



Conservación integral en obras de desagüe transversal. Tubos de acero corrugado y galvanizado*

*Integrated conservation of cross drainage works.
Galvanized and corrugated steel tubes*

José M^a Zamora Pérez
Ingeniero Técnico de Obras Públicas
Demarcación de Carreteras del Estado en Asturias

Resumen

La conservación de carreteras gestiona el día a día de estas vías de comunicación y, aunque siempre ha estado a la sombra de la ejecución de grandes obras de infraestructuras, resulta fundamental llevarla a cabo de una forma responsable y programada, pues su finalidad es prestar un servicio al usuario ofreciéndole un nivel de seguridad vial y confort aceptable. Son muchas las circunstancias extraordinarias que pueden producirse en una carretera en servicio a consecuencia de múltiples factores tales como: los fenómenos meteorológicos, la intensidad del tráfico, las características del terreno y el entorno por donde discurre. El presente artículo se redacta al objeto de servir como guía de aplicación en labores de conservación, reparación y sustitución de obras de desagüe transversal, ubicadas en carreteras en servicio y construidas con acero corrugado y galvanizado, que permitan mantener su funcionalidad con el objeto de minimizar daños o situaciones irreversibles.

PALABRAS CLAVE: conservación, carreteras, tubo, corrugado, drenaje.

Abstract

Highway maintenance manages these means of communication daily and, though it has always been in the shade of the execution of major infrastructures works, it is primordial to carry out it in a responsible and programmed form, since its purpose is to give a service to the user offering him a level of road safety and acceptable comfort. There are a huge number of extraordinary circumstances that can take place in a road in service as a result of multiple factors such as: meteorological phenomena, traffic jams, the characteristics of the area and the environment where it passes.

The present article is written in order to serve as a guide to implement maintenance works, repair and substitution of cross-drainage tubes, located in roads in service and built with corrugated and galvanized steel, allowing to maintain its function in order to minimize damages or irreversible situations.

KEY WORDS: Maintenance, roads, tube, corrugated, drainage.

Introducción

El presente artículo se redacta al objeto de servir como guía de aplicación en labores de conservación, reparación y sustitución de obras de desagüe transversal, ubicadas en carreteras en servicio y construidas con acero corrugado y galvanizado. No pretende ser una crítica hacia el empleo de este tipo de tubos, puesto que no se concibe desde el punto de vista de la fase de planeamiento o proyecto; sino que se ofrece una visión práctica que permita mantener su funcionalidad con el objeto de minimizar daños o situaciones irreversibles, por otra parte en ocasiones inevitables.

A raíz de la experiencia adquirida en las labores de conservación de carreteras, entre las que se enmarcan las revisiones periódicas de este tipo de obras, se pone de manifiesto que son muchos los factores que influyen en su deterioro y comportamiento a lo largo de su vida útil. El principal objetivo de estas obras es el desagüe de escorrentía superficial bajo la vía. Un hecho tan simple como éste, lleva consigo multitud de factores externos que tener en cuenta para prever su comportamiento a largo plazo. La velocidad de la corriente y sus arrastres; la vegetación y las características del entorno; las condiciones ambientales y climáticas de la zona, influyen directamente en la abrasión y aumentan el riesgo de corrosión del tubo. La función de desagüe de este tipo de obras también lleva implícita una función estructural, ya que se trata de un elemento concebido para soportar sobre él las cargas permanentes propias del relleno de tierras existente bajo la plataforma, incluidas las cargas derivadas del tráfico de la vía.

Marco normativo

La principal ventaja del uso de tubos de acero corrugado y galvanizado radica en su bajo coste frente a las obras de hormigón, y en su fácil colocación que permite reducir plazos de ejecución. Estas ventajas no están justificadas si no se acompañan de un estudio en el que se compruebe que las condiciones de la zona de empleo cumplen las prescripciones marcadas por el PG-3 [1]. Pero, ¿qué es lo que exige actualmente el PG-3? Siguiendo el orden de factores

que influyen en este tipo de obras, señalado en el apartado anterior, se detallan a continuación las prescripciones generales que tener en cuenta:

Deterioro por abrasión

A este respecto el PG-3 [1], en su artículo 412.3, expone que los tubos de acero corrugado y galvanizado:

“No son recomendables cuando vayan a estar sometidas a corrientes de agua con velocidades superiores a tres metros por segundo (3 m/s) o que transporten acarrees. En estos casos su empleo exigirá la disposición de revestimientos resistentes a la abrasión en la sección mojada, tales como hormigón u otros materiales que aseguren la durabilidad del conducto.”

