

LIBRO: PRY. PROYECTO

TEMA: CAR. Carreteras

PARTE: 1. ESTUDIOS

TÍTULO: 01. Estudios Topográficos

CAPÍTULO: 002. Trazo y Nivelación de Ejes para el Estudio Topográfico

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene los criterios generales para efectuar el trazo y la nivelación de ejes preliminares y definitivos de la carretera, de las obras menores de drenaje y de los diversos elementos de las obras especiales, para la ejecución de los estudios topográficos para proyecto preliminar y para proyecto definitivo de la carretera y de obras especiales, necesarios para los proyectos geométrico y de terracerías correspondientes, que realice la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios, conforme a lo establecido en la Norma N·PRY·CAR·1·01·001, *Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras*.

B. DEFINICIONES

B.1. TRAZO

Es el conjunto de trabajos necesarios para replantear en el campo los puntos característicos del eje por trazar, según su tipo, tales como los puntos de inflexión (PI), de principio de espiral (TE), de principio de curva circular (PC o EC), de término de curva circular (PT o CE) y de término de espiral (ET), así como los puntos sobre tangente (PST), sobre subtangente (PSST o PSTe), sobre espiral (PSE) y sobre curva (PSC), que identifican secciones especiales, y marcar las estaciones cerradas cada veinte (20) metros.

B.2. ESTABLECIMIENTO DE LAS REFERENCIAS DE TRAZO

Es el conjunto de trabajos necesarios para marcar en el campo los puntos fijos que permitan, en cualquier momento, reponer el trazo, particularmente durante la construcción de la carretera y de sus obras especiales.

B.3. NIVELACIÓN

Es el conjunto de trabajos necesarios para determinar en el campo las elevaciones de todos los puntos característicos replanteados, de las estaciones con cadenamientos cerrados a cada veinte (20) metros y de los puntos singulares que caractericen cambios en la pendiente del terreno.

C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS	DESIGNACIÓN
Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías	N-LEG-2
Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras	N-PRY-CAR-1-01-001
Presentación de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras	N-PRY-CAR-1-01-006

D. PERSONAL Y EQUIPO DE TOPOGRAFÍA

El personal y el equipo para el levantamiento topográfico cumplirán con los siguientes requisitos:

D.1. El personal será especializado en la realización de este tipo de trabajos. El responsable técnico debe ser un ingeniero topógrafo con experiencia en vías terrestres.

D.2. El equipo estará integrado cuando menos por:

D.2.1. Un tránsito con precisión mínima de un (1) minuto y un nivel de mano, para el trazo y nivelación de ejes preliminares y de fondos de cauces.

- D.2.2.** Una estación total del tipo electroóptico, con prismas reflectores y con aproximación mínima en las distancias de dos milímetros más menos tres partes por millón ($2 \text{ mm} \pm 3 \text{ ppm}$) y un (1) segundo en los ángulos o un tránsito con precisión mínima de un (1) segundo, para el replanteo de ejes definitivos y sus rellenos, así como un nivel fijo automático para la nivelación de esos ejes.

E. TRAZO

El trazo en campo de los ejes preliminares de la carretera, de los elementos de una obra especial y de los ejes de los fondos de los cauces, para los estudios topográficos para proyecto preliminar, así como de los ejes definitivos del camino, de dichos elementos y de las obras menores de drenaje, para los estudios topográficos para proyecto definitivo, que se refieren en la Norma N-PRY-CAR-1-01-001, *Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras*, se ejecutará como se indica a continuación:

E.1. TRABAJOS PREVIOS

- E.1.1.** Se fabricarán todas las estacas y trompos que sean necesarios para el trazo y se dispondrá en el campo de todos los materiales necesarios para la construcción de las mojoneras para el establecimiento de los puntos de referencia, según lo indicado en esta Norma.
- E.1.2.** Si el tamaño y la densidad de la vegetación así lo requieren, se abrirán con machete todas las brechas que sean necesarias para el trazo del eje y el establecimiento de sus referencias.

