

REHABILITACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

Comité de Puentes.

Asociación Técnica de Carreteras

Grupo de Trabajo Obras de Drenaje Transversal

EDITA:
Asociación Técnica de Carreteras
C/ Monte Esquinza, 24
28010 Madrid

IMPRESIÓN:
Huna Soluciones Gráficas S.L.
Carretera de Fuencarral, 44. Edificio 9.Oficina 15
28108 Alcobendas (Madrid)

ISBN:
978-84-95641-60-7

Impreso en España - Printed in Spain

PRESENTACIÓN

Como continuación de los documentos ya realizados en el seno del Comité de Puentes de la Asociación Técnica de la Carreteras (ATC) se consideró conveniente crear un grupo de trabajo que estudiara de forma específica la problemática de las obras de drenaje transversal (ODT) de carreteras.

Hay que agradecer al citado grupo el tiempo dedicado y el esfuerzo realizado.

Estas importantísimas obras que yo llamaría de “ingeniería sin ingeniero”, vertebran y dan permeabilidad a las autovías y carreteras de todo el mundo. Se han ejecutado con materiales muy diversos, y han tenido una lógica evolución histórica y tipológica ligada al desarrollo de la infraestructura de la que forman parte.

También es justo poner de manifiesto el menosprecio histórico que ha habido hacia este tipo de obras, y, con frecuencia, el afán por optimizar los recursos en su diseño. Sin duda, estas obras aportan a las infraestructuras la necesaria funcionalidad, pero a la vez capacidad de resistencia, por ello debemos ser generosos en su diseño y ejecución para afrontar incertidumbres y riesgos futuros. Hoy día ha cambiado radical y necesariamente su concepción, ya que debe atenderse a las necesidades de mantenimiento (por tanto han de ser visitables, en lo posible, por personas y equipos) y deben tener suficiente capacidad de desagüe y funcionalidad para los requisitos actuales (mayores eventos extremos).

Actualmente la PIARC (Asociación mundial de la carretera) en su plan estratégico 2024-2027 tiene incluidos a los comités internacionales de puentes, obras de tierra y firmes, en el tema “Infraestructura Resiliente (TE4)”. Como ejemplo de la trascendencia que cobra la capacidad de resistencia y recuperación de las infraestructuras ante eventos extremos hoy día.

En todo esto, las obras de drenaje transversal tienen primordial importancia.

Por estas razones el libro que tienen entre sus manos puede ser una referencia útil. El documento por un lado describe los distintos tipos de obras que podemos encontrar. Se describe también la evolución de la normativa existente en esta materia.

REHABILITACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

En el capítulo dos se habla de las patologías más habituales que se pueden encontrar en estas obras. En el tres, de la inspección y evaluación. El capítulo cuatro trata sobre la auscultación y el diagnóstico de este tipo de obras, en el que se incluye una interesante metodología para determinar el estado de conservación y el de mantenimiento a partir de los elementos más importantes de la obra: zona de influencia de la cuenca hidrográfica, embocaduras y dissipadores, y cuerpo principal de la ODT. Y el capítulo cinco detalla las diferentes técnicas de rehabilitación que podemos encontrar. Merece la pena enumerarlas, porque la casuística que rodea a cada una de ellas es muy diversa, en cuanto a dimensiones, accesibilidad, ubicación geográfica, o estado de conservación, entre otros; y todos estos factores justifican el empleo de una u otra solución técnica:

- rehabilitación con tubería continua
- rehabilitación con tubos discontinuos (relining)
- manga continua curada in situ - CIPP
- enrollamiento espiral
- hormigón proyectado con refuerzo
- encofrado con hormigón armado
- entubado ajustado (close fit)

El capítulo seis, habla de los sistemas de protección y reparación de las obras de drenaje transversal de hormigón. El capítulo siete expone el comportamiento mecánico de una rehabilitación y los diferentes métodos de cálculo relacionados, así como los análisis posibles. Por último, el capítulo ocho se dedica a las referencias utilizadas.

