

**LIBRO:** PRY. PROYECTO  
**TEMA:** CAR. Carreteras  
**PARTE:** 4. PROYECTO DE DRENAJE Y SUBDRENAJE  
**TÍTULO:** 01. Proyectos de Obras Menores de Drenaje  
**CAPÍTULO:** 002. Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje

**A. CONTENIDO**

Esta Norma contiene los criterios generales para ejecutar los análisis necesarios para realizar el diseño hidráulico de obras menores de drenaje, tal como se indica en el Manual M-PRY-CAR-4-01-002, *Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje*.

**B. DEFINICIÓN**

El diseño hidráulico de obras menores de drenaje, que proporciona al proyectista los datos requeridos para elaborar el proyecto de obras menores de drenaje, es el conjunto de trabajos de campo y gabinete que permiten definir tal proyecto, estableciendo el tipo de alcantarilla, sus elevaciones, su posición y sus dimensiones mínimas. Comprende la recopilación de información fisiográfica e hidrológica, el reconocimiento de campo, el levantamiento topográfico, el procesamiento de la información y los análisis hidrológicos e hidráulicos que permitan precisar las características del flujo en el cauce a drenar, así como para determinar el tipo de flujo en la alcantarilla a elegir, entre los seis posibles tipos que existen, como se señala en la Cláusula I. del Manual M-PRY-CAR-4-01-002, *Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje*.

**C. REFERENCIAS**

Es referencia de esta Norma, la norma oficial mexicana NOM-037-SCT2-2012, *Barreras de Protección en Carreteras y Vialidades Urbanas*.

Además, esta Norma se complementa con las siguientes

| NORMAS Y MANUALES  | DESIGNACIÓN        |
|--|--------------------|
| Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías ..... | N-LEG-2            |
| Ejecución del Proyecto de Obras Menores de Drenaje .....         | N-PRY-CAR-4-01-001 |
| Presentación de Proyectos de Obras Menores de Drenaje .....      | N-PRY-CAR-4-01-004 |
| Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje .....              | M-PRY-CAR-4-01-002 |
| Diseño Estructural de Obras Menores de Drenaje .....             | M-PRY-CAR-4-01-003 |

#### D. PERIODO DE RETORNO

El período de retorno se define como el número promedio de años, durante el cual un evento dado es igualado o excedido. El recíproco del período de retorno es la probabilidad de que en cualquier año, ese evento dado sea igualado o excedido. Los periodos de retorno que han de considerarse para determinar los gastos que se utilicen en el diseño de las obras menores de drenaje son:

##### D.1. PERIODOS DE RETORNO PARA EL GASTO DE DISEÑO

El gasto de diseño se calculará para el período de retorno que se determine, considerando la Tabla 1.

**TABLA 1.- Periodos de retorno en función del tipo y de la localización de la carretera**

| Tipo de carretera | Periodo de retorno años | Observaciones  |
|-------------------|-------------------------|--|
| ET, A y B         | 50                      | Carreteras localizadas en zonas no costeras de la República Mexicana |
| ET, A y B         | 100                     | Carreteras localizadas en zonas costeras de la República Mexicana    |

|       |    |  |
|-------|----|--|
| C y D | 25 | Carreteras localizadas en zonas no costeras de la República Mexicana |
| C y D | 50 | Carreteras localizadas en zonas costeras de la República Mexicana    |

**E. ANÁLISIS HIDRÁULICO**

El análisis hidráulico a que se refiere esta Norma será ejecutado por un ingeniero especialista en hidráulica con amplios conocimientos de hidrología y topografía.

Dicho análisis consiste, principalmente, en aplicar el método de Manning y la ecuación de continuidad a la sección o secciones hidráulicas que se indican en la Cláusula D. del Manual M-PRY-CAR-4-01-002, *Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje*, utilizando los coeficientes de rugosidad a que se refiere la Fracción D.1. de dicho Manual, con el propósito de calcular los gastos, tirantes y velocidades de diseño.

**F. ANÁLISIS HIDROLÓGICO**

Se procederá a obtener los gastos máximos como se señala en la Fracción D.2. del Manual M-PRY-CAR-4-01-002, *Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje*.

**G. DISEÑO HIDRÁULICO**

Una vez que se cuente con todos los parámetros obtenidos por medio del estudio hidrológico y del estudio hidráulico de campo y de gabinete, como son el gasto de diseño, el tirante y la velocidad de flujo, podrán analizarse los seis tipos de flujo en alcantarillas mencionados en la Cláusula H. del Manual M-PRY-CAR-4-01-002, *Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje*, y podrá seleccionarse el tipo de obra menor de drenaje. Para tal selección, así como de sus dimensiones, primeramente, hay que considerar el gasto de diseño. Si éste es del orden de tres (3) metros cúbicos por segundo o menor, podrá ser una alcantarilla tubular de uno coma dos (1,2) metros de diámetro o mayor, en función de la velocidad de flujo y del tirante que pueda presentarse en la obra menor de drenaje. Opcionalmente podría seleccionarse una alcantarilla de losa o de cajón, relativamente pequeñas.

Si el valor del gasto se encuentra entre tres (3) y treinta (30) metros cúbicos por segundo, la obra menor podrá ser tubular, de losa, de cajón o de bóveda.

Si el gasto es mayor de treinta (30) metros cúbicos por segundo, es probable que la obra de drenaje a seleccionar sea un puente, dependiendo del tirante y velocidad de flujo.

Se presenta a continuación la Tabla 2 con un resumen de los criterios anteriores:

**TABLA 2.- Resumen de criterios**

| $Q$<br>$m^3/s$      | Tipo probable de alcantarilla  |
|---------------------|--|
| $Q \leq 3,0$        | Tubular, de losa o de cajón, relativamente pequeñas                                    |
| $3,0 < Q \leq 30,0$ | Tubular, de losa, de cajón o bóveda, de dimensiones mayores que las anteriores         |
| $Q > 30,0$          | De losa, de cajón o de bóveda, con sus dimensiones máximas, o quizá se requiera puente |

Para seleccionar el material de que esté compuesta la obra menor de drenaje, se considerará la altura del terraplén (para alturas mayores de quince (15) metros es más conveniente el metálico, desde el punto de vista estructural), del colchón, de las cargas vivas y muertas que se consideren en el proyecto, de la topografía, y del tipo de suelo.

Finalmente, la elección del tipo de alcantarilla que se diseñe quedará sujeta al juicio del proyectista y a lo aprobado por la Secretaría.

Tales tipos de obras menores de drenaje son los siguientes:

### **G.1. ALCANTARILLAS TUBULARES DE CONCRETO**

Las alcantarillas tubulares de concreto son estructuras rígidas que se construyen mediante tubos de concreto simple o reforzado, colocadas sobre el terreno en una o varias líneas, para dar paso libre al agua, de un lado a otro de la vialidad. Se diseñarán como se indica en el Manual M-PRY-CAR-4-1-002, *Diseño Hidráulico de*

*Obras Menores de Drenaje*, y en el Manual M-PRY-CAR-4-01-003, *Diseño Estructural de Obras Menores de Drenaje*.

## **G.2. ALCANTARILLAS DE LÁMINA CORRUGADA DE ACERO**

Las alcantarillas de lámina corrugada de acero son estructuras flexibles para dar paso libre al agua, de un lado a otro de la vialidad, que se construyen mediante tubos o arcos de lámina corrugada de acero, formadas por dos o más placas ensambladas y colocadas sobre el terreno en una o varias líneas. Según su modo de ensamble se clasifican en anidables o seccionables. Se diseñarán como se indica en el Manual M-PRY-CAR-4-01-002, *Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje*, y en el Manual M-PRY-CAR-4-01-003, *Diseño Estructural de Obras Menores de Drenaje*.

Este tipo de alcantarillas no será utilizado en regiones costeras ni lacustres en las que exista el fenómeno de corrosión.

## **G.3. ALCANTARILLAS DE TUBOS CORRUGADOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD**

Las alcantarillas de tubos corrugados de polietileno de alta densidad son estructuras flexibles colocadas sobre el terreno en una o varias líneas, para dar paso libre al agua, de un lado a otro de la vialidad. Se diseñarán como se indica en el Manual M-PRY-CAR-1-04-002, *Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje*, y en el Manual M-PRY-CAR-4-01-003, *Diseño Estructural de Obras Menores de Drenaje*.