Es difícil pensar que los tubos de acero colocados actualmente en nuestras carreteras mantengan a través de ellas una escorrentía de aguas limpias de acarrees a través de ellos, sobre todo en zonas de montaña o del norte de España, donde las carreteras discurren por entornos repletos de vegetación, siendo inevitable los arrastres de maleza, tocones, árboles, bolos y otros materiales. Ya que hasta el momento no existen sistemas de filtro o retención que permitan evitar los arrastres, es fundamental tener en cuenta estos factores a la hora de hacer un correcto mantenimiento preventivo de los tubos ya en servicio.

Deterioro por corrosión

La corrosión es un proceso electroquímico en el cual un metal reacciona con su medio ambiente para formar óxido o algún otro compuesto. La celda que causa este proceso está compuesta esencialmente por tres componentes: un ánodo, un cátodo y un electrolito (la solución conductora de electricidad). El ánodo es el lugar donde el metal es corroído; el electrolito es el medio corrosivo; y el cátodo, que puede ser parte de la misma superficie metálica o de otra superficie metálica que esté en contacto, forma el otro electrodo en la celda y no es consumido por el proceso de corrosión. En el ánodo, el metal corroído pasa a través del electrolito como iones cargados positivamente, liberando electrones que participan en la reacción catódica. Por ello, la corriente de corrosión entre el ánodo y el cátodo consiste en electrones que fluyen dentro del metal y en iones que fluyen dentro del electrolito.

Aunque el aire atmosférico es el medio más común, las soluciones acuosas son los ambientes que con mayor frecuencia se asocian a los problemas de corrosión. En el término solución acuosa se incluyen aguas naturales, suelos, humedad atmosférica, lluvia y soluciones creadas por el hombre. En función del pH, el medio puede caracterizarse por ser ácido (pH bajo) o alcalino (pH alto), factor que a su vez vendrá marcado por el contenido de cloruros, sulfatos y sulfuros. Por tanto, los tubos de acero utilizados en obras de desagüe de carreteras están directamente expuestos a la corrosión.

Definidos los conceptos básicos se citan, a continuación, las limitaciones de empleo que marca el PG-3 [1] a este respecto:

“En general, sólo se podrán utilizar este tipo de conductos con suelos o aguas que cumplan las condiciones siguientes:

Características	Suelos o aguas
Resistividad	$\geq 3\ 000$ ohmios*cm
pH	$9 \geq \text{pH} \geq 6$
Contenido de cloruros	≤ 100 mg/kg
Contenido de sulfatos	≤ 500 mg/kg
Contenido de sulfuros	≤ 100 mg/kg

“No obstante, podrá autorizarse su uso cuando dispongan de la adecuada protección adicional (...) Esta protección adicional podrá ser de mortero de cemento, de materiales bituminosos, poliméricos, epoxídicos, reforzados o no con fibras,....”

Función estructural

Como ya se comentó, estos tubos son elementos estructurales que por su ubicación están sometidos a cargas permanentes que es necesario tener en cuenta antes de su puesta en obra. El artículo 412.5 del PG-3 [1], en su apartado 2, marca una serie de directrices sobre el lecho de apoyo y los rellenos del trasdós. En cuanto a la altura de relleno sobre la obra de desagüe, únicamente se especifica lo siguiente: *“Se cuidará que la altura del relleno sobre la clave del conducto no supere los límites, máximos ni mínimos, indicados en el Proyecto”*.

Para obtener más información al respecto hay que consultar la “Guía de Cementaciones en Obras de Carretera”, de las series monográficas del Ministerio de Fomento [2]. En el punto 6.7. *Caños y conductos transversales, en su apartado 4, se*



Foto 1. Filtraciones

prescribe que:

“En la fase de proyecto ha de analizarse el estado límite último de aplastamiento de la conducción enterrada. Este estado límite último viene condicionado por la presión vertical y por la forma de la cimentación.”