E.2. TRAZO DE EJES PRELIMINARES Y DEFINITIVOS

Se ubicarán en el terreno los puntos característicos del eje por trazar, tales como los puntos de inflexión (PI) y sobre tangente (PST) cuando se trate de un eje preliminar y, cuando sea un eje definitivo, además los puntos de principio de espiral (TE), de principio de curva circular (PC o EC), de término de curva circular (PT o CE), de término de espiral (PT), sobre subtangente (PSST o PSTe), sobre espiral (PSE) y sobre curva (PSC), según sea el caso, con base en sus coordenadas horizontales (x, y) , previamente calculadas y verificadas utilizando el *Registro del*

Cálculo de Coordenadas del Trazo contenido en la Norma N-PRY-CAR-1-01-006, *Presentación de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras* y considerando que:

- E.2.1.** El primer punto del eje preliminar o definitivo de la carretera por trazar, que defina el origen de su cadenamamiento será, si es posible, un punto sobre tangente (PST) de una carretera o vialidad existente, ubicado a cuando menos cien (100) metros de la curva existente más cercana.

Quando no se cuente con las coordenadas $x-y-z$ del punto de origen, para su determinación, la Secretaría podrá autorizar la utilización de una base con dos puntos establecidos mediante el *Sistema de Posicionamiento Global* (GPS por sus siglas en inglés) o bien, a partir de un punto perfectamente identificable tanto en las fotografías aéreas como en las cartas topográficas de la República Mexicana, elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), a escala uno a cincuenta mil (1:50 000), de donde se tomarán sus coordenadas, de las que, para su propagación, se hará una orientación astronómica entre los dos primeros puntos característicos del eje por trazar ubicados en la misma tangente.

Si se trata del eje definitivo de una obra menor de drenaje, su cadenamamiento tendrá su origen en la intersección con el eje definitivo del camino o del elemento de la obra especial que corresponda; será positivo a la derecha de esos ejes, en el sentido de sus respectivos cadenamamientos y negativo a la izquierda. Este origen será un punto característico del eje definitivo del camino o del elemento de la obra especial (PST, PSE o PSC) y se marcará en el campo como se indica en el Inciso E.2.3. de esta Norma.

- E.2.2.** Una vez ubicados los puntos característicos se comprobará que no existan obstáculos en el área de construcción que obliguen a modificar el trazo y de existir éstos se le notificará a la Secretaría para que determine la modificación pertinente.
- E.2.3.** Cada punto característico se marcará mediante un trompo con tachuela que no sobresalga del terreno más de dos (2) centímetros, señalando en el trompo el tipo de punto y su cadenamamiento con aproximación a un (1) centímetro, con

pintura roja cuando se trate de un eje preliminar o azul cuando sea definitivo. Si el punto característico corresponde a la intersección con otro eje, se señalará además su igualdad con el cadenamiento de éste último. En caso de que se trate de un eje definitivo, los puntos de principio de espiral (TE) y de término de espiral (ET) o de principio de curva circular (PC) y de término de curva circular (PT), y sobre tangente (PST), se marcarán en el campo mediante tornillos con cabeza de cruz o varillas de nueve coma cinco (9,5) milímetros de diámetro ($\frac{3}{8}$ in), de diez (10) centímetros de longitud, ahogados en mojoneras de concreto de veinte (20) centímetros de diámetro y cuarenta (40) centímetros de profundidad.

E.2.4. Cuando se trate de un eje definitivo, se marcarán en el campo al menos tres puntos característicos por kilómetro, de acuerdo con lo indicado en el Inciso anterior.

E.2.5. Se establecerán los puntos de referencia de trazo para los puntos característicos del eje, como se indica en la Cláusula F. de esta Norma.

E.2.6. Se marcarán sobre el eje, mediante estacas, los puntos de las estaciones con cadenamientos cerrados a cada veinte (20) metros, señalando en las estacas los cadenamientos correspondientes, con aproximación a un (1) centímetro, con pintura roja cuando se trate de un eje preliminar o azul cuando sea definitivo.

E.3. TRAZO DE EJES DE CAUCES

Cuando así se establezca en 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*, el trazo de los ejes de los fondos de los cauces para los que se propongan obras menores de drenaje, durante la ejecución de un estudio topográfico para proyecto preliminar, se efectuará considerando que:

E.3.1. El cadenamiento del eje por trazar tendrá su origen en su intersección con el eje definitivo del camino o del elemento de la obra especial que corresponda; será positivo a la derecha de esos ejes, en el sentido de sus respectivos cadenamientos

y negativo a la izquierda. Este origen será un punto característico del eje preliminar de la carretera o del elemento de la obra especial (PST, PSE o PSC) y se marcará en el campo como se indica en el Inciso E.2.3. de esta Norma.

E.3.2. Se marcarán sobre el eje del fondo del cauce, mediante estacas, los puntos de las estaciones con cadenamientos cerrados a cada veinte (20) metros, así como los puntos singulares que caractericen cambios en la pendiente del terreno y en la dirección del cauce, señalando en las estacas, con pintura azul, los cadenamientos correspondientes, con aproximación a un (1) centímetro, hasta los límites de la franja en estudio del camino o del área previamente seleccionada donde se proyectará la obra especial, según corresponda.

E.3.3. En caso de que la corriente en el cauce impida la colocación de las estacas a que se refiere el Inciso anterior, se trazará en una de las márgenes, una poligonal de apoyo sustentada en el eje del camino o del elemento de la obra especial, sensiblemente paralela al cauce, hasta los límites de la franja en estudio del camino o del área previamente seleccionada donde se proyectará la obra especial, según corresponda, y cuyos puntos de inflexión (PI) serán los puntos de referencia a partir de los que se obtendrán los niveles del terreno en las estaciones del eje del cauce con cadenamientos cerrados a cada veinte (20) metros y en los puntos singulares que caractericen cambios en su dirección.

El cadenamiento de la poligonal de apoyo tendrá su origen en su intersección con el eje preliminar de la carretera o del elemento de la obra especial que corresponda; será positivo a la derecha de esos ejes, en el sentido de sus respectivos cadenamientos y negativo a la izquierda. Este origen será un punto característico del eje preliminar de la carretera o del elemento de la obra especial (PST) y se marcará en el campo como se indica en el Inciso E.2.3. de esta Norma. Los puntos de inflexión (PI) de la poligonal se marcarán en el campo mediante trompos con tachuela que no sobresalga del terreno más de dos (2) centímetros, en los que se señalará, con pintura azul, sus respectivos cadenamientos, con aproximación a un (1) centímetro, anteponiendo las siglas "PAC" (poligonal de apoyo del cauce).

F. ESTABLECIMIENTO DE LAS REFERENCIAS DE TRAZO Y POLIGONAL DE APOYO

Se establecerán y marcarán en el campo los puntos de referencia que serán los vértices de la poligonal de apoyo a todo lo largo de la ruta de la carretera y que permitirán reponer el trazo en cualquier momento, facilitando las mediciones lineales y angulares para ubicar los puntos característicos del eje, considerando que:

- F.1. Se establecerán dos (2) puntos de referencia intervisibles para cada uno de los puntos de inflexión (PI), de los puntos sobre tangente (PST) que deberán ser visibles y distantes entre sí trescientos (300) metros como máximo, y cuando se trate de un eje definitivo, de los puntos de principio y de término de curva circular (PC y PT) o de los puntos de principio y de término de espiral (TE y ET).
- F.2. Cada punto de referencia se ubicará fuera del probable derecho de vía, en un sitio desde donde sean completamente visibles los lados anterior y posterior de la poligonal de apoyo, y donde no existan obstáculos para realizar las mediciones.
- F.3. Para el caso de los ejes de una obra especial, se podrán tomar como puntos de referencia los vértices del área previamente seleccionada donde se proyectará la obra, siempre y cuando las condiciones de visibilidad así lo permitan.
- F.4. Para el caso del eje definitivo de una obra menor de drenaje, se ubicarán, sobre el mismo y fuera del probable derecho de vía, dos puntos de referencia a la izquierda (TI-1 y TI-2) y dos puntos a la derecha (TD-1 y TD-2) de la intersección de este eje con el eje definitivo del camino o del elemento de la obra especial y estarán referenciados mediante el ángulo de esviaje y su distancia a este punto característico. Los puntos de un mismo lado estarán separados entre sí como mínimo diez (10) metros.
- F.5. Los puntos de referencia se marcarán en el campo mediante tornillos con cabeza de cruz o varillas de nueve coma cinco (9,5) milímetros de diámetro ($\frac{3}{8}$ in), de diez (10) centímetros de longitud, ahogados en mojoneras de concreto de veinte (20) centímetros de diámetro y cuarenta (40) centímetros de profundidad. En sitios de acceso difícil, las mojoneras pueden sustituirse por piedras grandes que sobresalgan de la superficie

del terreno, por troncos de árboles cortados a ras del suelo o por algún otro cuerpo fijo e inamovible. Los puntos de referencia del eje definitivo de una obra menor de drenaje se marcarán mediante trompos con tachuela que no sobresalga del terreno más de dos (2) centímetros.

- F.6.** Con base en las coordenadas horizontales (x, y) de los puntos característicos del eje trazado, previamente calculadas y verificadas, se determinarán las coordenadas de los puntos de referencia, con aproximación a un (1) centímetro.

G. NIVELACIÓN

La nivelación consistirá en obtener las elevaciones del terreno natural, mediante nivelación diferencial, en todos los puntos característicos del eje trazado, sus estaciones con cadenamientos cerrados a cada veinte (20) metros y sus puntos singulares que caractericen cambios en la pendiente del terreno cuando se presenten desniveles mayores de cincuenta (50) centímetros.

G.1. BANCOS DE NIVEL

Cuando los puntos característicos del eje por trazar se hayan determinado a partir de un estudio aerofotogramétrico para proyecto preliminar o para proyecto definitivo, fuera del probable derecho de vía, se establecerán como mínimo dos (2) bancos de nivel por cada kilómetro de trazo, sobre objetos fijos permanentes e inamovibles, considerando que:

- G.1.1.** La elevación del banco de nivel de arranque se determinará a partir de la elevación del punto de control terrestre más cercano, mediante nivelación diferencial y con comprobación de ida y vuelta, y las de los bancos subsecuentes, a partir de los dos bancos de nivel que se establezcan en el subtramo inmediato anterior.
- G.1.2.** La elevación de cada banco de nivel se determinará, mediante la nivelación diferencial del circuito cerrado cuyos vértices correspondan al nuevo banco y los dos bancos de nivel previamente establecidos, en los que se apoye la nivelación, con una tolerancia en el cierre, en milímetros, igual a seis (6) veces la raíz cuadrada de la separación entre bancos de nivel, expresada en kilómetros y con

comprobación, de ida y vuelta, a cada quinientos (500) metros, aproximadamente.

G.1.3. Cada banco de nivel se designará mediante dos números precedidos por las siglas "BN", el primero corresponderá al kilómetro cerrado inmediato posterior a donde se ubique el banco y el segundo, al número de orden de identificación que le corresponda al banco en ese kilómetro. Además, cada banco de nivel estará referido, ya sea radial o normalmente, al cadenamiento en el eje trazado, indicando el lado en que se encuentra y su distancia a dicho eje, así como el tipo de objeto sobre el que se fijó el banco.

G.1.4. Cuando se trate de un estudio topográfico para proyecto definitivo para el que previamente se haya ejecutado un estudio topográfico para proyecto preliminar, podrán tomarse como bancos de nivel los mismos que se utilizaron en aquel estudio.

G.2. NIVELACIÓN DEL EJE

Las elevaciones del terreno natural en todos los puntos característicos, las estaciones con cadenamientos cerrados a cada veinte (20) metros y los puntos singulares del eje trazado, se determinarán mediante nivelación diferencial con comprobación de ida y vuelta, a partir de los bancos de nivel establecidos de acuerdo con lo indicado en la Fracción anterior o, en su caso, utilizados para el estudio topográfico para proyecto preliminar correspondiente. Asimismo, cuando se trate de un estudio topográfico para proyecto definitivo, se verificará que el perfil del terreno obtenido de la nivelación coincida con el perfil deducido en el estudio aerofotogramétrico para proyecto definitivo u obtenido en el estudio topográfico para proyecto preliminar que corresponda y, de detectarse diferencias de más de una equidistancia entre curvas de nivel, se le notificará ese hecho a la Secretaría, para que analice la posibilidad de una modificación al trazo.

H. MEDICIONES EN CAMPO

Todas las mediciones de distancias y de ángulos en el campo, se harán con aproximación de un (1) centímetro y de un (1) minuto, respectivamente. Las elevaciones de los bancos de nivel se

determinarán con una aproximación de un (1) milímetro y las de los ejes trazados, de un (1) centímetro.

I. PRESENTACIÓN DEL TRAZO Y LA NIVELACIÓN

Los datos del trazo y la nivelación de los ejes, de las referencias de trazo y de los bancos de nivel, que permitirán elaborar los planos a que se refiere la Norma N-PRY-CAR-1-01-001, *Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras*, según el tipo de estudio topográfico en ejecución, se asentarán obligatoriamente con tinta en libretas de campo y en los registros que se mencionan a continuación, contenidos en la Norma N-PRY-CAR-1-01-006, *Presentación de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras*, según corresponda y cuyas hojas estarán debidamente numeradas y requisitadas:

- I.1. **Registro de Trazo**, en el que además se anotarán el nombre, esviaje y cadenamamiento con aproximación a un (1) centímetro, de todos los detalles que se encuentren a lo largo del eje trazado y dentro de la franja en estudio del camino o del área previamente seleccionada donde se proyectará la obra especial, según corresponda, tales como: caminos, carreteras y vías férreas, indicando el tipo y magnitud aproximada del servicio que prestan, así como las igualdades de cadenamamiento entre el eje trazado y el de la vía en operación; líneas de energía eléctrica, señalando su voltaje y altura de conductores sobre el terreno; ductos con su diámetro, profundidad y tipo de fluido que conducen; cercas de alambre, piedra u otro material; construcciones, indicando su tipo y dimensiones; ríos, arroyos, canales y otros cuerpos de agua, señalando la elevación del nivel de aguas máximo (NAME) observado en campo. Asimismo se anotarán el régimen de la tierra (ejidal, comunal o propiedad privada), los linderos con nombres de los propietarios o posesionarios y los límites de la división política (municipio o estado).
- I.2. **Registro de Cálculo de Coordenadas del Trazo**, el que contendrá la información necesaria para la determinación de las coordenadas topográficas de los puntos característicos del eje de trazo.
- I.3. **Registro de Referencias de Trazo**, el que además contendrá un croquis que facilite la localización de cada punto de referencia.

- I.4. **Registro de Nivel del Banco**, el que además contendrá un croquis que facilite su localización.
- I.5. **Registro de Nivel del Eje**, en el que además se anotarán el nombre y cadenamamiento con aproximación a un (1) centímetro, de todos los detalles que se encuentren a lo largo del eje trazado, tales como: caminos, carreteras, vías férreas y canales, entre otros, indicando las igualdades de cadenamamiento entre el eje trazado y el de la vía en operación, así como los niveles en sus hombros, centros de línea, fondos de cunetas o canales y hongos de riel. En caso de arroyos, ríos, canales y otras masas de agua, se registrará además la elevación del nivel de aguas máximo (NAME) observado en campo.
- I.6. **Registro de Nivel de Drenaje Menor**, que se utilizará para registrar los datos de la nivelación del eje del fondo de un cauce o del eje definitivo de una obra menor de drenaje y que además contenga un croquis en planta del eje trazado, indicando su esviaje y la igualdad de cadenamamientos de su origen y del eje del camino o del elemento de la obra especial que corresponda, así como los datos que se determinen del análisis de las condiciones topográficas, hidrológicas y de los materiales que se observen durante la ejecución del estudio, tales como área por drenar, coeficiente de rugosidad del terreno, área hidráulica necesaria, pendiente del cauce, material en el cauce y arrastres.

S
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES