

LIBRO: **PRY. PROYECTO**

TEMA: **CAR. Carreteras**

PARTE: **1. ESTUDIOS**

TÍTULO: 06. Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes

CAPÍTULO: 001. *Ejecución de Estudios Hidráulico-Hidrológicos para Puentes*

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los criterios para la ejecución de los estudios hidráulico-hidrológicos para puentes que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios, para el diseño hidráulico de esas estructuras.

B. DEFINICIÓN

El estudio hidráulico-hidrológico que proporciona al proyectista los datos hidráulicos requeridos para el diseño estructural del puente, es el conjunto de trabajos de campo y gabinete que definen su diseño hidráulico, estableciendo las longitudes mínimas de la estructura y de sus claros, así como el espacio libre vertical mínimo que ha de dejarse entre el nivel de aguas de diseño (NADI) y el lecho inferior de la superestructura. 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, y la determinación del tipo, número, ubicación y funcionamiento de las obras auxiliares que aseguren el comportamiento satisfactorio del puente.

C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS

DESIGNACIÓN

Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías	N-LEG-2
Ejecución de Estudios Geológicos	N-PRY-CAR-1-03-001
Trabajos de Campo.....	N-PRY-CAR-1-06-002
Procesamiento de Información.....	N-PRY-CAR-1-06-003
Análisis Hidrológicos.....	N-PRY-CAR-1-06-004
Análisis Hidráulicos.....	N-PRY-CAR-1-06-005
Presentación del Estudio Hidráulico-Hidrológico para Puentes	N-PRY-CAR-1-06-006

D. REQUISITOS PARA LA EJECUCIÓN DEL ESTUDIO

Además de lo establecido en la Fracción C.1. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, se requiere contar con:

- D.1.** El proyecto geométrico de la carretera para la que se diseñará el puente y sus secciones transversales de construcción, que incluya el trazo, los datos de bancos de nivel, las referencias topográficas y las elevaciones de la subrasante.
- D.2.** El estudio geológico de la zona donde se construirá el puente, realizado de acuerdo con lo indicado en la Norma N-PRY-CAR-1-03-001, *Ejecución de Estudios Geológicos*, que permita inferir la infiltración del agua de lluvia en la cuenca.
- D.3.** Las fotografías aéreas de la zona donde se construirá el puente, a escalas uno a cinco mil (1:5 000) o uno a diez mil (1:10 000), y de ser posible, las restituciones fotogramétricas, a escalas de uno a mil (1:1 000) o uno a dos mil (1:2 000), con el propósito de precisar las características fisiográficas de la cuenca y analizar el comportamiento de la corriente, particularmente cuando se trate de cauces divagantes o con llanuras de inundación extensas, de más de un (1) kilómetro de ancho.
- D.4.** De ser posible, los estudios topohidráulicos, hidrológicos, hidráulico-hidrológicos y modelos de flujo unidimensional o bidimensional, así como los proyectos de otros puentes sobre el

mismo cauce, que puedan servir como modelos a escala natural para el diseño hidráulico del nuevo puente.

E. EJECUCIÓN DEL ESTUDIO

Para la ejecución del estudio, además de lo establecido en la Cláusula D. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, el Ingeniero o Contratista de Servicios realizará las siguientes actividades:

E.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para disponer de los datos que permitan determinar las características fisiográficas e hidrológicas de la cuenca en estudio, obtener la siguiente información:

E.1.1. Información fisiográfica

Las cartas topográficas, geológicas, hidrológicas, edafológicas y de uso del suelo, elaboradas a escala uno a cincuenta mil (1:50 000), e imágenes satelitales de la región donde se ubique la cuenca, que existan en instituciones gubernamentales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y/o privadas. Cuando se trate de cuencas en zonas urbanas, las cartas topográficas serán preferentemente a escala uno a cinco mil (1:5 000).

La información fisiográfica también podrá ser aquella obtenida a partir de tecnología de detección por medio de luz y distancia tipo LIDAR (*Light Detection And Ranging*), la cual se presentará en archivos electrónicos con extensiones SHP, BIN o TIF.

E.1.2. Información hidrológica

Si los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, así lo establecen, la existencia y ubicación de estaciones pluviográficas y pluviométricas dentro de la cuenca y/o de las más cercanas de la región hidrológica, así como estaciones hidrométricas en la corriente en estudio o, en su defecto, en corrientes vecinas con características

fisiográficas semejantes. De existir dichas estaciones, se recabarán los siguientes datos hidrológicos:

- E.1.2.1.** Registros de lluvias en las estaciones pluviográficas y pluviométricas, que contengan información, preferentemente de un periodo igual o mayor que la mitad del periodo de retorno que se establezca para el diseño hidráulico del puente. A mayor número de años de registro y menor área de cuenca, los datos serán más confiables.
- E.1.2.2.** Registros de escurrimientos en las estaciones hidrométricas, que contengan información anual de los aforos de acuerdo con las condiciones geométricas y de rugosidad del tramo donde se ubiquen, preferentemente de un periodo igual o mayor que la mitad del periodo de retorno que se establezca para el diseño hidráulico del puente. Para cuencas con áreas mayores de mil (1 000) kilómetros cuadrados, es deseable contar con por lo menos veinticinco (25) años de registro.

E.2. RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Previo estudio de la información disponible a que se refieren la Cláusula D. y la Fracción E.1. de esta Norma, efectuar un reconocimiento de campo conforme a lo indicado en la Norma N-PRY-CAR-1-06-002, *Trabajos de Campo*, con el propósito de corroborar dicha información, recabar los datos para determinar las características fisiográficas e hidrológicas de la cuenca, observar en lo posible el comportamiento histórico de la corriente y programar los trabajos para el levantamiento topográfico.

E.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Efectuar el levantamiento topográfico del sitio en estudio como se indica en la Norma N-PRY-CAR-1-06-002, *Trabajos de Campo*, con el propósito de: obtener la pendiente geométrica que corresponde al perfil del fondo por el eje del cauce o la pendiente hidráulica que corresponde al perfil de la superficie del agua al realizar el estudio, y definir la pendiente hidráulica media, así como la magnitud de los tirantes y las elevaciones de dicha superficie en las secciones hidráulicas; conocer el comportamiento hidráulico de los puentes cercanos sobre el cauce en estudio, que

por sus condiciones hidráulicas y topográficas semejantes a las del sitio donde se construirá la nueva estructura, constituyan modelos hidráulicos a escala natural que permitan inferir el comportamiento hidráulico del nuevo puente; y elaborar, como se señala en la Fracción C.1. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-006, *Presentación del Estudio Hidráulico-Hidrológico para Puentes*, los siguientes planos:

E.3.1. Planta General

Plano topográfico y planimétrico del área en estudio, que permite representar el funcionamiento hidráulico de la corriente natural; precisar la dirección y sentido del escurrimiento; determinar el esviamiento del puente, así como representar su ubicación; y señalar el tipo, número y ubicación de las obras auxiliares, tales como obras de protección marginal, de encauzamiento y rectificaciones del cauce, entre otras.

E.3.2. Planta Detallada

Plano topográfico y planimétrico del área donde se alojará el puente, que utilizará el proyectista para ubicar los apoyos de la estructura y precisar la elevación de todos los elementos que la constituyen.

E.3.3. Perfil de Construcción

Plano topográfico en el que se representa la configuración del terreno sobre el eje de proyecto de la carretera dentro del área en estudio y que se utilizará para determinar la elevación de la rasante en el sitio de cruce, la longitud del puente, el número de apoyos y su localización, así como la ubicación de las obras auxiliares, de acuerdo con las condiciones topográficas, hidráulicas y de diseño de la estructura.

E.3.4. Perfil Detallado

Plano topográfico en el que se representa la configuración detallada sobre el eje de proyecto de la carretera a lo largo de la estructura por diseñar, que se utilizará en el estudio de

cimentación para indicar la estratigrafía y propiedades del terreno de cimentación.

E.3.5. Pendiente y Secciones Hidráulicas

Plano topográfico en el que se representan la configuración del terreno por el fondo del cauce, así como en las secciones hidráulicas, y los niveles del agua en ambos casos. De él se deducen la pendiente geométrica del cauce y la pendiente hidráulica del agua, tanto en el momento en que se realizó el estudio como para la creciente que corresponda al gasto de diseño.

E.3.6. Puentes sobre el cauce en estudio

Representación gráfica, mediante plantas, perfiles y secciones, de la información geométrica e hidráulica de aquellos puentes sobre el mismo cauce que puedan ser modelos a escala natural para el diseño hidráulico del nuevo puente, que contenga como mínimo, para cada puente existente, su geometría general, la geometría detallada de sus apoyos y el perfil del cauce bajo la estructura.

E.3.7. Croquis de Localización

Representación en planta que indica claramente la ubicación de la obra por diseñar, en relación con el entorno geográfico de la zona, incluyendo las poblaciones, las rutas de acceso y las distancias aproximadas, suficientes para facilitar el acceso al sitio del nuevo puente.

E.4. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Procesar como se indica en la Norma N-PRY-CAR-1-06-003, *Procesamiento de Información*, la información a que se refiere la Cláusula D., así como la que se obtenga conforme a las Fracciones E.1., E.2. y E.3. de esta Norma, tanto de la recopilación de información como del reconocimiento de campo y del levantamiento topográfico, y determinar las siguientes características de la cuenca:

E.4.1. Características fisiográficas

- El área de la cuenca aguas arriba del sitio donde se ubicará el puente.
- La pendiente media y la longitud del cauce principal en la cuenca.
- El coeficiente de escurrimiento de la cuenca en función de las condiciones de su superficie, del uso y de las propiedades hidráulicas del suelo.
- Las pendientes hidráulicas medias del cauce principal.
- Los coeficientes de escurrimiento y de rugosidad, según las características de la vegetación y de los materiales que afecten al flujo en el cauce y, en su caso, en sus llanuras de inundación.
- Los almacenamientos de agua, naturales o contruidos en la cuenca que influyan en el comportamiento hidráulico de la corriente en el sitio del puente por diseñar.

E.4.2. Características hidrológicas

En su caso, las características hidrológicas que se determinarán son:

- Comportamiento histórico de la precipitación.
- Comportamiento histórico del escurrimiento, que comprende parte de la precipitación y cualquier otro flujo contribuyente, drenado por la cuenca aguas arriba del sitio del puente por diseñar.

E.5. ANÁLISIS HIDROLÓGICOS

Con la información procesada como se señala en la Fracción anterior, efectuar los análisis hidrológicos necesarios para calcular los gastos que le permitan realizar el diseño hidráulico del puente, aplicando los métodos hidrológicos que mejor se ajusten a la información disponible, como se indica en la Norma N-PRY-CAR-1-06-004, *Análisis Hidrológicos*.

E.6. ANÁLISIS HIDRÁULICOS

Como se indica en la Norma N-PRY-CAR-1-06-005, *Análisis Hidráulicos*, con base en el levantamiento topográfico y en las características fisiográficas a que se refieren las Fracciones E.3. y E.4. de esta Norma, respectivamente, realizar los análisis hidráulicos necesarios para determinar, en los sitios donde se ubiquen las secciones hidráulicas, los niveles, tirantes y velocidades del flujo, que correspondan a los gastos calculados según la Fracción anterior. Esta información se integrará en el plano de Pendiente y Secciones Hidráulicas a que se refiere el Inciso E.3.5. de esta Norma.

E.7. DISEÑO HIDRÁULICO

Efectuar el diseño hidráulico, que consiste en establecer las longitudes mínimas del puente y de sus claros, así como el espacio libre vertical mínimo que ha de dejarse entre el nivel de aguas de diseño (NADI) y el lecho inferior de la superestructura.

E.8. OBRAS AUXILIARES

Con apoyo en el perfil de construcción referido en el Inciso E.3.3. de esta Norma, el proyecto geométrico y las fotografías aéreas, proponer el tipo, número y ubicación de las obras auxiliares que se requieran, mismas que se indicarán en la Planta General a que se refiere el Inciso E.3.1. de esta Norma, asimismo definir, con apoyo en los análisis hidrológicos e hidráulicos, el funcionamiento de dichas obras.

E.9. INFORME TÉCNICO

Elaborar el Informe Técnico a que se refiere el Inciso D.1.6. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, en la forma indicada en la Fracción C.3. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-006, *Presentación del Estudio Hidráulico-Hidrológico para Puentes*, que incluya el *Informe Topohidráulico-Hidrológico* con el formato establecido en la Fracción C.2. de la última Norma mencionada, así como las consideraciones hidráulicas y topográficas que tome en cuenta el proyectista del puente.

F. MEDICIÓN

Cuando el estudio se efectúe por contrato, para determinar el avance o la cantidad de trabajo ejecutado para efecto de su pago, se medirá conforme a la Cláusula F. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, con las siguientes consideraciones:

F.1. CONTRATO SOBRE LA BASE DE PRECIOS UNITARIOS

Cuando el estudio se contrate sobre la base de precios unitarios, se medirá como se indica a continuación:

F.1.1. Plantas General y Detallada

Las plantas General y Detallada, incluyendo el Croquis de Localización, elaborados a satisfacción de la Secretaría conforme a lo indicado en la Fracción E.3. de esta Norma, se medirán tomando como unidad la hectárea de superficie levantada, con aproximación a un centésimo.

F.1.2. Perfiles de Construcción y Detallado

Los perfiles de Construcción y Detallado, elaborados a satisfacción de la Secretaría conforme a lo indicado en la Fracción E.3. de esta Norma, se medirán tomando como unidad el kilómetro de perfil levantado en el eje de proyecto, con aproximación a un centésimo.

F.1.3. Plano de Pendiente y Secciones Hidráulicas

El plano de Pendiente y Secciones Hidráulicas, elaborado a satisfacción de la Secretaría conforme a lo indicado en la Fracción E.3. de esta Norma, se medirá tomando como unidad el kilómetro de perfil para la pendiente geométrica o hidráulica y de sección hidráulica levantados, con aproximación a un centésimo.

F.1.4. Levantamiento de puentes sobre el cauce en estudio

El levantamiento de puentes sobre el cauce en estudio, elaborado a satisfacción de la Secretaría conforme a lo

indicado en la Fracción E.3. de esta Norma, se medirá tomando como unidad el metro de longitud del puente levantado, con aproximación a la unidad.

F.2. CONTRATO A PRECIO ALZADO

Cuando el estudio se contrate a precio alzado, se medirá como se indica en la Fracción F.2. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*.

G. BASE DE PAGO

Cuando el estudio se efectúe por contrato, en la integración de los precios se considerará lo siguiente:

G.1. CONTRATO SOBRE LA BASE DE PRECIOS UNITARIOS

En el caso de precios unitarios, la base de pago para cada uno de los precios será:

G.1.1. Plantas General y Detallada

El pago de las plantas General y Detallada, incluyendo el Croquis de Localización, se hará al precio fijado en el contrato para la hectárea de superficie total levantada. Este precio unitario incluye lo que corresponda por personal, gastos de operación y rentas según lo establecido en la Cláusula G. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, para el reconocimiento de campo a que se refiere la Fracción E.2. de esta Norma; el replanteo en campo del eje de proyecto, el trazo de las poligonales de apoyo incluyendo su nivelación, la colocación de las estacas y trompos con tachuela en las poligonales de apoyo y en el eje de proyecto, así como de monumentos y referencias topográficas en este último, y el levantamiento de las secciones topográficas y de la planimetría en toda el área en estudio, como se indica en el Inciso D.2.1. y en las Fracciones D.3. y D.4. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-002, *Trabajos de Campo*; y la elaboración de la Planta General, de la Planta Detallada y del Croquis de Localización.