En el caso particular de la Red de Carreteras del Estado están inventariadas todas las obras de paso, e integradas en el sistema de gestión de obras de paso. Merecen singular importancia los tubos de acero corrugado por su especial sensibilidad, muchos de ellos, ante eventos extremos.

En España, desde los años 60 y hasta finales de los 90, los tubos de acero corrugado, denominados a veces con el nombre comercial de ARMCO, se han empleado con regularidad especialmente en la ejecución de pequeñas obras de drenaje. La Red de Carreteras del Estado cuenta actualmente más de 2000 obras de esta tipología, de los cuales cerca de 800 tubos de acero son de más de 3m de diámetro; estos últimos suponen aproximadamente el 3% de las obras de paso de más de 3m de luz.

Una parte importante de estas obras están cerca del final de su vida útil, y muchas de ellas presentan o comienzan a presentar problemas relacionados con la corrosión de las chapas, la socavación del lecho o abolladuras y deformaciones de los perfiles. Su conservación, reparación y/o sustitución son por lo tanto temas del mayor interés para la Dirección General de Carreteras.

Desde el año 2010 y hasta el año 2023 se han realizado unas 32 obras específicas en las que se han reparado unos 155 tubos de acero corrugado, empleando técnicas diversas, de las referenciadas en este libro que hoy pueden ya leer.

Por tanto, tenemos que adecuar las infraestructuras existentes ante los nuevos riesgos y eventos que se producen, usando para ello todas las técnicas a disposición. El objetivo es superar los continuos retos y acciones que afectan a nuestras carreteras, y dotarlas de mayor capacidad y resistencia para que no dejen de ser útiles.

Alvaro Navareño Rojo

Presidente del Comité de Puentes
Asociación Técnica de Carreteras (ATC)

REHABILITACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

Este documento ha sido redactado por el Grupo de Trabajo “Obras de Drenaje Transversal” del Comité de Puentes de la Asociación Técnica de Carreteras. Las personas que componen el Grupo de Trabajo son:

- Arturo Barroso Ramos **(coordinador)**
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos en AMIBLU
- Alberto Picardo Pérez
Ingeniero Industrial, Profesor Universitario, Universidad de Sevilla
- José Antonio Gonzalez Meijide
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos en TEMHA y Profesor Universitario, Universidade da Coruña
- Rafael Lahera Molanes
Ingeniero de Minas en AMIBLU
- Noemí Corral Moraleda
Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos en LRA Infrastructures Consulting
- Juan Antonio Revenga
Ingeniero Químico en DRIZORO
- Fernando Sousa
Ingeniero Civil en ASCENDI
- Ibai Mariscal
Ingeniero Industrial en AMIBLU
- Iñaki Jaime Azpiazu
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos en INJELAN
- Kerman Vázquez Fernández
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos en INES Ingenieros Consultores

PRESENTACIÓN

1.	CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL (ODT)	15
1.1.	CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL POR FORMA	17
1.1.1.	Tubo o forma circular	17
1.1.2.	Marcos o formas rectangulares/cuadradas	18
1.1.3.	Bóveda	19
1.1.4.	Tajeas/alcantarillas	20
1.1.5.	Pontones	21
1.1.6.	Otras formas no circulares	21
1.2.	CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE EN FUNCIÓN DE LOS MATERIALES	22
1.2.1.	Hormigón armado	22
1.2.2.	Acero corrugado	23
1.2.3.	Mamposterías y ladrillos (fábrica)	24
1.2.4.	Acero	25
1.2.5.	Materiales plásticos	25
1.3.	CLASIFICACIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL SEGÚN SU COMPORTAMIENTO MECÁNICO.	26
1.3.1.	Estructura rígida	26
1.3.2.	Estructura flexible	27

REHABILITACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

2.	ANOMALÍAS, DEFECTOS, DEGRADACIONES, TRASTORNOS DE LA ESTRUCTURA DE LAS OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL	29
2.1.	TIPOS DE PATOLOGÍAS	29
2.1.1.	Acumulación sedimentos y/o residuos	29
2.1.2.	Erosión	30
2.1.3.	Elevación del agua por encima de lo previsto, salto de agua entre márgenes	30
2.1.4.	Filtraciones	31
2.1.5.	Pérdidas de forma	32
2.1.6.	Roturas	33
2.1.7.	Fallos cimentación	33
2.2.	OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL DE HORMIGÓN ARMADO	34
2.2.1.	Corrosión de armaduras	34
2.2.2.	Pérdidas de material por abrasión	35
2.2.3.	Fisuras y grietas	36
2.2.4.	Desalineación de la estructura	37
2.3.	OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL DE ACERO CORRUGADO	38
2.3.1.	Corrosión	38
2.3.2.	Acumulación de sedimentos	41
2.3.3.	Patinas o manchas blancas	42
2.3.4.	Pérdidas de forma en la sección transversal	42
2.3.5.	Daños en juntas o uniones	44
2.3.6.	Daños en la base del tubo corrugado	46
2.3.7.	Corrosión	48
2.3.8.	Distorsión o pérdida de forma	48
2.3.9.	Perdida de material de relleno	49
2.4.	OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL DE MAMPOSTERÍA	50
2.4.1.	Obstrucción y acumulación de sedimentos	50
2.4.2.	Daños en la mampostería	51

2.4.3.	Socavación de la base	52
2.4.4.	Filtraciones de agua	53
2.5.	OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL DE ACERO	53
2.5.1.	Corrosión	54
2.5.2.	Desgaste	55
2.5.3.	Fatiga	56
2.5.4.	Deformación o pérdida de forma	57
2.5.5.	Fractura o colapso	57
2.6.	OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL DE MATERIALES PLÁSTICOS	58
2.6.1.	Desgaste	58
2.6.2.	Deformación	58
2.6.3.	Fisuras	59
2.6.4.	Roturas/colapso	60
2.6.5.	Estanqueidad	60
2.6.6.	Desalineación	60
3.	AUSCULTACIÓN, DIAGNÓSTICO.	61
3.1.	ACCIONES PREVIAS A LA INSPECCIÓN	62
3.1.1.	La ubicación y los condicionantes del entorno	63
3.1.2.	Consulta de los elementos del proyecto y de los informes anteriores (si los hubiere)	63
3.1.3.	Condiciones de acceso a todos los elementos	64
3.1.4.	Consulta del historial de la estructura	64
3.2.	AUSCULTACIÓN DE LOS COMPONENTES Y SU ENTORNO	65
3.2.1.	Calzadas y terraplenes sobre la obras de drenaje transversal	66
3.2.2.	Cauces y otros elementos de la cuenca	67
3.2.3.	Embocaduras y disipadores de energía	68
3.2.4.	Cuerpo de la obra de drenaje transversal	69

REHABILITACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

3.3.	SEGUIMIENTO DEL COMPORTAMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS A LO LARGO DEL TIEMPO	70
3.4.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE LA OBRA DE DRENAJE TRANSVERSAL	73
3.4.1.	Evaluación del estado de conservación (ECG)	75
3.4.2.	Evaluación de los componentes de la cuenca hidrográfica (canales y zanjas) - ECV	75
3.4.3.	Evaluación de las embocaduras de entrada/salida y los disipadores de energía ECB	76
3.4.4.	Evaluación de los componentes del cuerpo de la obra de drenaje transversal ecc/chapa metálica	77
3.4.5.	Evaluación de los componentes del cuerpo de la obra de drenaje transversal ecc/solera de hormigón	79
3.4.6.	Evaluación de los componentes del cuerpo de la obra de drenaje transversal ECC/tubo hormigón	80
3.4.7.	Evaluación de los componentes del cuerpo de la obra de drenaje transversal ECC/marco de hormigón	82
3.4.8.	Evaluación del estado de mantenimiento (ms)	83
4.	PROCEDIMIENTOS Y SISTEMAS DE REHABILITACIÓN	85
4.1.	REHABILITACIÓN CON TUBERÍA CONTÍNUA	87
4.1.1.	Descripción	87
4.1.2.	Características	88
4.2.	REHABILITACIÓN CON TUBOS DISCONTÍNUOS	89
4.2.1.	Descripción	89
4.2.2.	Características	91
4.3.	MANGA CONTINUA CURADA IN SITU - CIPP	91
4.3.1.	Descripción	91
4.3.2.	Características	93
4.4.	ENROLLAMIENTO ESPIRAL	94
4.4.1.	Descripción	94
4.4.2.	Características	95

4.5.	HORMIGÓN PROYECTADO CON REFUERZO	96
4.5.1.	Descripción	96
4.5.2.	Características	97
4.6.	ENCOFRADO CON HORMIGÓN ARMADO	97
4.6.1.	Descripción	97
4.6.2.	Características	98
4.7.	ENTUBADO AJUSTADO (CLOSE FIT)	99
4.7.1.	Descripción	99
4.7.2.	Características	100
4.8.	CUADRO RESUMEN DE SISTEMAS DE REHABILITACIÓN	101
5.	SISTEMAS PARA PROTECCIÓN Y REPARACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL DE HORMIGÓN	103
5.1.	INTRODUCCIÓN. PRINCIPIOS Y USOS DE PRODUCTOS Y SISTEMAS APLICABLES A ODT DE HORMIGÓN.	103
5.1.1.	Evaluación del estado de la estructura (f1) y la identificación de las causas del deterioro (f2)	105
5.1.2.	Elección de las opciones para la protección y reparación (f2)	107
5.1.3.	Principios y métodos de protección y reparación (f3)	107
5.1.4.	Propiedades de los productos y de los sistemas (f4)	114
5.2.	SISTEMAS DE PROTECCIÓN SUPERFICIAL (EN 1504-2).	115
5.2.1.	Características de las prestaciones de productos de protección superficial	117
5.3.	SISTEMAS DE REPARACIÓN ESTRUCTURAL Y NO ESTRUCTURAL (EN 1504-3)	119
5.3.1.	Características de las prestaciones de los productos de reparación estructural/no estructural	119
5.4.	SISTEMAS DE INYECCIÓN DEL HORMIGÓN (EN 1504-5).	121
5.4.1.	Características de las prestaciones de los productos de relleno/inyección	122
5.4.2.	Clasificación de los productos para inyección	126

REHABILITACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

5.5.	SISTEMAS DE PROTECCIÓN A LA CORROSIÓN DE ARMADURAS (EN 1504-7)	128
5.5.1.	Características de las prestaciones para los usos previstos	128
5.6.	MANTENIMIENTO DESPUÉS DE LA TERMINACIÓN DE LOS TRABAJOS DE PROTECCIÓN Y DE REPARACIÓN	129
6.	COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA REHABILITACIÓN Y MÉTODOS DE CÁLCULO RELACIONADOS	131
6.1	CONSIDERACIONES GENERALES	131
6.1.1	Introducción	131
6.1.2	Acciones y sollicitaciones	132
6.1.3	Comportamiento flexible de la ODT	133
6.1.4	Comportamiento rígido de la ODT	135
6.1.5	Anisotropía	137
6.1.6	Contacto suelo-estructura	137
6.1.7	Vida útil	138
6.1.8	Durabilidad	139
6.1.9	Geotecnia	139
6.2	MÉTODOS DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE REHABILITACIÓN CON REVESTIMIENTOS FLEXIBLES	140
6.2.1	Caracterización del estado de la conducción huésped a rehabilitar	141
6.2.2	Diseño para hacer frente a la acción del nivel freático	144
6.2.3	Diseño frente a otras cargas (suelo, tráfico...)	147
6.2.4	Factores de seguridad parciales y globales	149
6.2.5	Conclusiones y recomendaciones	150

6.3	TIPOS DE ANÁLISIS	151
6.3.1	Instalación de una solera de protección	151
6.3.2	Refuerzo de la contrabóveda	152
6.3.3	Refuerzo general o reemplazo de la ODT	159
6.3.4	Refuerzo mediante una estructura de hormigón armado que se coloca en el interior de la ODT	161
6.3.5	Revestimiento mediante tubo de PRFV	166
7.	FUENTES	171