## **G.4. ALCANTARILLAS DE LOSA DE CONCRETO HIDRÁULICO**

Las alcantarillas de losa de concreto hidráulico son estructuras rígidas que se construyen para dar paso libre al agua, de un lado a otro de la vialidad, mediante una losa de concreto hidráulico con refuerzo, apoyada sobre muros de concreto hidráulico reforzado o de mampostería, con aleros en la entrada y salida de la obra de drenaje para evitar la erosión del terraplén del camino y para encauzar el flujo hacia el interior de la obra. Se diseñarán como se indica en el Manual M-PRY-CAR-4-01-002, *Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje*, y en el Manual M-PRY-CAR-4-01-003, *Diseño Estructural de Obras Menores de Drenaje*.

### **G.5. ALCANTARILLAS DE CAJÓN**

Las alcantarillas de cajón son estructuras rígidas que se construyen para dar paso libre al agua, de un lado a otro de la vialidad, mediante un marco cerrado de concreto hidráulico reforzado. Éstas pueden ser coladas in situ o prefabricadas. Se utilizan para repartir en un área relativamente grande los esfuerzos ocasionados por las cargas transmitidas por la estructura al suelo de cimentación, cuando éste tiene muy baja resistencia al esfuerzo cortante y cuando es de alta compresibilidad. Se diseñarán como se indica en el Manual M-PRY-CAR-4-01-002, *Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje*, y en el Manual M-PRY-CAR-4-01-003, *Diseño Estructural de Obras Menores de Drenaje*.

### **G.6. ALCANTARILLAS DE BÓVEDA**

Las alcantarillas de bóveda son estructuras rígidas que se construyen de diversos materiales, como mampostería, concreto reforzado, concreto presforzado, lámina corrugada y polietileno de alta densidad, para dar paso libre al agua, de un lado a otro de la vialidad. Pueden estar formadas de una parte inferior rectangular y otra superior de arco circular simple o compuesto. También pueden estar formadas sólo de la parte de arco simple o compuesto, sin la parte rectangular. Se diseñarán como se indica en el Manual M-PRY-CAR-4-01-002, *Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje*, y en el Manual M-PRY-CAR-4-01-003, *Diseño Estructural de Obras Menores de Drenaje*.

### **H. SELECCIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LAS OBRAS MENORES DE DRENAJE, DESDE EL PUNTO DE VISTA HIDRÁULICO**

Una vez definido el tipo de alcantarilla u obra menor de drenaje necesaria para drenar un arroyo dado, se seleccionarán sus dimensiones, las cuales pueden ser muy variables dependiendo del criterio del proyectista toda vez que no solamente dependen del gasto de diseño y del tipo de flujo que pasará por la alcantarilla, sino también son función del tipo y dimensiones de los cuerpos sólidos que arrastre la corriente analizada.

**I. DIÁMETRO MÍNIMO O ALTURA MÍNIMA QUE TENDRÁN LAS OBRAS MENORES DE DRENAJE**

El diámetro mínimo o altura mínima que tendrán las obras menores de drenaje será de uno coma dos (1,2) metros.

**J. ELEVACIÓN DE LA ENTRADA Y DE LA SALIDA DE LAS OBRAS MENORES DE DRENAJE**

Tanto en su entrada como en su salida, salvo en casos especiales, la plantilla de las obras menores de drenaje tendrá la misma elevación que tenga el fondo del cauce en esos sitios. Así, en general, la pendiente de la obra menor de drenaje será igual que la pendiente del fondo del cauce.

**K. CRITERIO RELATIVO A LA DIMENSIÓN VERTICAL DE LAS OBRAS MENORES DE DRENAJE**

Salvo casos especiales, el diámetro o la altura de las obras menores de drenaje será igual o mayor que el tirante de llegada correspondiente al gasto de diseño del cauce, con el fin de evitar que la obra pueda llegar a trabajar sumergida (ver Cláusula I. del Manual M-PRY-CAR-4-01-002, *Diseño Hidráulico de Obras Menores de Drenaje*), lo cual pondría en riesgo la estabilidad de la carretera por exceso de humedad en las terracerías, y por consiguiente se vería comprometida la seguridad de los usuarios de la vía de comunicación.

**L. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD PARA LAS OBRAS MENORES DE DRENAJE**

Las obras menores de drenaje contarán invariablemente con dispositivos de seguridad como barreras de orilla de corona, a fin de que los conductores, al decidir detenerse y orillar su vehículo, lo hagan antes o después del sitio en que se ubique una obra menor de drenaje, evitando así un percance que puede ser grave.

El proyecto del dispositivo de seguridad podrá realizarse conforme a lo señalado en la Norma Oficial Mexicana NOM-037-SCT2-2012, *Barreras de Protección en Carreteras y Vialidades Urbanas*, Capítulo 5, Barreras de Orilla de Corona y Separadoras de Sentidos de Circulación.



## M. DOCUMENTOS DEL DISEÑO HIDRÁULICO

En la elaboración del Informe técnico a que se refiere el Inciso D.1.6. de la Norma N·LEG·2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, según se señala en la Fracción E.8. de la Norma N·PRY·CAR·4·01·001, *Ejecución de Proyectos de Obras Menores de Drenaje*, el Ingeniero o Contratista de Servicios a cuyo cargo esté la ejecución del proyecto incluirá los siguientes documentos:

### M.1. PLANOS

Los planos a los que se refiere la Fracción E.3. de la Norma N·PRY·CAR·4·01·001, *Ejecución de Proyectos de Obras Menores de Drenaje*, y conforme a los criterios que se señalan a continuación:

#### M.1.1. Materiales y dibujo

Los planos de pendiente y secciones hidráulicas, y de alcantarillas existentes sobre el cauce en estudio, se dibujarán sobre papel albanene, herculene o bond, con las dimensiones adecuadas, según se haya establecido, en su caso, en los Términos de Referencia.

Todos los planos se dibujarán con líneas de color negro y en computadora; serán de una sola pieza sin ninguna clase de empalme y contarán con los cuadros de identificación que establezca la Secretaría.

#### M.1.2. Cuadros de cálculo

El plano de sección o secciones hidráulicas contendrá el cuadro de los cálculos hidráulicos que permitió la determinación de las velocidades y los gastos para cada sección hidráulica, así como los correspondientes valores para el gasto de diseño en la sección de cruce.

#### M.1.3. Croquis de localización

El croquis de localización puede ser dibujado fuera de escala, aunque muestre claramente la localización geográfica del sitio, la ubicación física de la obra por proyectar, las



poblaciones cercanas, las rutas de acceso y las distancias aproximadas entre puntos importantes que permitan el acceso al sitio.

## **M.2. INFORME HIDRÁULICO – HIDROLÓGICO**

En el informe hidráulico – hidrológico, cuyo formato se muestra a continuación, se indicarán en forma resumida y ordenada, las características generales y particulares de la corriente y de su cuenca de aportación; la información relevante de su funcionamiento; el resumen de los análisis hidrológicos e hidráulicos; y las conclusiones y recomendaciones.

Los gastos que se reporten se redondearán a la unidad cuando sean mayores de diez (10) metros cúbicos por segundo o a la décima si son menores. Este informe será firmado por el responsable del estudio y en su elaboración se tomará como modelo el formato de la Figura 1 de esta Norma.

## **M.3. INFORME TÉCNICO**

El informe técnico que se indica en la Fracción D.1. de la Norma N-PRY-CAR-4-01-004, *Presentación de Proyectos de Obras Menores de Drenaje*, incluirá copia de los planos y el informe hidráulico – hidrológico a que se refieren las Fracciones M.1. y M.2. de esta Norma, y como apéndices la memoria de cálculo, el archivo electrónico topográfico y el informe fotográfico que se mencionan enseguida.

## **M.4. MEMORIA DE CÁLCULO**

En la memoria de cálculo, que será apéndice del informe técnico a que se refiere la Fracción anterior, se presentarán en limpio los cálculos del procesamiento de la información y de los análisis hidrológicos e hidráulicos que sirvieron para determinar las características fisiográficas e hidrológicas de la cuenca estudiada, los tirantes, velocidades y gastos de la corriente, el gasto de diseño de la alcantarilla y el diseño estructural. La memoria de cálculo también incluirá las fotografías aéreas que en su caso se hayan empleado, y los planos de trabajo que sirvieron de base para la elaboración de los planos originales. Esta memoria estará firmada por el responsable del estudio.