G.1.2. Perfiles de Construcción y Detallado

El pago de los perfiles de Construcción y Detallado, se hará al precio fijado en el contrato para el kilómetro de perfil total levantado en el eje de proyecto. Este precio unitario incluye lo que corresponda por personal, gastos de operación y rentas según lo establecido en la Cláusula G. de la Norma N·LEG·2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, para la nivelación del terreno en el eje de proyecto dentro del área en estudio, realizada según lo señalado en el Inciso D.2.2. de la Norma N·PRY·CAR·1·06·002, *Trabajos de Campo*, y para la elaboración del Perfil de Construcción, así como del Perfil Detallado.

G.1.3. Plano de Pendiente y Secciones Hidráulicas

El pago del Plano de Pendiente y Secciones Hidráulicas, se hará al precio fijado en el contrato para el kilómetro de perfil para la pendiente geométrica o hidráulica y de sección hidráulica levantados. Este precio unitario incluye lo que corresponda por personal, gastos de operación y rentas según lo establecido en la Cláusula G. de la Norma N·LEG·2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, para el levantamiento en campo del perfil para la pendiente geométrica o hidráulica y de las secciones hidráulicas, como se señala en las Fracciones D.5. y D.6. de la Norma N·PRY·CAR·1·06·002, *Trabajos de Campo*; el procesamiento de información, los análisis hidrológicos e hidráulicos, el diseño hidráulico del puente, y la propuesta de obras auxiliares, a que se refieren las Fracciones E.4., E.5., E.6., E.7. y E.8. de esta Norma, respectivamente; y para la elaboración del Plano de Pendiente y Secciones Hidráulicas, así como del Informe Técnico.

G.1.4. Levantamiento de puentes sobre el cauce en estudio

El pago del levantamiento de puentes cercanos sobre el cauce en estudio, se hará al precio fijado en el contrato para el metro de longitud del puente levantado. Este precio unitario incluye lo que corresponda por personal, gastos de operación y rentas según lo establecido en la Cláusula G. de la Norma N·LEG·2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y*

Asesorías, para el levantamiento de las características hidráulicas, geométricas y de distribución del puente construido, como se señala en la Fracción D.7. de la Norma N-PRY-CAR-1-06-002, *Trabajos de Campo*, y la elaboración del o los planos donde se representen gráficamente esas características.

G.2. CONTRATO A PRECIO ALZADO

En el caso de que el estudio se contrate a precio alzado, en la integración de dicho precio se considerará lo que corresponda por personal, gastos de operación y rentas según lo establecido en la Cláusula G. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, para todas las actividades que se indican en la Cláusula E. de esta Norma.

H. ESTIMACIÓN Y PAGO

La estimación y pago del estudio se efectuará conforme a lo señalado en la Cláusula H. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías* y de acuerdo con lo establecido en los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma mencionada.

I. RECEPCIÓN DEL ESTUDIO

Una vez concluido el estudio, la Secretaría lo recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula I. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, y de acuerdo con lo establecido en los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma mencionada, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula J. de la misma Norma.

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS
AV. COYOACÁN 1895
COL. ACACIAS
CIUDAD DE MÉXICO, 03240
[WWW.GOB.MX/SCT](http://www.GOB.MX/SCT)

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
NUEVA YORK 115, 4º PISO
COL. NÁPOLES
CIUDAD DE MÉXICO, 03810
WWW.IMT.MX
NORMAS@IMT.MX