A continuación, la “Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera” [2] marca una serie de directrices a tener en cuenta en el cálculo y dimensionamiento de este tipo de obras.

Situación actual

Ahora surge la duda: los tubos de acero corrugado y galvanizado en servicio ¿cumplen lo expuesto anteriormente? En la mayoría de los casos no, a excepción de los que han sido rehabilitados con el paso del tiempo. La justificación a esto se encuentra en que hasta la redacción del PG-3 [1] del año 2000, las únicas restricciones existentes en relación al deterioro por corrosión eran en función del pH ($11 > \text{pH} > 6$), aunque se permitía su uso con una protección adecuada. No se establecían limitaciones respecto de las condiciones hidráulicas (velocidad de la corriente y acarreo), ni tampoco respecto a su función estructural.

Partiendo de la situación real descrita, se debe establecer un método de inspección y actuación sobre este tipo de obras, de manera que se alcance un correcto estado de conservación, cumpliendo su funcionalidad tanto como obra de desagüe como de elemento estructural.



Foto 2. Vegetación

Inspección periódica

Las tareas de inspección de obras de paso sirven de base para programar las labores de mantenimiento y conservación; permiten generar un historial en el que se reflejen los deterioros y previenen de situaciones similares en un futuro.

La “Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera” [2] establece que *durante la vida útil de la obra, deben realizarse las inspecciones previstas en el Sistema de Gestión de Puentes [4] o programa que en su caso lo sustituya cuando les sea de aplicación, y en caso contrario inspecciones periódicas de tipo ordinario, e inspecciones extraordinarias en su caso, después de periodos de lluvia o aguaceros aislados de especial intensidad.*

Independientemente del sistema utilizado, en las inspecciones básicas enmarcadas dentro de las labores propias de mantenimiento, existen aspectos clave que pueden aportar una valiosa información para conocer el verdadero estado de conservación de estas obras. Fundamentalmente se trata de un examen visual “in situ” que permita la siguiente toma de datos:

EXTERIOR. Elementos estructurales y entorno de la obra de desagüe (fotos 1, 2 y 3).

- **Comprobar si existen socavaciones** en elementos de canalización de aguas hacia el tubo (cunetas y aletas), así



Foto 3. Grietas

como grietas y arrastres de tierras en el talud de la carretera. Las filtraciones de agua por fuera del conducto hacia el interior del mismo, suponen un riesgo potencial que en la mayoría de los casos no se ve hasta que la obra se colapsa.

- **Observar si existen humedades o eflorescencias** en boquillas y paramentos exteriores que den lugar a fisuras o, incluso, a grietas que dejen armaduras al aire susceptibles de corrosión que haga peligrar la integridad estructural.
- **Evaluar el nivel de vegetación del entorno de la obra.** Los arrastres de material de este tipo en aguaceros intensos provoca la obstrucción del cauce impidiendo la evacuación de aguas.

INTERIOR. Inspección de la obra de desagüe (fotos 4, 5 y 6).

- **Estado general de limpieza.** Comprobar que no existan obstáculos para la libre circulación del agua.
- **Inspeccionar estado de conservación de la solera, los hastiales y la clave.** Prestando especial atención a las zonas que presenten abombamientos, deformaciones, corrosión y pérdida de tornillería.
- **Observar el estado de las juntas de solape que conforman el tubo.** Son zonas de especial importancia por la posibilidad de generar filtraciones de aguas subterráneas a través de ellas. El



Foto 4. Libre circulación de aguas



Foto 5. Deformaciones y corrosión



Foto 6. Colapso y hundimiento calzada

peligro de estas pequeñas corrientes de agua radica en el arrastre de material y en la formación de cavidades internas, existiendo, una vez que el terreno pierde humedad, peligro de hundimiento y colapso de la estructura.

Una vez tomados estos datos, se procede a la evaluación de necesidades de actuación. Por norma general, las labores de limpieza no requieren estudio previo, sino que han de estar enmarcadas dentro del programa de actuaciones ordinarias en obras de desagüe. A continuación, se definen los tipos de actuaciones a llevar a cabo en función de los resultados de la inspección básica.

Tipos de actuaciones

Las actuaciones se pueden clasificar en diversos tipos según el criterio empleado, en el presente artículo se prioriza en función del deterioro que presente la obra de desagüe estudiada.

PREVENTIVO. Limpieza y mantenimiento ordinario

Se trata de todas las labores que han de llevarse a cabo de manera ordinaria y que son comunes a todas las obras de desagüe transversal de este tipo. Un correcto mantenimiento programado minimiza situaciones que originen daños irreversibles, a la vez que permite realizar un seguimiento del estado general de la obra.

- **Ejecución de accesos a la obra (fotos 7 y 8).** Al tratarse de obras de desagüe transversal, este tipo de tubos, se encuentran ubicados al pie de rellenos donde el acceso de personal y maquinaria, en ocasiones, se ve dificultado por la presencia de árboles y abundante vegetación. La ejecución de pistas de acceso permanentes y su posterior mantenimiento en buen estado, resultan fundamentales para las operaciones de limpieza y conservación ordinaria de la obra. Las principales unidades que llevan asociadas estas tareas son:
 - Tala de árboles y arranque de tocones.
 - Despeje y desbroce de vegetación.
 - Extensión y compactación de material transitable en capa de rodadura.
- Limpieza, siega y desbroce de las

bocas (fotos 9 y 10). Resulta fundamental que la circulación del agua a través de la obra, tanto a la entrada como en el interior, no encuentre obstáculos. Lo habitual es programar las labores de siega y desbroce entre los meses de mayo y septiembre. En cuanto a la limpieza de las bocas, es conveniente realizarla después de épocas en las que las precipitaciones hayan sido intensas o continuas en el tiempo, pues es habitual el arrastre de materiales que se acumulan en las bocas de entrada a la obra.

- **Limpieza y despeje de vegetación en márgenes de ríos (fotos 11 y 12).** Este apartado exige la coordinación entre las Administraciones implicadas como son, en el caso de las carreteras, el Ministerio de Fomento y las Administraciones Autonómicas y Locales, y en el caso de los ríos, las Confederaciones Hidrográficas que gestionan las cuen-

cas. Las riberas de los ríos son zonas de abundante vegetación que en épocas de precipitaciones extraordinarias es arrastrada por el aumento del cauce. El material acarreado supone un peligro potencial para este tipo de tubos, ya que existe el riesgo de obstrucción de la obra por árboles o ramas de gran tamaño. Para evitar esta circunstancia conviene elaborar planes forestales que contemplen la tala y despeje de vegetación, en aquellas zonas inundables por crecidas ordinarias.

CORRECTIVO. Rehabilitación integral de la ODT

Tras la toma de datos y evaluación de los mismos en las revisiones descritas en el apartado de inspecciones periódicas, se programan las actuaciones de tipo correctivo. Estas son, por lo general, de mayor envergadura que las anteriores y se han de estudiar para cada obra en particular. Como punto en común a todas ellas des-



Foto 7. Ejecución de pista



Foto 8. Acceso a boca de salida



Foto 9. Cauce obstruido



Foto 10. Retirada de material

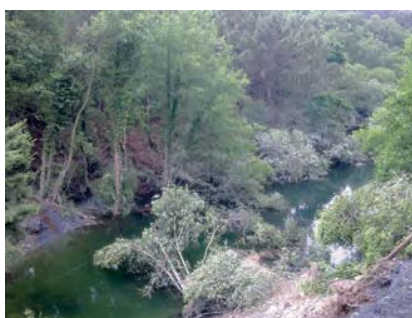


Foto 11. Arrastre de vegetación



Foto 12. Obstrucción tubo y aumento de nivel

taca la utilización de la estructura original de ODT. Partiendo de esta, se analizan las zonas que requieren actuación para asegurar el desagüe de aguas para el que ha sido proyectado.

- **Exterior.** Esta actuación tiene como finalidad aumentar la resistencia estructural de los taludes inmediatos a la obra de desagüe, así como facilitar la canalización de las aguas hacia las bocas de entrada.