**SCT**

Dirección General de:  
Dirección de:

**INFORME HIDRÁULICO-HIDROLÓGICO**

**ALCANTARILLA EN KM:** \_\_\_\_\_  
**CARRETERA:** \_\_\_\_\_  
**TRAMO:** \_\_\_\_\_  
**ORIGEN:** \_\_\_\_\_  
**RESPONSABLE:** \_\_\_\_\_

**I.- ASPECTOS GENERALES**

La corriente nace a \_\_\_\_\_ km del sitio de cruce y desemboca a \_\_\_\_\_ km aguas abajo, en \_\_\_\_\_.

El área de la cuenca drenada hasta el cruce es de \_\_\_\_\_ km<sup>2</sup>.

En la zona de cruce, la vegetación se puede clasificar como \_\_\_\_\_ y la topografía es \_\_\_\_\_.

El cauce del río en la zona de cruce es:

|                     |                          |           |                          |                            |                          |
|---------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| sinuoso             | <input type="checkbox"/> | estable   | <input type="checkbox"/> | encajonado                 | <input type="checkbox"/> |
| sensiblemente recto | <input type="checkbox"/> | divagante | <input type="checkbox"/> | con llanuras de inundación | <input type="checkbox"/> |

El eje de trazo respecto a la corriente cruza en dirección:  
Normal                      esviada                      ángulo de esviamiento

Si existen obras de drenaje cercanas al cruce sobre la misma corriente, proporcionar de cada uno los datos siguientes:

a) Ubicación  
\_\_\_\_\_

b) Tipo y dimensiones  
\_\_\_\_\_

c) ¿Ha funcionado la alcantarilla a su máxima capacidad?  
\_\_\_\_\_

d) Antigüedad de la alcantarilla  
\_\_\_\_\_

**2.- ANÁLISIS HIDROLÓGICO**

Método aplicado  
\_\_\_\_\_

Se obtuvo un gasto teórico de diseño ( $Q_{TD}$ ) de \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/s.  
El tipo de la obra debe ser  
\_\_\_\_\_  
y sus dimensiones deben ser  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

FIGURA 1.- Formato para Informe Hidráulico-Hidrológico

### **M.5. ARCHIVO ELECTRÓNICO TOPOGRÁFICO**

El archivo electrónico en el que se hayan asentado todos los registros de campo que resultaron del levantamiento topográfico, se presentará como apéndice del informe técnico a que se refiere la Fracción M.3. de esta Norma.

### **M.6. INFORME FOTOGRÁFICO**

En el informe fotográfico, que será apéndice del informe técnico a que se refiere la Fracción M.3. de esta Norma, se ilustrarán las condiciones de la corriente y de los sitios de interés con fotos a color, en original y a tamaño postal debidamente identificadas con pies de foto en que se haga una breve descripción de lo que cada fotografía representa.

### **M.7. ENTREGA DEL ESTUDIO**

El proyecto de las obras menores de drenaje se entregará mediante el informe técnico, en el número de ejemplares que en su caso se haya establecido en los Términos de Referencia, acompañado por sus apéndices y los planos originales. Se adjuntarán los discos compactos que contengan los archivos correspondientes.

## **N. BIBLIOGRAFÍA**

Paul H. Wright y Radnor J. Paquette, *Highway Engineering*, John Wiley and Sons, 5a Edición, EUA (1987).

Ven Te Chow, *Open – Channel Hydraulics*, International Student, Edition, EUA (1959).

Gilberto Sotelo Ávila, *Hidráulica General*, Limusa, México (1979).

F. M. Henderson, *Open Channel Flow*, Mac Millan, EUA (1966).

B. Nekrasov, *Hidráulica*, Editorial Mir (1970).

*User's Guide to the U.S. Geological Survey Culvert Analysis Program*, Versión 97-08, EUA (1997).

Federal Highway Administration, *Hydraulic Design of Highway Culverts*, Third Edition, EUA (2012).

**PRY. PROYECTO**

**CAR. CARRETERAS**

N-PRY-CAR-4-01-002/16

Ray K. Linsley y Joseph B. Franzini, *Water Resources Engineering*, Editorial Mc Graw-Hill, EUA (1964).

Allen T. Hjelmfelt, Jr. y John J. Cassidy, *Hydrology for Engineers and Planners*, Editorial Iowa State University Press, EUA (1975).



SCT

SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES