

LIBRO:	PRY. PROYECTO
TEMA:	CAR. Carreteras
PARTE:	4. PROYECTO DE DRENAJE Y SUBDRENAJE
TÍTULO:	03. Proyecto de Sistemas de Subdrenaje
CAPÍTULO:	002. Determinación del Gasto de Diseño

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los criterios generales para calcular el gasto de diseño para una obra de subdrenaje a que se refiere la Norma N·PRY·CAR·4·03·001, *Ejecución de Proyectos de Sistemas de Subdrenaje*, que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios.

B. DEFINICIONES

B.1. GASTO DE DISEÑO

Es el volumen de agua que pasa en determinado tiempo por un medio permeable, en este caso del terreno bajo el cual se diseñará la obra de subdrenaje.

B.2. COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Parámetro que mide la facilidad con que el agua circula a través del suelo.

B.3. INFILTRACIÓN

Proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo.

B.4. NIVEL PIEZOMÉTRICO

Límite entre el nivel freático y la zona no saturada.

B.5. GRADIENTE HIDRÁULICO

Pérdida de carga hidráulica por unidad de longitud.

C. REFERENCIAS

Son referencia de esta Norma las normas siguientes:

- ASTM D2434-19, *Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)*; publicada por la American Society for Testing and Materials;
- ASTM D4630-19, *Standard Test Method for Determining Transmissivity and Storage Coefficient of Low-Permeability Rocks by In Situ Measurements Using the Constant Head Injection Test*; publicada por la American Society for Testing and Materials; y
- ASTM D4631-18, *Standard Test Method for Determining Transmissivity and Storativity of Low Permeability Rocks by In Situ Measurements Using Pressure Pulse Technique*; publicada por la American Society for Testing and Materials.

Además, esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Ejecución de Proyectos de Sistemas de Subdrenaje	N-PRY-CAR-4-03-001
Determinación del Gasto de Diseño.....	M-PRY-CAR-4-03-002
Filtros.....	N-CMT-3-04-001
Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos.....	M-MMP-1-02

D. DETERMINACIÓN DEL GASTO DE DISEÑO

Con base en la revisión y análisis de la información solicitada en la Cláusula D. de la Norma N-PRY-CAR-4-03-001, *Ejecución de Proyectos de Sistemas de Subdrenaje*, se determinará lo siguiente:

D.1. COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DEL SUELO (K_s)

D.1.1. Cuando la carretera tenga una intensidad de tránsito (ΣL) menor de un (1) millón de ejes equivalentes y dependiendo del tipo de suelo donde se construirá la obra de subdrenaje, el coeficiente de permeabilidad será el indicado en la Tabla 1 de esta Norma. El tipo de material donde se proyectará la obra de subdrenaje se clasificará de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-1-02, *Clasificación de Fragmentos de Roca y Suelos*.

TABLA 1.- Coeficiente de permeabilidad del suelo (K_s) en función del suelo por analizar

Clasificación SUCS	Permeabilidad relativa	Coeficiente de permeabilidad del suelo, K_s (cm/s)
GW	Permeable	$10^{-3} - 10^{-1}$
GP	Permeable a muy permeable	$5 \times 10^{-3} - 10$
GM	Semipermeable	$10^{-7} - 10^{-2}$
GC	Impermeable	$10^{-8} - 10^{-5}$
SW	Permeable	$5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-2}$
SP	Semipermeable a permeable	$5 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-4}$
SM	Impermeable a semipermeable	$10^{-7} - 5 \times 10^{-4}$
SC	Impermeable a semipermeable	$10^{-8} - 5 \times 10^{-4}$
ML	Impermeable	$10^{-8} - 5 \times 10^{-4}$
CL	Impermeable	$10^{-8} - 10^{-6}$
OL	Impermeable	$10^{-8} - 10^{-5}$
MH	Impermeable	$10^{-9} - 10^{-7}$
CH	Muy impermeable	$10^{-10} - 10^{-8}$

D.1.2. Cuando la carretera tenga una intensidad de tránsito (ΣL) entre uno (1) y diez (10) millones de ejes equivalentes y los suelos por analizar estén compuestos por materiales gruesos y finos homogéneos, en los que se puedan obtener muestras inalteradas, el coeficiente de permeabilidad se determinará con algunos de los siguientes métodos de prueba.

D.1.2.1. Permeámetro de carga constante

El coeficiente de permeabilidad en suelos de alta permeabilidad como arenas y gravas se determinará de acuerdo con lo indicado en la norma ASTM D2434-19, *Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)*.

D.1.2.2. Permeámetro de carga variable

El coeficiente de permeabilidad en suelos de mediana a baja permeabilidad, como limos y arcillas, se determinará de acuerdo con lo indicado en la Norma ASTM D2434-19, *Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)*.

D.1.2.3. Prueba de consolidación

El coeficiente de permeabilidad se determinará a partir de la curva de consolidación, resultado de la prueba de consolidación para un intervalo de compresión con ciertos incrementos de carga conforme con el tipo de suelo en estudio y su ubicación en el subsuelo, de acuerdo con lo siguiente:

- a) De la expresión para determinar el factor de tiempo, T , que se muestra a continuación, se despeja el coeficiente de permeabilidad, k .

$$T = \frac{k(1 + e)t}{a_v \gamma_w H^2}$$

Donde:

T = Factor de tiempo, (adimensional)

k = Coeficiente de permeabilidad, (cm/s)

e = Relación de vacíos, (adimensional)

t = Tiempo en un punto de la curva de consolidación, (min)

a_v = Coeficiente de compresibilidad, (cm²/g)

γ_w = Peso específico del agua, (kg/cm³)

H = Altura de la muestra, (cm)

- b) Se podrá elegir cualquier punto de la curva de consolidación, al cual le corresponde un cierto tiempo, t , y un cierto valor de factor de tiempo, T . Se recomienda escoger el punto correspondiente al cincuenta (50) por ciento de consolidación, por ser un punto intermedio entre el cero (0) y el cien (100) por ciento de la consolidación y estar igualmente alejado de los posibles errores en que pudiera haberse incurrido durante los procedimientos para obtener esos valores límite. Para el punto correspondiente al cincuenta (50) por ciento de consolidación, el valor de T es fácilmente recordable, siendo exactamente de $T_{50} = 0,197$, que para casos prácticos se considera como $T_{50} = 0,2$ (adimensional).

- c) Considerando lo indicado en el Punto anterior, se obtiene la siguiente expresión para determinar el coeficiente de permeabilidad, k :

$$k = \frac{a_v \gamma_w H^2}{5(1 + e)t_{50}}$$

- D.1.3.** Cuando la carretera tenga una intensidad de tránsito (ΣL) mayor a diez (10) millones de ejes equivalentes, se definirá el coeficiente de permeabilidad de los suelos por analizar aplicando los ensayos directos siguientes:

D.1.3.1 Ensayo Lefranc

Este ensayo se realiza para medir el coeficiente de permeabilidad en suelos permeables o semipermeables, de tipo granular, situados por debajo del nivel freático, y en rocas muy fracturadas. El coeficiente de permeabilidad se determinará de acuerdo con lo indicado en la Norma ASTM D4631-18, *Standard Test Method for Determining*

Transmissivity and Storativity of Low Permeability Rocks by In Situ Measurements Using Pressure Pulse Technique. El ensayo se efectuará en el interior de sondeos y puede realizarse durante la ejecución de la perforación o una vez finalizando ésta.

D.1.3.2 Ensayo Lugeon

Este ensayo se realiza en el interior de sondeos y permite calcular semicuantitativamente la permeabilidad de los macizos rocosos, en cualquier tipo de litología y estado de fracturación. El coeficiente de permeabilidad se determinará de acuerdo con lo indicado en la Norma ASTM D4630-19, *Standard Test Method for Determining Transmissivity and Storage Coefficient of Low-Permeability Rocks by In Situ Measurements Using the Constant Head Injection Test.*

D.2. COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DEL FILTRO (K_f)

Los materiales considerados para filtros deberán cumplir con las características granulométricas indicadas en la Tabla 2 de esta Norma y que se muestran en la Figura 1 de esta Norma, así como con los requisitos de calidad establecidos en la Norma N-CMT-3-04-001, *Filtros.*

TABLA 2.- Requisitos de granulometría de los materiales para filtros

Designación	Abertura nominal mm	Material que pasa %
1 ½ in	37,5	100
1 in	25	80 - 100
¾ in	19	65 - 100
3/8 in	9,5	40 - 80
N°4	4,75	20 - 55
N°10	2	0 - 35
N°20	0,85	0 - 20
N°40	0,425	0 - 12
N°60	0,25	0 - 9
N°100	0,15	0 - 7
N°200	0,075	0 - 5

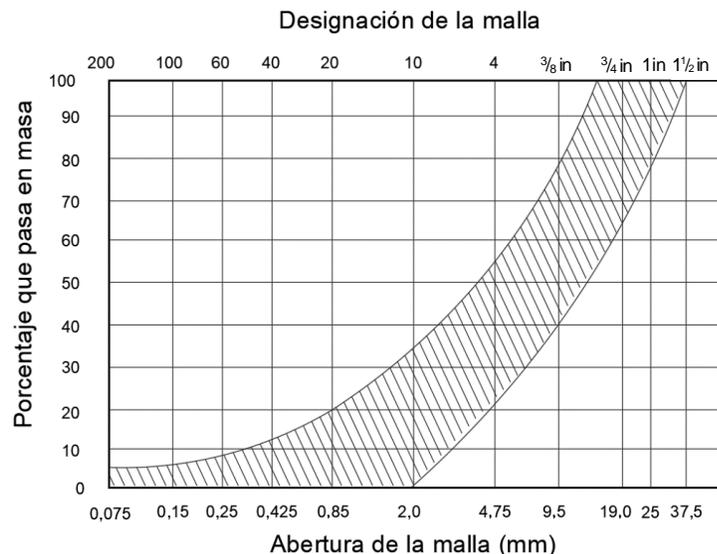


FIGURA 1.- Zona granulométrica recomendable para materiales para filtros

Cuando el material a utilizar contenga características de filtro, se propondrá un valor para el coeficiente de permeabilidad (K_f), considerando las características granulométricas para un material permeable indicados en la Tabla 3 de esta Norma.

TABLA 3.- Coeficiente de permeabilidad del filtro (K_f) en función de la granulometría del material filtrante

Clasificación SUCS	Permeabilidad relativa	Coeficiente de permeabilidad del filtro, K_f (cm/s)
GW	Permeable	$10^{-3} - 10^{-1}$
GP	Permeable a muy permeable	$5 \times 10^{-3} - 10$
GM	Semipermeable	$10^{-7} - 10^{-2}$
GC	Impermeable	$10^{-8} - 10^{-5}$
SW	Permeable	$5 \times 10^{-4} - 5 \times 10^{-2}$
SP	Semipermeable a permeable	$5 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-4}$

D.3. GRADIENTE HIDRÁULICO

El gradiente hidráulico se calculará de acuerdo en lo indicado en el Manual M-PRY-CAR-4-03-002, *Determinación del Gasto de Diseño*.

E. CÁLCULO DEL GASTO DE DISEÑO

Con el coeficiente de permeabilidad del suelo y el gradiente hidráulico se determina el gasto de diseño de acuerdo con lo indicado en el Manual M-PRY-CAR-4-03-002, *Determinación del Gasto de Diseño*. En este Manual también se incluye la determinación del gasto de diseño para el caso de considerar la aportación del agua pluvial infiltrada por juntas y grietas de un pavimento ya en operación.

F. BIBLIOGRAFÍA

Métodos Hidrológicos para Previsión de Esguimientos SCT (1992).

Ven Te Chow, Hidrología Aplicada, McGRAW-HILL (1994).

Raúl Flores Berrones, Flujo de Agua a Través de los Suelos, AMH, IMTA (2000).

COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán 1895

Col. Acacias, Benito Juárez, 03240

Ciudad de México

www.gob.mx/sct