los cinco días de empuje se llevaron a cabo simultáneamente las operaciones de colocación de perfiles, diferentes desplazamientos de los mismos de acuerdo con el avance del cajón y hormigonado del murete para el avance del punto de empuje.

CUADRO N.º 2

Precauciones	Sistema Pantallas	Sistema Empuje
Velocidad (**)	10 km/h en ambas vías durante 125 días	30 km/h en ambas vías durante 12 días
Corte de vía para montaje de losas	2 días con duración de 4 h. por día y vía	No necesario

(**) Durante la semana de cambio de traviesas y nivelaciones, la velocidad se va elevando escalonadamente hasta conseguir la velocidad habitual del trayecto.

Previo a la operación de empuje se llevo a cabo la ejecución del cajón, contra solera y muro de empuje, con una duración, incluido fraguado, de 70 días. Teniendo en cuenta los tiempos totales de ejecución en el sistema de pantallas (132 días) y de ejecución del cajón y empuje por este sistema ($19 + 70 = 89$ días), el ahorro conseguido para la marcha general de la obra es de 43 días.

Por lo que respecta al coste económico y referido únicamente a lo que es la estructura bajo vía cajón o su equivalente de pantallas fabricadas «in situ» y aplicado a la obra de Lapuebla de Arganzón, cabe decir que el coste absoluto, es decir considerando no sólo la ejecución material, sino también los costes de personal y retrasos de trenes como consecuencia de la duración de la precaución, es un 12 por 100 menor en el caso de utilizar el sistema de empuje que el tradicional de pantallas.

La presencia de agua en la laderas o un nivel freático superior a la base de apoyo, que es otra fuerte limitación, está siendo estudiada y resulta al aunar esta técnica con otras ya conocidas para la ejecución de este tipo de obras, en presencia de agua.

Otra limitación, esta meramente física, lo constituye la necesidad de disponer en la proximidad del punto de colocación del espacio necesario para fabricar el cajón, que en ocasiones tiene dimensiones muy considerables; estos espacios necesarios se ven a veces condicionados por la propia topografía del terreno (vertiente de montaña) que obliga a realizar una sobreexcavación y sobre dimensionado del cajón en su gálibo vertical que luego deberá ser objeto de recrecido en su losa inferior para adaptarse a la rasante definitiva del camino.

La presencia de edificación en la proximidad de la excavación, requiere a veces la construcción de pantallas que aseguren la estabilidad de éstos durante la excavación, hasta la cota de la solera de deslizamiento, pantallas que serán en cualquier caso utilizadas como muros de la obra definitiva.

En ocasiones y cuando la limitación de espacio lo exige, o la longitud del cajón lo requiere (la longitud probada como éxito máximo es del orden de 30 ó 40 metros), se recurre a realizar

elementos-cajón más cortos que se van suplementando, empezando siempre por colocar el estrictamente necesario para la sustentación de la vía.

En cualquier caso es necesario y como operación previa, proceder al desvío o retirada de cuantas conducciones o servicios ferroviarios o urbanos puedan entorpecer el normal desarrollo del empuje.

Como conclusión, podemos decir que la técnica descrita, netamente ferroviaria, está concebida para ofrecer una solución al problema del mantenimiento del tránsito ferroviario y la necesidad de realizar un número importante de obras de supresión de pasos a nivel o de paso bajo éste, de servicios de gran dimensión, problemas que se viene presentando en los últimos años de forma creciente.

5. AGRADECIMIENTO

Los autores de este artículo desean terminar dando sus sinceras gracias por la activa cooperación recibida a:

- Las distintas Direcciones y Dependencias de RENFE por su apoyo y ayuda en la puesta en marcha y realización de las obras de Lapuebla de Arganzón.
- Al personal Técnico y de Obras de las Empresas realizadoras de la obra, Construcciones Guinovart, S. A. y Yarritu, S. A.
- A la Empresa hispano-italiana Petruco, S. A., por la tecnología aportada.

Ramón Escribano Méndez

Es Gerente de Pasos a Nivel de RENFE y fue el encargado de introducir el sistema de empuje en las obras de supresión de Pasos a Nivel de la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles.

Rafael López Palomar

Es el Jefe del Plan de Supresión de Pasos a Nivel de RENFE y conjuntamente con Antonio Villalmanzo Rubio, Ingeniero Técnico de Obras Públicas, forman el equipo director de la obra que se ha utilizado como marco de referencia para este artículo.
