Terraplenes

Artículo 220 – 22

220.1 Descripción

220.1.1 Generalidades

Este trabajo consiste en la extensión y la compactación por capas, de los materiales cuyas características se definen en el numeral 220.2 de este artículo, en zonas de dimensiones controladas que permitan, de forma sistemática, utilizar maquinaria pesada con destino a crear una plataforma sobre la que se asiente la estructura de pavimento de una carretera, de acuerdo con los documentos del proyecto.

Su ejecución comprende las siguientes operaciones, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza, descapote y retiro del material inadecuado, demolición, drenaje y subdrenaje:

- Preparación de la superficie de apoyo para el relleno mediante escarificación, nivelación o compactación.
- Extensión de los materiales adecuados, de acuerdo con esta especificación para cada capa y zona del terraplén.
- Humedecimiento o secado de los materiales de la capa.
- Conformación y compactación de cada capa del terraplén.

220.1.2 Partes del terraplén

En los rellenos tipo terraplén se distinguen cuatro partes, cuya geometría es definida por el proyecto:

- Corona (capa subrasante): parte superior del terraplén en la cual se apoya la estructura de pavimento. Debe tener un espesor de cincuenta centímetros (50 cm), salvo cuando los documentos del proyecto indiquen un espesor diferente.
- Cimiento: parte inferior del terraplén en contacto con la superficie de apoyo. Debe tener un espesor mínimo de un metro (1 m) salvo cuando los documentos del proyecto indiquen un espesor diferente.
- Núcleo: parte del relleno tipo terraplén comprendida entre el cimiento y la corona.
- Espaldón: parte exterior del relleno tipo terraplén que, ocasionalmente constituye o forma parte de los taludes de este. El material del espaldón debe envolver lateralmente el núcleo protegiéndolo de los agentes externos. No forman parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural entre los cuales se consideran plantaciones, cubierta de tierra vegetal, protecciones antierosión, etc.

220.2 Materiales

220.2.1 Requisitos de los materiales

Los materiales que se empleen para la construcción de terraplenes deben provenir de las excavaciones de la explanación, de préstamos laterales o de fuentes aprobadas por el interventor. Sus características deben estar determinadas, de acuerdo con su uso en diferentes zonas del terraplén, garantizando en todos los casos la puesta en obra en condiciones aceptables, la estabilidad de la obra y deformaciones tolerables, a corto y largo plazo para las condiciones de servicio del proyecto.

Además de los suelos naturales, se pueden utilizar en terraplenes los productos procedentes de procesos industriales o de manipulación humana, siempre que cumplan las especificaciones de este artículo y que sus características fisicoquímicas garanticen la estabilidad presente y futura del conjunto. Cuando se empleen bloques de concreto reciclado como materiales para la construcción, estos se deben reducir a un tamaño máximo de veinticinco centímetros (25 cm) y no deben tener acero protuberante en más de uno coma cinco centímetros (1,5 cm) de su superficie. En todo caso se debe aplicar lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, y de almacenamiento y transporte de productos de construcción.

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del constructor y los debe realizar, de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, teniendo como referencia las especificaciones del proyecto o los requisitos establecidos en la presente especificación.

Se deben cumplir los requisitos establecidos en los documentos del proyecto o en caso de no estar definidos, se deben cumplir los requisitos expuestos en el numeral 220.2.2 de este artículo.

220.2.2 Clasificación de materiales

Desde el punto de vista de sus características intrínsecas, los materiales se clasifican en los siguientes tipos (todos los valores porcentuales indicados, salvo que se especifique lo contrario, se refieren a porcentaje en peso):

220.2.2.1 Suelos seleccionados

Se deben considerar suelos seleccionados aquellos que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al cero coma dos por ciento ($MO < 0{,}2$ %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Contenido en sales solubles en agua inferior al cero coma dos por ciento ($SS < 0{,}2$ %), según la norma INV E-158.
- Tamaño máximo del agregado menor o igual a cien milímetros ($D_{máx} \leq 100$ mm) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40) menor o igual al quince por ciento ($PP_{40} \leq 15$ %) según la norma INV E-123 o que en caso contrario cumpla todas las siguientes condiciones:
  - Porcentaje que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro. 10) menor del ochenta por ciento ($PP_{10} < 80$ %) según la norma INV E-123.
  - Porcentaje que pasa el tamiz de 0,425 mm (nro. 40), menor del setenta y cinco por

ciento (PP_{40} < 75 %) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) inferior al veinticinco por ciento (PP_{200} < 25 %) según la norma INV E-123.
- Límite líquido menor de treinta por ciento (LL < 30 %), según la norma INV E-125 (ver Figura 220-1).
- Índice de plasticidad menor de diez por ciento (IP < 10 %), según las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1).

- Material no colapsable según la norma INV E-157, para muestra remoldeada según el ensayo normal de compactación INV E-141, y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).

220.2.2.2 Suelos adecuados

Se consideran suelos adecuados aquellos que no pueden ser clasificados como suelos seleccionados y que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al uno por ciento (*MO* < 1 %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Contenido en sales solubles en agua inferior al cero coma dos por ciento (*SS* < 0,2 %), según la norma INV E-158.
- Tamaño máximo del agregado menor o igual a cien milímetros ($D_{máx}$ ≤ 100 mm) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 2,00 mm (nro.10), menor del ochenta por ciento (PP_{10} < 80 %) según la norma INV E-123.
- Porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) inferior al treinta y cinco por ciento (PP_{200} < 35 %) según la norma INV E-123.
- Límite líquido inferior a cuarenta por ciento (LL < 40 %), según la norma INV E-125 (ver Figura 220-1).
- Si el límite líquido es superior a treinta por ciento (LL > 30 %) el índice de plasticidad debe ser superior a cuatro por ciento (IP > 4 %), según las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1).
- Expansión libre en edómetro inferior al dos por ciento (< 2 %), según la norma ASTM D4546.
- Material no colapsable según la norma INV E-157, para muestra remoldeada según el ensayo normal de compactación INV E-141, y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).

220.2.2.3 Suelos tolerables

Se deben considerar como suelos tolerables aquellos que no pueden ser clasificados como suelos seleccionados ni adecuados y que cumplen las siguientes condiciones:

- Contenido en materia orgánica inferior al dos por ciento (*MO* < 2 %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Contenido en otras sales solubles inferior al uno por ciento (*SS* < 1 %), según la norma INV E-158.
- Tamaño máximo del agregado menor o igual a ciento cincuenta milímetros ($D_{máx}$ ≤ 150 mm) según la norma INV E-123.
- Límite líquido inferior a sesenta y cinco por ciento (LL < 65 %), según la norma INV E-125 (ver Figura 220-1).
- Si el límite líquido es superior o igual a cuarenta por ciento (LL ≥ 40 %) el índice de plasticidad debe ser mayor de cero coma setenta y tres del valor resultante de la resta de veinte por ciento al límite líquido

(IP > 0,73 * (LL - 20%)) de acuerdo con las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1) Por lo tanto, si el límite líquido está entre treinta por ciento y cuarenta por-ciento, (30 % ≤ LL < 40 %), el índice de plasticidad debe ser menor o igual a cuatro por ciento (IP≤ 4 %), según las normas INV E-125 e INV E-126.

- Índice de colapso inferior al uno por ciento (< 1 %), según la norma INV E-157, para muestra remoldeada según el ensayo normal de compactación INV E-141, y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).
- Expansión libre en edómetro inferior al tres por ciento (< 3 %), según la norma ASTM D4546.

220.2.2.4 Suelos marginales

Se deben considerar como tales los que no pueden ser clasificados como suelos seleccionados, adecuados o tolerables, por el incumplimiento de alguna de las condiciones indicadas para estos y que cumplen las siguientes condiciones:

- Porcentaje de material que pasa el tamiz de 19,0 mm (3/4 de pulgada) mayor al setenta por ciento (> 70 %) o porcentaje que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) mayor al treinta y cinco por ciento (> 35 %), según la norma INV E-123.
- Contenido en materia orgánica inferior al cinco por ciento (*MO* < 5 %), según la norma INV E-121 o UNE 103204.
- Expansión libre en edómetro inferior al cinco por ciento (< 5 %), según la norma ASTM 4546.
- Límite líquido superior o igual a cuarenta por ciento (LL ≥ 40 %). Si el límite líquido está entre cuarenta por ciento y sesenta y cinco por ciento (40 % ≤ LL < 65 %), el índice de plasticidad debe ser menor o igual a cero coma setenta y tres del valor resultante de la resta de veinte por ciento al límite líquido (IP ≤ 0,73 * (LL - 20 %)) de acuerdo con las normas INV E-125 e INV E-126. Si el límite líquido es superior a noventa por ciento (LL > 90 %), el índice de plasticidad debe ser inferior a cero coma setenta y tres del valor resultante de la resta de veinte por ciento al límite líquido (IP < 0,73 * (LL - 20 %)) de acuerdo con las normas INV E-125 e INV E-126 (ver Figura 220-1).

220.2.2.5 Suelos inadecuados

Se deben considerar suelos inadecuados:

- Los que no se puedan incluir en las categorías anteriores (ver Figura 220-1).
- Las turbas y otros suelos que contengan materiales perecederos u orgánicos.
- Los que puedan resultar insalubres para las actividades que sobre los mismos se desarrollen.

220.2.3 Empleo según zonas del terraplén

De acuerdo con las disposiciones del numeral 220.2.1 y la clasificación de materiales del numeral 220.2.2 del presente artículo, los materiales por emplear en las diferentes zonas del terraplén deben ser los siguientes, a menos que los documentos del proyecto indiquen lo contrario:

220.2.3.1 Corona

Se deben utilizar suelos adecuados o seleccionados siempre que su capacidad de soporte cumpla los requisitos técnicos del proyecto y su índice CBR, correspondiente a

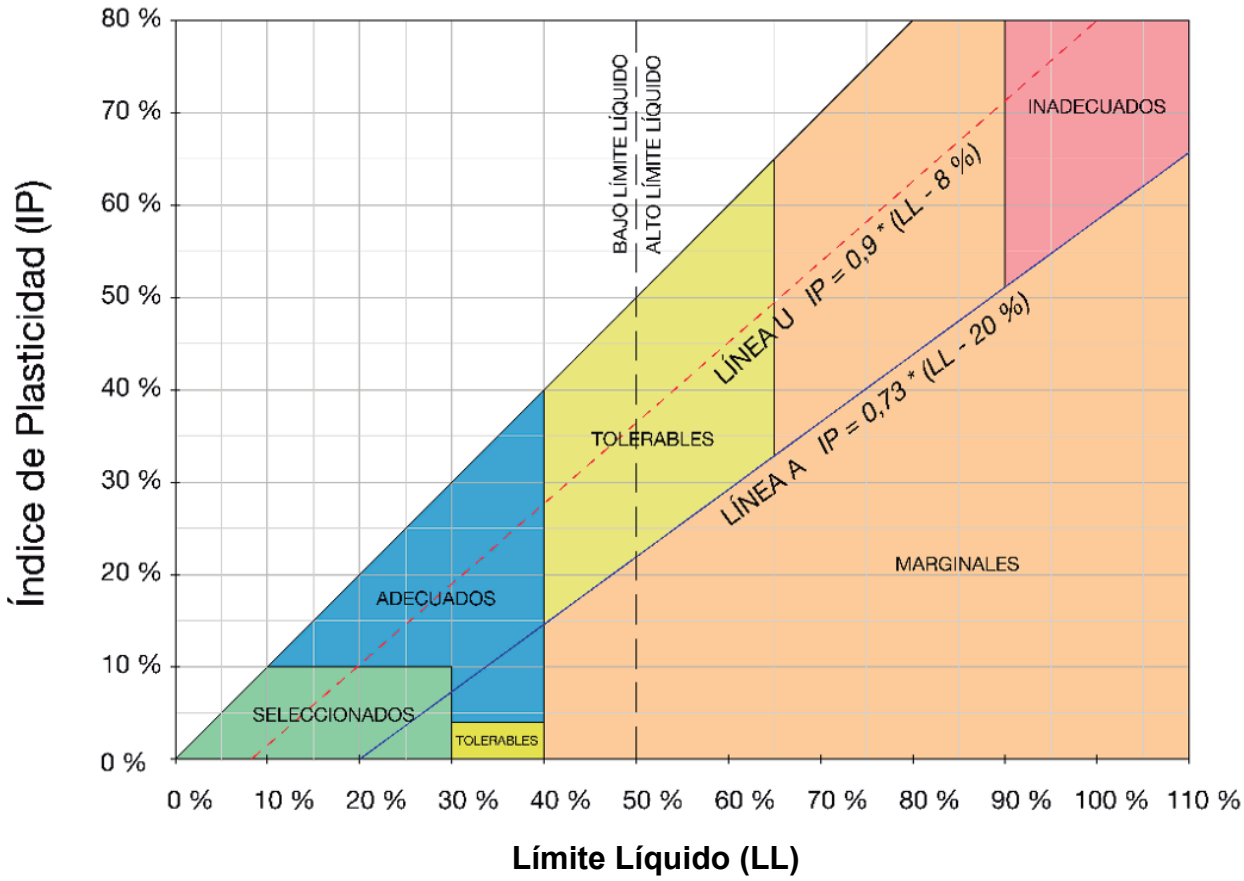


Figura 220 — 1. Criterios de clasificación de materiales según Plasticidad
Fuente: Realizada con base en Dirección General de Carreteras (2002), en Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carretera y Puentes (PG-3).

las condiciones de compactación de puesta en obra, sea como mínimo de cinco (CBR ≥ 5), según la norma INV E-148.

En esta zona no se deben usar suelos tolerables, marginales, expansivos o colapsables. Cuando bajo la corona exista material expansivo o colapsable o con contenido de sulfatos solubles, según la norma INV E-158, mayor del dos por ciento (2 %), la corona debe evitar la infiltración de agua hacia el resto del terraplén, mediante la compactación y el tipo de material o mediante la utilización de medidas complementarias.

220.2.3.2 Cimiento

En el cimiento se deben utilizar suelos tolerables, adecuados o seleccionados siempre que las condiciones de drenaje o estanqueidad lo permitan, que las características del terreno de apoyo sean adecuadas para su puesta en obra y siempre que el índice CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a tres (CBR ≥ 3), según la norma INV E-148.

220.2.3.3 Núcleo

Se deben utilizar suelos tolerables, adecuados o seleccionados, siempre que su índice

CBR, correspondiente a las condiciones de compactación de puesta en obra, sea igual o superior a tres (CBR ≥ 3), según la norma INV E-148.

La utilización de suelos marginales o de suelos con índice CBR menor de tres (CBR < 3) debe estar condicionada por problemas de resistencia, deformabilidad y puesta en obra, por lo que su empleo se debe justificar mediante un estudio especial, aprobado por el interventor, conforme a lo indicado en el numeral 220.2.4 de este artículo. La posible utilización de suelos colapsables, expansivos, con sales solubles, con materia orgánica o de cualquier otro tipo de material marginal (según la clasificación del numeral 220.2.2), se debe regir por lo indicado en el numeral 220.2.4 de este artículo.

220.2.3.4 Espaldones

Se deben utilizar materiales que satisfagan las condiciones que defina el proyecto, en cuanto a impermeabilidad, resistencia, peso estabilizador y protección frente a la erosión.

No se deben usar en estas zonas suelos marginales expansivos o colapsables, según lo definido en el numeral 220.2.4 de este artículo.

Cuando en el núcleo exista material expansivo o colapsable o con contenido de sulfatos solubles, según la norma INV E-158, mayor del dos por ciento (2 %), los espaldones deben evitar la infiltración de agua hacia el núcleo bien por la naturaleza y la compactación del material o mediante la adopción de medidas complementarias.

220.2.3.5 Materiales estabilizados

En el cimiento, núcleo y corona del terraplén, se pueden emplear materiales estabilizados o mejorados, mediante métodos técnicamente reconocidos que cuenten con especificaciones técnicas del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS). En ausencia de ellas se puede recurrir al procedimiento indicado en el numeral 101.1 del artículo 101, Documentos de referencia y consulta, siempre y cuando los procedimientos de estabilización, mejora o secado cuenten con el aval del interventor. En todo caso, se debe verificar que se cumplan las especificaciones de desempeño de los documentos del proyecto y los requisitos de índice de CBR, expansividad y colapso descritos en los anteriores numerales. Para los materiales estabilizados o mejorados con cemento o cal se aplican, respectivamente, las disposiciones de los artículos 235, Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cemento, y 236, Estabilización de suelos de subrasante y terraplén con cal, de las presentes especificaciones.

220.2.4 Precauciones especiales para el uso de materiales marginales

Los suelos marginales, definidos en el numeral 220.2.2 de este artículo, se pueden utilizar en algunas zonas de la obra, siempre que su uso se justifique mediante un estudio especial, aprobado por el interventor.
Este estudio de usos de materiales marginales debe contemplar explícitamente y con detalle, al menos los siguientes aspectos:

- Determinación y valoración de las propiedades que confieren al suelo su carácter marginal.

- Influencia de dichas características en los diferentes usos del suelo dentro de la obra. Posible influencia en el comportamiento o evolución de otras zonas o elementos de la obra.
- Estudio detallado donde se indiquen las características resistentes del material y los asentamientos totales y diferenciales esperados, así como la evolución futura de estas características.
- Conclusión justificada de los posibles usos del material en estudio.
- Cuidados, disposiciones constructivas y prescripciones técnicas por adoptar para los diferentes usos del suelo dentro de la obra.

En ningún caso se deben emplear suelos marginales un metro (1 m) bajo el nivel superior de la corona o los taludes del terraplén. En los siguientes numerales se detallan algunas consideraciones sobre el uso de distintos tipos de suelos en los terraplenes.

220.2.4.1 Suelos colapsables

Se deben considerar suelos colapsables aquellos en los que una muestra remoldeada y compactada con la densidad y el contenido de agua del ensayo normal de compactación, según la norma INV E-141, sufra un asiento superior al uno por ciento (1 %) de la altura inicial de la muestra cuando se ensaye según la norma INV E-157 y presión de ensayo de doscientos kilopascales (200 kPa).

Los suelos colapsables no se deben usar en la corona ni en los espaldones. Su uso en el núcleo y en el cimiento debe estar sujeto a un estudio especial que, teniendo en cuenta la funcionalidad del terraplén, el grado de colapsabilidad del suelo, las condiciones climáticas y de niveles freáticos, defina las disposiciones y cuidados por adoptar para su uso.

Se recomienda compactar estos suelos ligeramente del lado húmedo, en relación con el contenido de agua óptimo del ensayo de compactación de referencia. No obstante, el método de compactación definitivo debe ser definido en el estudio especial aprobado por el interventor.

220.2.4.2 Suelos expansivos

Se consideran suelos expansivos aquellos en los que en una muestra remoldeada y compactada con la densidad y contenido de agua óptimos del ensayo normal de compactación, según la norma INV E-141, supere un hinchamiento libre del tres por ciento (3 %) según la norma ASTM D4546.

Los suelos expansivos así definidos, no se deben utilizar en coronación ni en los espaldones ya que en estas zonas son más pronunciadas las variaciones estacionales del contenido de agua. Si resultara inevitable su empleo en el núcleo, se debe realizar un estudio especial que defina las disposiciones y los cuidados por adoptar durante la construcción, teniendo en cuenta la funcionalidad del relleno tipo terraplén, las características de permeabilidad de la coronación y espaldones, el hinchamiento libre y las condiciones climáticas.
No se puede usar en ningún caso aquellos suelos cuyo hinchamiento libre, sea superior al cinco por ciento (5 %).

Se recomienda compactar estos suelos ligeramente del lado húmedo, en relación con el contenido de agua óptimo del ensayo de compactación de referencia. No obstante, el

método de compactación definitivo debe ser definido en el estudio especial aprobado por el interventor.

220.2.4.3 Suelos con sales solubles

La utilización de materiales con sales solubles en agua debe ser la siguiente, de acuerdo con su contenido:

- Menor del cero coma dos por ciento (0,2 %): utilización en cualquier zona del terraplén.
- Entre el cero coma dos y el uno por ciento (0,2 % — 1 %): utilización en el núcleo del terraplén, sin necesidad de tomar precauciones especiales en coronación y espaldones.
- Mayor del uno por ciento (1 %): se requiere un estudio especial, aprobado expresamente por el interventor de las obras.

220.2.4.4 Suelos con materia orgánica

El contenido de materia orgánica se debe determinar según la norma INV E-121 o UNE 103204. Estas normas incluyen como materia orgánica todas las sustancias oxidables existentes en la muestra ensayada, por tanto, cuando las sustancias oxidables no orgánicas puedan influir de forma importante sobre los resultados obtenidos, el interventor puede autorizar que el contenido de materia orgánica se obtenga descontando los materiales oxidables no orgánicos, determinados según el método explícitamente aprobado por este.

La norma INV E-121 emplea el método de obtención por ignición, el cual en algunos materiales puede arrojar resultados mayores debido a la calcinación parcial de algunos minerales a la temperatura de ensayo. La norma UNE 103204 describe un método químico para la obtención de la materia orgánica por lo que puede ser usado en los casos en los que se sospecha menor confiabilidad de los métodos por ignición. Cuando se cuente con los resultados de ambos métodos, se debe dar prioridad a los obtenidos mediante métodos químicos. En rellenos tipo terraplén de hasta cinco metros (5 m) de altura, se puede admitir en el núcleo materiales con hasta un cinco por ciento ($MO \leq 5$ %) de materia orgánica, siempre que las deformaciones previsibles se hayan tenido en cuenta explícitamente en el proyecto.

Para terraplenes de más de cinco metros (5 m) de altura, el uso de suelos con porcentaje de materia orgánica superior al dos por ciento ($MO > 2$ %) se debe justificar con un estudio especial, aprobado por el interventor.

En la corona, el contenido de materia orgánica debe ser inferior al uno por ciento ($MO < 1$ %).

220.3 Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de terraplenes debe ser el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, y en cumplimiento de las exigencias de la presente especificación. Es responsabilidad del constructor su selección.

Dicho equipo debe ser mantenido en óptimas condiciones de operación, durante el tiempo que dure la obra y debe ser operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo

y a criterio del interventor y por instrucción de este, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se debe suspender inmediatamente el trabajo, en tanto que el constructor corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, son responsabilidad del constructor.

220.4 Ejecución de los trabajos

220.4.1 Generalidades

Los trabajos de construcción de terraplenes se deben efectuar siguiendo los procedimientos contemplados en los documentos del proyecto puestos a consideración del interventor y aprobados por este. Su avance físico se debe ajustar al programa de trabajo. Cuando los documentos del proyecto no especifiquen procedimientos se deben entender como requisitos mínimos los dispuestos en esta especificación.

Si los trabajos de construcción o ampliación de terraplenes afectan el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones y cruces con otras vías, el constructor es responsable de tomar las medidas para mantenerlo adecuadamente.
Cuando se haya programado la construcción de las obras de arte previamente a la elevación del cuerpo del terraplén, no se debe iniciar la construcción de este antes de que las alcantarillas y los muros de contención se terminen en un tramo no menor de quinientos metros (500 m) adelante del frente del trabajo, en cuyo caso se deben concluir también, en forma previa, los rellenos de protección que tales obras necesiten.

220.4.2 Preparación del terreno

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, deben estar terminadas las labores de desmonte y limpieza, según se especifica en el artículo 200, Desmonte y limpieza; y las demoliciones de estructuras que se requieran, según se especifica en el artículo 201, Demolición y remoción.

Se debe excavar y retirar la capa vegetal y todo material inadecuado, según el artículo 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos. También se deben implementar las medidas de drenaje definitivo indicadas en los documentos del proyecto y de drenaje provisional contempladas por el constructor en su método constructivo. Si las condiciones del sitio requieren medidas adicionales para garantizar la estabilidad del terraplén, el interventor debe determinar los eventuales trabajos de descapote y retiro del material inadecuado, así como el drenaje del área base según los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 600, Excavaciones varias; y 673, Subdrenes con geotextil y material granular.

Cuando el terreno base esté limpio y drenado satisfactoriamente, se debe escarificar, conformar y compactar, de acuerdo con las exigencias de compactación definidas en la presente especificación, en una profundidad de quince centímetros (15 cm). En el caso de terraplenes cimentados sobre afirmados o pavimentos existentes, se deben escarificar al menos diez centímetros (10 cm) del material, el cual se debe reducir hasta alcanzar tamaños máximos de diez centímetros (10 cm), para luego regarse, mezclarse y compactarse. Cuando el terreno de fun-

dación sea roca o terreno rocoso, se debe fundar el terraplén directamente sobre este, en su estado natural.

En las zonas de ensanche de terraplenes existentes o en la construcción de estos sobre terreno inclinado, el talud existente o el terreno natural se debe cortar en forma escalonada, de acuerdo con los documentos del proyecto o las instrucciones del interventor, para asegurar la estabilidad del terraplén nuevo. Este procedimiento es obligatorio en pendientes transversales mayores de veinte por ciento (20 %).

Dado que las operaciones de desbroce, escarificado y escalonado de las pendientes dejan la superficie de terreno fácilmente erosionable por los agentes atmosféricos, estos trabajos no se deben llevar a cabo sino hasta el momento previsto y en las condiciones oportunas, para reducir al mínimo el tiempo de exposición, salvo que se recurra a protecciones de la superficie.

Cuando lo señale los documentos del proyecto, la capa superficial de suelo existente que cumpla lo estipulado en el numeral 220.2, se debe mezclar con el material que se va a utilizar en el terraplén nuevo.
En general y especialmente en las medias laderas donde, a corto y largo plazo, se prevea la presencia de agua en la zona de contacto del terreno con el relleno, se deben ejecutar las obras necesarias, recogidas en el proyecto, para mantener drenado dicho contacto.

Si el terraplén debe ser construido sobre turba o suelos blandos, se debe asegurar la eliminación total o parcial de estos materiales. Si lo anterior fuera impráctico, se debe considerar su tratamiento previo y consolidación, o la utilización de otro medio indicado en los documentos del proyecto o propuesto por el constructor y autorizado por el interventor, que permita mejorar la calidad del soporte, con el fin de resistir los esfuerzos debidos al peso del terraplén terminado.

Si se encuentra considerado en los documentos del proyecto, la superficie de apoyo se puede preparar tendiendo directamente sobre el suelo blando uno o varios geosintéticos, encima de los cuales se debe construir el cuerpo del terraplén. La colocación de los geosintéticos se debe realizar de conformidad con los documentos del proyecto y siguiendo las disposiciones del artículo 232, Estabilización de suelos de subrasante con geotextil.

En casos especiales, cuando los terraplenes se deban construir en zonas pantanosas, se debe colocar material en una (1) sola capa hasta la elevación mínima a la cual pueda trabajar el equipo. Por encima de dicha elevación, el terraplén se debe construir por capas que se deben compactar con los niveles de densificación señalados en el numeral 220.5.2.2.2.

220.4.3 Cuerpo del terraplén

El interventor solo debe autorizar la colocación de materiales de terraplén cuando el terreno base esté adecuadamente preparado, según se indica en el numeral 220.4.2 de este artículo.

El constructor debe colocar estacas espaciadas a no más de veinte metros (20 m) entre sí, que delimiten el pie del terraplén, dejando puntos de referencia, tanto altimétricos como

planimétricos, que permitan en cualquier momento reponer las estacas que se pierdan o deterioren.

Los suelos de escasa o nula cohesión se pueden emplear en la construcción del cuerpo del terraplén, siempre que dicho material quede confinado lateralmente con suelos cohesivos y no erosionables, y que cumplan lo estipulado para suelos seleccionados o adecuados en el numeral 220.2.2, en un ancho mínimo de un metro (1 m) medido horizontalmente desde la línea de talud hacia el cuerpo del terraplén.

El material del terraplén se debe colocar en capas sensiblemente paralelas y de espesor uniforme, el cual debe ser lo suficientemente reducido para que, con los equipos disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido. Este espesor no debe ser mayor a treinta centímetros (30 cm) antes de la compactación, salvo que se garantice alcanzar las densidades de diseño y el interventor autorice lo contrario. En todos los casos, el espesor de la capa debe ser superior a tres medios (3/2) del tamaño máximo del material a utilizar.

Los materiales de cada capa deben ser de características uniformes. No se debe extender ninguna capa, mientras no se haya comprobado que la subyacente cumple las condiciones de compactación exigidas. Se debe garantizar que las capas presenten adherencia y homogeneidad entre sí. Cuando se trate de terraplenes nuevos, cada capa debe ser extendida y compactada a todo lo ancho de la sección transversal.

Es responsabilidad del constructor asegurar un contenido de agua que garantice el grado de compactación exigido en todas las capas del cuerpo del terraplén. En los casos especiales en que el contenido de agua del material sea considerablemente mayor que el adecuado para obtener la compactación prevista, y el exceso de agua no pueda ser eliminado por el sistema de aireación, el constructor debe proponer y ejecutar los procedimientos más convenientes para reducirlo con previa autorización del interventor.

Obtenido el contenido de agua más conveniente, se debe compactar de manera mecánica la capa. En los cimientos y los núcleos de terraplenes, las densidades secas que alcancen no deben ser inferiores a las mínimas exigidas, de acuerdo con el numeral 220.5.2.2.2.

El trabajo se debe realizar comenzando desde los bordes del terraplén, avanzando hacia el centro con pasadas paralelas traslapadas en, por lo menos, la mitad del ancho de la unidad compactadora. En curvas peraltadas, la compactación debe comenzar en la parte baja y avanzar hacia la más alta.

Toda la superficie debe recibir el número suficiente de pasadas completas para obtener una compactación uniforme en todo el ancho del terraplén, y satisfactoria según las exigencias del numeral 220.5.2.2.2.

Se debe conseguir que todo el perfil del relleno tipo terraplén quede debidamente compactado, para lo cual, se puede dar un sobreancho a la capa del orden de un metro (1 m) que permita el acercamiento del compactador al borde para después recortar el talud. Estos sobreanchos no se deben considerar en la medición de volúmenes para el pago.

Durante la ejecución de las obras, la superficie de las capas debe tener la pendiente transversal necesaria, en general en torno al cuatro por ciento (4 %), para asegurar la evacuación de las aguas sin peligro de erosión y evitar empozamientos. En terraplenes de más de cinco metros (5 m) de altura, y en todos aquellos casos en que sea previsible una fuerte erosión de la superficie exterior del relleno, se deben construir estructuras de conducción que lleven las aguas hasta bajantes dispuestas para controlar las aguas de escorrentía. Se debe proceder asimismo a la adopción de las medidas protectoras del entorno, previstas en los documentos del proyecto o indicadas por el interventor, frente a la acción, erosiva o sedimentaria, del agua de escorrentía.

Las capas susceptibles de saturarse durante la vida del relleno tipo terraplén se deben construir, de acuerdo con los documentos del proyecto, con un material en el que la granulometría impida el arrastre de partículas y en el que las deformaciones que se puedan producir al saturarse sean aceptables para las condiciones de servicio definidas en dichos documentos.

Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando para la compactación, se deben compactar con equipos apropiados para el caso, en tal forma que las densidades secas obtenidas no sean inferiores a las determinadas en esta especificación para la capa del terraplén que se esté compactando.

220.4.4 Corona del terraplén

Salvo que los documentos del proyecto o las especificaciones particulares establezcan algo diferente, la corona debe tener un espesor compacto de cincuenta centímetros (50 cm) construidos en, mínimo, dos capas, las cuales se conforman utilizando suelos seleccionados o adecuados, según lo establecido en el numeral 220.2.3. Los suelos se deben humedecer o airear según sea necesario, y se deben compactar mecánicamente hasta obtener los niveles señalados en el numeral 220.5.2.2.2.

Los terraplenes se deben construir hasta una cota superior a la indicada en los documentos del proyecto, en la dimensión suficiente para compensar los asentamientos producidos por efecto de la consolidación y obtener la rasante final a la cota proyectada, con las tolerancias establecidas en el numeral 220.5.2.2.2.

Si por causa de los asentamientos, las cotas de subrasante resultan inferiores a las proyectadas, incluidas las tolerancias indicadas en esta especificación, se debe escarificar la capa superior del terraplén en el espesor que apruebe el interventor y adicionar del mismo material utilizado para conformar la corona, efectuando la homogeneización, humedecimiento o secamiento y compactación requeridos hasta cumplir las cotas de subrasante.

Si las cotas finales de subrasante resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias de esta especificación, el constructor debe retirar, a sus expensas, el espesor en exceso. Este retiro no puede afectar desfavorablemente ni el grado de

compactación ni la pendiente transversal exigida a esta capa.

En la corona de terraplenes, la densidad seca que se alcance con el proceso de compactación no debe ser inferior a la mínima exigida en el numeral 220.5.2.2.2.

220.4.5 Acabado

Al terminar cada jornada, la superficie del terraplén debe estar compactada y bien nivelada, con declive suficiente que permita el escurrimiento de aguas lluvias sin peligro de erosión.

Con el fin de disminuir el efecto erosivo del agua sobre los taludes de los terraplenes, estos se deben proteger mediante su empradización, conforme lo establece el artículo 810, Protección vegetal de taludes, o el sistema que indiquen los documentos del proyecto y/o la especificación particular correspondiente.

220.4.6 Estabilidad

El constructor debe responder, hasta la aceptación final, por la estabilidad de los terraplenes construidos con cargo al contrato y debe sustituir, sin cargo para INVÍAS, cualquier tramo que, a criterio del interventor y por instrucción de este, presente defectos constructivos o deterioros atribuibles al descuido o negligencia del constructor o por causas distintas a las indicadas en el párrafo siguiente.

Si el trabajo se ha hecho adecuadamente conforme a las especificaciones, los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor, y resultan daños causados exclusivamente por movimientos inevitables del suelo sobre el que se ha construido el terraplén, por lluvias copiosas que excedan cualquier máximo de lluvias de registros anteriores, derrumbes inevitables, terremotos, inundaciones que excedan la máxima cota de elevación de agua registrada o señalada en los planos, se deben reconocer al constructor los costos por las medidas correctivas, las excavaciones necesarias y la reconstrucción del terraplén. Estos costos no deben ser reconocidos cuando los derrumbes, hundimientos o inundaciones se deban a mala construcción de las obras de drenaje, falta de retiro oportuno de formaletas u obstrucciones derivadas de operaciones deficientes de construcción, imputables al constructor.

220.4.7 Limitaciones en la ejecución

La construcción de terraplenes solo se debe llevar a cabo cuando no haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra y la temperatura ambiente no sea inferior a dos grados Celsius (2 °C). El interventor debe tener en cuenta la influencia de las lluvias antes de aprobar el extendido y compactación del relleno.

Se debe prohibir la acción de todo tipo de tránsito sobre las capas en ejecución, hasta que se haya completado su compactación. Si ello no resulta posible, se debe eliminar el espesor de las capas que, a criterio del interventor y por instrucción de este, haya sido afectado negativamente por el tránsito. No se debe permitir que, sobre las capas que han sido liberadas se acopie material fresco para ser trasladado a otras zonas del terraplén, en caso de que sea necesario, se deben extender plásticos para evitar saturación de la capa que ya ha sido recibida.

Los trabajos de construcción de terraplenes se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este. Si el constructor no ofrece esta garantía, no se le debe permitir el trabajo nocturno y debe poner a disposición de la obra el equipo y el personal adicionales para completar el trabajo en el tiempo especificado, operando únicamente durante las horas de luz solar.

220.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, todas las determinaciones referentes a la construcción de terraplenes deben ser tomadas considerando la conservación del ambiente y los recursos naturales, y las normas y disposiciones vigentes sobre los particulares.

Especialmente, se debe prestar atención al correcto funcionamiento de los dispositivos de drenaje y a la protección vegetal de los taludes para evitar erosiones y arrastre de partículas sólidas.
Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

220.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

220.5.1 Controles

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Vigilar el cumplimiento de los programas de trabajo.
- Comprobar que los materiales por emplear cumplan los requisitos de calidad exigidos en el numeral 220.2.
- Verificar la compactación de todas las capas del terraplén.
- Realizar medidas para determinar espesores, levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

220.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias

220.5.2.1 Calidad de los materiales

De cada procedencia de los suelos empleados para la construcción de terraplenes y para cualquier volumen previsto, se deben tomar cuatro (4) muestras y de cada fracción de ellas se deben determinar los parámetros indicados en los numerales 220.2.2 y 220.2.3. La totalidad de los resultados debe satisfacer las exigencias señaladas en el texto, según el tipo de suelo, so pena de rechazo de los materiales deficientes.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar las descargas de los materia-

les y debe ordenar el retiro de aquellas que, a simple vista, presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado.

Además, debe efectuar las verificaciones periódicas de la calidad del material que se indican en la Tabla 220 — 1.

debe ser de tres a dos (3:2) (H:V), salvo indicación distinta en los documentos del proyecto. El ancho de la plataforma del terraplén a nivel de subrasante se debe ajustar a las dimensiones establecidas en los perfiles tipo del proyecto. No obstante, se puede aceptar un sobreancho de hasta cero coma quince metros (0,15 m) respecto a la línea teórica del

Tabla 220 — 1. Verificaciones periódicas de calidad de los materiales

Característica	Norma de ensayo	Frecuencia
Granulometría	INV E-123	Una (1) vez por jornada
Contenido de materia orgánica	INV E-121/UNE 103204	Una (1) vez a la semana
Límite líquido	INV E-125	Una (1) vez por jornada
Índice de plasticidad	INV E-126	Una (1) vez por jornada
CBR de laboratorio, con expansión	INV E-148	Una (1) vez por semana
Ensayo de expansión libre en edómetro	ASTM D4546	Una (1) vez por semana (Nota)
Índice de colapso	INV E-157	Una (1) vez por mes
Densidad seca máxima	INV E-142	Una (1) vez por semana
Contenido de sales solubles	INV E-158	Una (1) vez a la semana

Nota: el ensayo de expansión libre se debe ejecutar semanalmente para caracterizar la expansión de los materiales marginales que se contemplen en el terraplén. En otros tipos de material su ejecución se puede reducir a una (1) vez al mes o suspender, previa aprobación del interventor.

220.5.2.2 Calidad del producto terminado

220.5.2.2.1 Acabado

Cada capa terminada de terraplén debe presentar una superficie uniforme y ajustada a la rasante y a las pendientes establecidas.

Los taludes terminados no deben acusar irregularidades a la vista.

Los taludes de los terraplenes deben tener una inclinación uniforme, la que en general

talud, medido perpendicularmente al plano de este. En el caso de terraplenes construidos con material rocoso, dicho sobreancho puede ser el doble del anteriormente señalado. Cuando el tamaño máximo del material rocoso no permita cumplir lo anterior, se acepta un sobreancho mayor que cero coma treinta metros (0,30 m), pero en ningún caso, superior a cero coma cincuenta metros (0,50 m). Los taludes terminados deben quedar libres de protuberancias y depresiones, deben presentar una superficie uniforme y estéticamente aceptable, y deben ser aprobados por el interventor. Los sobreanchos constructivos

necesarios no deben ser objeto de pagos adicionales y su ejecución se debe hacer por cuenta y riesgo del constructor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde del terraplén no debe ser menor que la distancia señalada en los documentos del proyecto.

La cota de cualquier punto de la subrasante en terraplenes, conformada y compactada, no debe variar en más de treinta milímetros (30 mm) de la cota proyectada, medida verticalmente hacia abajo, y en ningún caso la cota de subrasante puede superar la cota del proyecto.

No se tolera en las obras concluidas, ninguna irregularidad que impida el normal escurrimiento de las aguas.

En adición a lo anterior, se deben efectuar las siguientes comprobaciones.

220.5.2.2.2 Compactación

Para la verificación de la compactación de cada una de las capas del terraplén, se define como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, el menor volumen que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- Quinientos metros (500 m) de capa compactada en el ancho total del terraplén.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m^2) en el caso de las capas de la corona o cinco mil metros cuadrados (5 000 m^2) en el resto de las capas si el terraplén tiene menos de cinco metros (5 m) de altura y de diez mil metros cuadrados (10 000 m^2) en caso contrario.
- El volumen construido con el mismo material, del mismo corte o préstamo y colocado y compactado con los mismos equipos, en una jornada de trabajo.

Los sitios para la determinación de la densidad seca de cada capa de terraplén en el terreno se deben elegir al azar, según la norma de ensayo INV E-730, pero de manera que se realice al menos una (1) prueba por hectómetro. Se deben efectuar, como mínimo, cinco (5) ensayos por lote.

Para el control de la compactación de una capa de terraplén, se debe calcular su grado de compactación a partir de los resultados de los ensayos de densidad en el terreno y del ensayo de relaciones contenido de agua-peso unitario (ensayo de compactación), mediante la expresión que resulte aplicable entre las siguientes:

- Material sin sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [220.1]$$

- Material con sobretamaños:

$$GC_i = \frac{\gamma_{d,i}}{C\gamma_{d,máx}} * 100 \qquad [220.2]$$

Donde:
GC_i, valor individual del grado de compactación, en porcentaje.

$\gamma_{d,i}$, valor individual del peso unitario seco del material en el terreno, determinado por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162 y E-164,

sin efectuar corrección por presencia de sobretamaños, de manera que corresponda a la muestra total.

$\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo, según las normas de ensayo INV E-141 (ensayo normal de compactación) o INV E-142 (ensayo modificado de compactación).

$C\gamma_{d,máx}$, valor del peso unitario seco máximo del material, obtenido sobre una muestra representativa del mismo según las normas de ensayo INV E-141 o INV E-142, y corregido por sobretamaños según la norma de ensayo INV E-143, numeral 3.1, de manera que corresponda a la muestra total.

Sobretamaños (fracción gruesa) (P_{FG}), porción de la muestra total retenida en el tamiz de control correspondiente al método utilizado para realizar el ensayo de compactación (normas INV E-141 o INV E-142).

El peso unitario seco máximo corregido del material ($C\gamma_{d,máx}$) que se use para calcular el grado de compactación individual (GC_i) se debe obtener, para cada sitio, a partir del contenido de sobretamaños (P_{FG}) presente en ese sitio.

Los documentos del proyecto, o en su defecto el interventor, deben definir el ensayo de referencia para obtener el peso unitario seco en las diferentes zonas del terraplén entre el ensayo INV E-141 y el INV E-142. En caso de omisión, se debe considerar como ensayo de referencia el INV E-142. Sin embargo, cuando se compacten suelos expansivos, se aconseja el uso del ensayo INV E-141.

Cuando se emplee el ensayo INV E-142 los criterios de aceptación deben ser los siguientes:

$$GC_l\ (90) \geq 90{,}0\ \%$$
(*Cimiento, espaldones y núcleo*) **[220.3]**

$$GC_l\ (90) \geq 95{,}0\ \%\ (Corona)$$ **[220.4]**

Cuando se emplee el ensayo INV E-141 los criterios de aceptación deben ser los siguientes:

$$GC_l\ (90) \geq 95{,}0\ \%$$
(*Cimiento, espaldones y núcleo*) **[220.5]**

$$GC_l\ (90) \geq 100{,}0\ \%\ (Corona)$$ **[220.6]**

Donde:

GC_l (90), límite inferior del intervalo de confianza en el que, con una probabilidad de noventa por ciento (90 %), se encuentra el valor promedio del grado de compactación del lote, en porcentaje. Se debe calcular según el numeral 107.3.1.3 del artículo 107, Control y aceptación de los trabajos, a partir de los valores individuales del grado de compactación (GC_i).

Las verificaciones de compactación se deben efectuar en todo el espesor de la capa que se está controlando.

Los lotes que no alcancen las condiciones mínimas de compactación se deben escarificar, homogenizar, llevar al contenido de agua adecuado y se deben compactar nuevamente hasta obtener el valor de la densidad seca especificada.

220.5.2.2.3 Irregularidades

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias de la presente especificación deben ser corregidas por el constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del interventor y hasta ser aprobadas por este.

220.5.2.2.4 Protección de la corona del terraplén

La corona del terraplén no debe quedar expuesta a las condiciones atmosféricas. Por tanto, se debe construir en forma inmediata la capa superior proyectada una vez terminada su compactación y acabado final. Es responsabilidad del constructor la reparación de cualquier daño a la corona del terraplén, por la demora en la construcción de la capa siguiente.

De ser necesario, el constructor puede proteger la corona del terraplén mediante la compactación de treinta centímetros (30 cm) de material adicional sobre la corona, previa autorización del interventor, sin costo adicional para INVÍAS. Este material debe cumplir los mismos requisitos del material de la corona y debe ser provisto y removido por el constructor bajo su cuenta y riesgo.

220.6 Medida

La unidad de medida para los volúmenes de terraplenes debe ser el metro cúbico (m^3), aproximado a la décima (0,1), de material compactado, aceptado por el interventor, en su posición final. El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma INV E-823.

Todos los terraplenes se deben medir por los volúmenes determinados, con base en las áreas de las secciones transversales del proyecto localizado, verificadas por el interventor antes y después de ser ejecutados los trabajos de terraplenes. Dichas áreas deben estar limitadas por las siguientes líneas de pago:

- Las líneas del terreno (terreno natural descapotado, afirmado existente, cunetas y taludes existentes).
- Las líneas del proyecto (subrasante o límite inferior de la subbase, cunetas y taludes proyectados).

No debe haber medida ni pago para los terraplenes por fuera de las líneas del proyecto, efectuados por el constructor, ya sea por negligencia o por conveniencia para la operación de sus equipos.

Los rellenos con materiales sobrantes de excavación o de derrumbes que se coloquen sobre taludes de terraplenes terminados no se deben medir; su conformación y compactación debe ser cubierta con los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; y 211, Remoción de derrumbes. No se deben medir los terraplenes que se efectúen en trabajos de zonas laterales y las de préstamo y desecho.

No se deben medir los terraplenes que haga el constructor en sus caminos de construcción y obras auxiliares que no formen parte de las obras del proyecto.
Tampoco se deben medir, ni deben ser objeto de pago, los rellenos que sean necesarios para restituir la explanación a las cotas proyectadas, debido a un exceso de excavación.

220.7 Forma de pago

El trabajo de terraplenes se debe pagar al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente, de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir los costos de escarificación, nivelación, conformación, compactación y demás trabajos preparatorios de las áreas en donde se haya de construir un terraplén nuevo; debe cubrir, además, colocación, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación de los materiales utilizados en la construcción de terraplenes y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los terraplenes, de acuerdo con esta especificación, los documentos del proyecto y las instrucciones del interventor.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

Debe haber pago separado para los diversos ítems relacionados con el desmonte y la limpieza, demolición y remoción, los cortes de los taludes en media ladera y de los terraplenes por ampliar y el drenaje de las áreas que reciben terraplenes, establecidos en los artículos 200, Desmonte y limpieza; 201, Demolición y remoción; 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; 600, Excavaciones varias; y 673, Subdrenes con geotextil y material granular.

También debe haber pago separado para los trabajos de empradización de los taludes de los terraplenes conforme se indica en el artículo 810, Protección vegetal de taludes, para los materiales estabilizados o mejorados con cemento o cal de acuerdo a lo dispuesto en los artículos 235 y 236, así como para el suministro y colocación de los geosintéticos a los cuales se hace referencia en el numeral 220.4.2, los cuales se pagan, de acuerdo con la especificación particular establecida para ello.

Los materiales para los terraplenes y su transporte se deben medir y pagar de acuerdo con lo indicado en los artículos 210, Excavación de la explanación, canales y préstamos; y 900, Transporte de materiales provenientes de excavaciones y derrumbes, respectivamente.

Salvo que los documentos del proyecto indiquen lo contrario, se debe aplicar el mismo precio unitario a todas las partes del terraplén.

220.8 Ítem de pago

Ítem	Descripción	Unidad
220.1	Terraplenes	Metro cúbico (m^3)