- **Ejecución de boquillas y aletas hormigonadas (fotos 13 y 14).** Se trata de una actuación localizada de fácil ejecución y que contribuye, en primer lugar, a evitar la erosión del perímetro de terreno que rodea las bocas y, además, sirve como elemento canalizador de aguas de aguas cuando el caudal aumenta.

- **Estabilización de taludes mediante muro de escollera (fotos 15 y 16).** Por norma general, se trata de una actuación de mayor envergadura que la anterior. Las zonas próximas a las bocas de la ODT que se consideren inestables y puedan provocar desprendimientos de tierras que obstruyan la circulación del agua, han de ser tratadas de forma inmediata. Cuando se presentan casos de este tipo resultan eficaces la ejecución de escolleras de cauce y contención de taludes.

- **Ejecución de cunetas de hormigón a pie de talud (fotos 17 y 18).** Estos elementos de canalización resultan muy efectivos para evitar que el agua discorra libremente, con la consiguiente degradación del talud, produciendo arrastres de tierras, formación de cárcavas y desprendimientos que puedan dañar la ODT.

- **Interior.** La rehabilitación interior de la



Foto 13. Encofrado y hormigonado



Foto 14. Situación final



Foto 15. Estabilización talud superior



Foto 16. Ejecución de escolleras de cauce



Foto 17. Obras sin canalización a pie de talud



Foto 18. Ejecución de cuneta en "V"

obra de desagüe transversal se realiza en función del deterioro que presente.

De esta forma tenemos los siguientes tipos de actuaciones:

- **Ejecución de solera de hormigón (fotos 19, 20 y 21).** Esta actuación

se recomienda cuando la ODT presente deformaciones, corrosión o daños por acarreo en la zona de circulación de aguas. Consiste en ejecutar una solera de hormigón armado con escalones laterales, en



Foto 19. Síntomas de corrosión



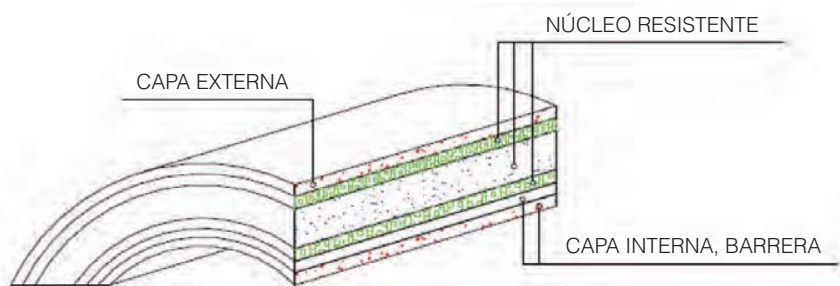
Foto 20. Ejecución de solera



Foto 21. Desencofrado

forma de canal, que haga visitable la obra y facilite el acceso a ella en las labores de limpieza.

- **Rehabilitación mediante tuberías de PRFV.** La utilización de tuberías de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) en recuperación de redes de desagüe envejecidas se ha incrementado de forma



Esquema 1

Capa	Espesor	Composición	Función
Interior o de barrera	1 – 1,5 mm	- Fibra de vidrio entrelazada. - Resinas tipo ortoftálico o isoftálico.	- Resistencia a la abrasión y corrosión. - Impermeable. - Bajas pérdidas por rozamiento. - Propiedades hidráulicas constantes en el tiempo.
Núcleo resistente o estructural	Variable	- Resinas poliéster ortoftálico. - Fibra de vidrio hilo continuo. - Inertes de sílice/cuarzo.	- Resistencia mecánica.
Externa	0,2 – 0,3 mm	- Resinas poliéster ortoftálico. - Fibra de vidrio hilo continuo. - Inertes de sílice/cuarzo.	- Resistencia a agentes externos: ambientales o del terreno.



Foto 22. Introducción tubo PRFV



Foto 23. Sellado zona anular



Foto 24. Vista interior tubo PRFV

considerable en los últimos años. Compuestos por resinas sintéticas o poliéster ortoftálico, fibra de vidrio y sílice, estos materiales son aplicados principalmente en tres capas, para proporcionar una resistencia periférica de alta rigidez y un acabado liso de la superficie interior (véase esquema 1).

Sistema utilizado cuando la tubería presenta deterioros en las juntas de solape y, en general, exista riesgo de filtraciones de

aguas subterráneas presentes en el talud. Se basa en la introducción del tubo de PRFV en el interior de la tubería existente, disminuyendo el diámetro final del conducto, pero mejorando sensiblemente la capacidad de conducción del flujo. Los diámetros disponibles en el mercado van desde 300 a 4 000 mm. Las longitudes requeridas se consiguen mediante juntas elastoméricas utilizadas como elementos de unión entre módulos. El montaje finaliza

con el relleno de la zona anular entre el tubo nuevo y el existente mediante lechada de cemento o arena. Esto es factible gracias a la alta capacidad de carga de los tubos de PRFV, evitando de este modo colapsos de la tubería antigua que puedan dañar la nueva y el efluente de aguas que pueda circular entre ambas (fotos 22, 23 y 24).

- **Revestimiento interior mediante gunitado (fotos 25, 26 y 27).** La gunita es un hormigón de granu-



Foto 25. Colocación malla electrosoldada



Foto 26. Proyección hormigón



Foto 27. Estado final gunita

lometría fina y dosificación alta en cemento, que se proyecta por empuje de aire a alta presión sobre la superficie interior del tubo de acero existente. Como paso previo a esta operación, es preciso colocar una malla electrosoldada o fibras metálicas para conseguir una resistencia mayor en un menor espesor. La principal ventaja de este sistema es que dota a la estructura de una impermeabilización óptima gracias a la ausencia de poros. No se hace necesario el uso de encofrados ni moldes, lo que facilita su puesta en obra. Este tipo de rehabilitación se utiliza en los tubos cuyo diámetro permita el trabajo de los operarios en su interior. Es habitual combinarlo con la ejecución de la solera de hormigón comentada, consiguiendo así la rehabilitación integral que se pretende.

SUSTITUTIVO. Retirada de la obra de desagüe

Es la situación más extrema que se puede plantear. Esto sucede cuando la obra de desagüe sufre daños irreversibles como pueden ser colapso, hundimiento o rotura total, y se hace inviable cualquiera de las actuaciones descritas. Aunque cada situación requiere un estudio particularizado para tomar la solución adecuada, todas tienen en común la retirada del tubo existente. Lo normal es desmontar la plataforma de la carretera por medios mecánicos, acceder hasta la cota donde se ubica la tubería y proceder a su retirada (*fotos 28, 29 y 30*).

Para la reconstrucción del sistema de desagüe se requiere una primera fase de planeamiento, en la que se han de estudiar todos los factores que influyan en la elección de la solución óptima. En cuanto a los aspectos técnicos a tener en cuenta, el primer paso es realizar los cálculos hidráulicos pertinentes en cada caso. En el cálculo de obras de desagüe transversal se parte de unos datos básicos que son los siguientes:

- *Caudal de diseño:* en general, a las obras desagüe transversal le corresponde a un periodo de retorno de 100 años, según se establece en la Norma 5.2-IC "Drenaje Superficial" (3), salvo en aquellos casos donde haya posibilidad de daños catastróficos, para los

que será hasta de 500 años. Se considera daño catastrófico el riesgo de pérdidas de vidas humanas o graves daños personales y las afecciones a núcleos poblados o industriales. Es el dato de partida para todos los cálculos hidráulicos que se van a realizar con objeto de dimensionar la obra de desagüe.

- *Tipo de obra y dimensiones:* es otro de los datos básicos ya que determina todos los parámetros hidráulicos dependientes de la geometría de la sección (circular, rectangular o arcos).
- *Coeficiente de rugosidad del material:* depende del material del tubo. Es necesario para determinar las pérdidas de carga por fricción en el interior.

Se proyectará una estructura capaz de cumplir las condiciones de funcionamiento exigidas.

La forma del conducto proyectado dependerá de las particularidades del terreno, las necesidades de luz libre, las limitaciones de cota por la rasante de la vía y la carga del relleno que soporte. En función de lo anterior, la forma puede ser circular, en bóveda, en arco o rectangular. Los más utilizados son los conductos circulares, aunque en las situaciones donde los caudales de diseño sean más importantes se optará por secciones rectangulares, ya que tienen mayor capacidad. Las secciones en forma de

bóveda se proyectan en los emplazamientos donde la altura del relleno es mayor.

Puesto que se trata de ejecutar una obra en una zona donde el acero corrugado y galvanizado no ha resultado efectivo, el material a emplear será hormigón armado, mucho más resistente en ambientes agresivos con el acero.

El trazado de la nueva obra debe modi-



Foto 28. Desmonte de plataforma



Foto 29. Tubería descubierta



Foto 30. Desmontaje de tubo

ficar lo menos posible el cauce natural, de manera que no se produzca un estrechamiento excesivo a la entrada, manteniendo la pendiente y la alineación.

En cuanto a la puesta en obra, se debe prestar especial atención a la cama de asiento ya que, si el conducto no estuviera bien apoyado o la compactación fuera insuficiente, se podrían producir asentamientos

que afectarían a la plataforma.

A continuación se describen los trabajos que requiere una actuación completa de sustitución de una ODT.

- **Ejecución de una obra de desagüe transversal con prefabricados de hormigón (fotos 31, 32 y 33).**

Una vez definida la sección de la obra de desagüe transversal con los cálculos

hidráulicos correspondientes, se procede a elaborar el programa de trabajos, cuyas fases principales se detallan a continuación:

- **Excavación y retirada de los materiales** que forman el relleno hasta la cota de la obra de desagüe. A medida que dicha excavación avance, se procederá a la formación de una pista que garantice, en un primer momento, la salida de camiones con el material procedente de la excavación y después el acceso de la grúa y camiones que transportan los elementos prefabricados hasta la proximidad de su localización definitiva.

- **Construcción de un caballón o ataguía de contención** que permita la ejecución de los trabajos garantizando la evacuación de las aguas.

- **Demolición de la obra de desagüe existente**, mediante su corte en trozos manipulables y transportables.

- **Excavación y preparación del asiento para la cimentación:**

Se procederá a disponer un asiento de material pétreo, sobre el que se asiente el nuevo conducto de manera que garantice su esta-

bilidad futura.

- **Construcción del cimiento de la bóveda:** Se ejecutará una solera o zapata de hormigón, previo encofrado de sus paramentos.
- **Colocación de elementos prefabricados.**
- **Relleno del trasdós:** Finalizada la colocación de los elementos se procede al relleno del trasdós de los paramentos mediante la aportación y compactación del material granular. Este proceso se hará de forma alternativa y continua por ambos lados del conducto, para evitar desplazamientos o colapsos de éste. Así mismo, se cuidará la compactación para evitar asentamientos futuros.
- **Reconstrucción del relleno y retirada de la ataguía de contención:** Por el procedimiento habitual y cuidando la unión entre las nuevas tongadas y las ya existentes. Paralelamente, se procederá a la puesta en obra de una capa exterior de tierra vegetal que garantice una adecuada restauración e integración paisajista de los trabajos en el futuro. Sobre la capa vegetal, se aplicará una hidrosiembra de especies vegetales en dotación y naturaleza adecuada a la zona en la cual se localiza la obra. Adicionalmente, se procederá a la retirada del material aportado en la ataguía de contención, una vez que la cota del relleno así lo permita.
- **Reconstrucción del firme:** De manera similar a lo ejecutado con el relleno.
- **Señalización y restitución del tráfico:** Finalizado el firme, se procederá a la colocación de la barrera de seguridad conforme a la normativa vigente. Se retirarán a su vez los elementos de balizamiento y señalización.
- **Otras soluciones**

En algunas ocasiones, se presentan factores que no se tuvieron en cuenta en la construcción de la obra original. Si las condiciones hidráulicas requeridas a la hora de sustituir la tubería dañada no se ajustan a ningún tipo de obra de desagüe transversal



Foto 31. Colapso de ODT



Foto 32. Nueva ODT en servicio



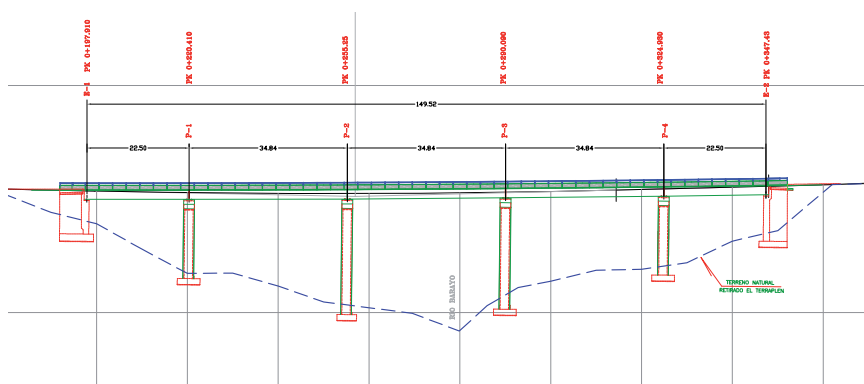
Foto 33. Colocación del elemento prefabricado



Foto 34. Plataforma original



Foto 35. Desmonte de tierras



Esquema 2. Viaducto proyectado

convencional, se propone la construcción de una obra de paso. Esta solución también es recomendable en los casos donde la rasante de la carretera se encuentre excesivamente elevada respecto del cauce, circunstancia que lleva consigo un amplio movimiento de tierras en la fase de relleno una vez colocada la obra de paso. No cabe duda que, en el supuesto que se produzca este caso, sería necesaria la redacción del correspondiente proyecto de construcción, en el que se tengan en cuenta todos los aspectos propios de una estructura de este tipo. Por tanto, se trata del caso más extremo de todos los que son objeto del presente artículo, tratándose de una obra de construcción propiamente dicha y no de una labor de conservación y mantenimiento de las obras de drenaje transversal (fotos 34 y 35 y esquema 2).

Condicionantes externos o particularidades de cada caso concreto, podrían aconsejar la no reconstrucción de la vía haciendo necesaria la búsqueda de soluciones alternativas. Este es el caso, por ejemplo, de factores medioambientales no vigentes en la construcción de la carretera

original, como pueden ser la preservación de reservas naturales. La construcción de nuevas carreteras o vías de gran capacidad y que absorben la mayor parte de la intensidad de tráfico del tramo afectado, pueden dar lugar a habilitar o acondicionar variantes de trazado para salvar la obra de desagüe dañada.

Son muchas las variables que es necesario tener en cuenta en este supuesto, por tanto, cada caso particular habrá de ser estudiado de forma independiente con el fin de alcanzar la solución mas adecuada.

Conclusión

De todo lo expuesto anteriormente se obtiene una idea clara: Las obras de desagüe transversal de acero corrugado y galvanizado requieren un mantenimiento preventivo y una inspección periódica.

A pesar de ser concebidas como un simple elemento canalizador de aguas, la función de este tipo de obras va mucho más allá. Por su ubicación, puesta en obra, material, dimensiones y el entorno que las rodea, su deterioro por falta de manteni-

miento puede provocar daños irreversibles en la carretera y, consecuentemente, interrumpir el tráfico por ella. Dependiendo de la zona por la que discorra la vía afectada existe la posibilidad de que, una avería de este tipo, genere problemas de comunicación, transporte, turismo y, en general, resulten damnificadas determinadas facetas socio-económicas del lugar. La sustitución integral de una ODT de acero corrugado y galvanizado requiere, desde el punto de vista presupuestario, una inversión considerable.

Por tanto, y a tenor de todo lo expuesto, es imprescindible elaborar un programa de trabajo que incluya, la inspección de todas las obras de este tipo, en las que se realice una evaluación de su estado de deterioro, para posteriormente y con esos datos, llevar a cabo un plan de actuaciones preventivas, en todos los casos, y correctivas, en los que lo requieran en función de los daños que presenten. Con ello, se alcanzará un nivel de servicio que garantice el correcto funcionamiento y permita prever situaciones de colapso con la suficiente antelación.

Referencias

- [1] Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG3).
- [2] Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras (Serie monografías. Ministerio de Fomento).
- [3] Instrucción de carreteras 5.2-IC "Drenaje Superficial".
- [4] Sistema de Gestión de Puentes (Manual de inspecciones básicas de la D.G.C. Ministerio de Fomento). ❖