

## 1. NOMBRE

LLENOS COMPACTADOS.

## 2. OBJETO

Esta especificación tiene por objeto establecer los requisitos técnicos que debe cumplir EL CONTRATISTA al momento de ejecutar la actividad LLENOS COMPACTADOS, los cuales pueden ser compactados por medios manuales o mecánicos.

## 3. ALCANCE

Esta norma contiene todas las acciones que debe realizar EL CONTRATISTA para la ejecución de LLENOS COMPACTADOS, aplica para toda excavación a la cual se le requiera realizar un lleno, como zanjas, apiques, excavaciones realizadas alrededor de estructuras, entre otros.

## 4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Esta norma aplica para toda excavación a la cual se le requiera realizar un lleno, como zanjas, apiques, excavaciones realizadas alrededor de estructuras, entre otros.

DOCUMENTO	NOMBRE
INVIAS. Cap 2. Artículo 220	Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías – INVIAS. Capítulo 2. Explanaciones. Artículo 220 Terraplenes.
ASTM D5333	Método de ensayo para la determinación del potencial de colapso de los suelos.
Resolución 0472 de 2017 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD y se dictan otras disposiciones.
INV E 122 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de muestras de suelo, roca y mezclas de suelo – agregado.
INV E 123 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos.
INV E 125 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Determinación del límite líquido de los suelos.
INV E 126 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos.
INV E 127 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Determinación de los factores de contracción de los suelos.
INV E 141 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Relaciones de humedad – peso unitario seco en los suelos (ensayo normal de compactación).

OBRA CIVIL	SUBGERENCIA DE PROYECTOS Y SOSTENIBILIDAD	ELABORÓ: Natalia Fernández	REVISÓ: Juan Salgado
CÓDIGO <b>ET-OBC-06-3</b>	<b>LLENOS COMPACTADOS</b>	APROBÓ: Miriam Álvarez	FECHA: 30-06-2023
		REVISIÓN: 0 - CREACIÓN	

INV E 142 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Relaciones de humedad – peso unitario seco en los suelos (ensayo modificado de compactación).
INV E 148 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	CBR de suelos compactados en el laboratorio y sobre muestra inalterada.
INV E 150 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Determinación de la humedad de los suelos empleando un probador con carburo de calcio.
INV E 161 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Densidad y peso unitario del suelo en el terreno por el método del cono y arena.
INV E 162 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Densidad y peso unitario del suelo en el terreno por el método del balón de caucho.
INV E 163 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Determinación rápida del porcentaje de compactación.
INV E 164 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Determinación de la densidad y del contenido de agua del suelo y del suelo-agregado en el terreno empleando medidores nucleares (profundidad reducida).
INV E 169 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS.	Relación de soporte del suelo en el terreno (CBR “in situ”).

## 5. REQUISITOS TÉCNICOS

### 5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL.

Se refiere a la colocación y compactación de materiales provenientes de excavaciones, cortes o materiales aprobados por la ESSMAR E.S.P. para rellenar un área. Antes de usar cualquier material, se deben realizar análisis de laboratorio para asegurar que tenga las propiedades necesarias para lograr la compactación adecuada y evitar asentamientos mínimos.

### 5.2 DISPOSICIONES GENERALES.

Antes de realizar los llenos en una construcción, se deben hacer pruebas de llenado para determinar el grosor y el número de capas necesarias para lograr la compactación requerida. Se debe notificar al INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR designado por la ESSMAR E.S.P. antes de comenzar los trabajos, y obtener su aprobación. El llenado puede ser mecánico o manual, pero se deben tomar precauciones para no causar daños a las estructuras existentes.

Los equipos de compactación deben ser seleccionados de acuerdo con las características del suelo y del lleno. La densidad seca del lleno debe ser del 95% de la densidad seca máxima obtenida mediante ensayo Proctor Modificado. No se deben utilizar materiales de lleno con contenido orgánico, arcillas expansivas, material granular mayor de 75 mm, basura, suelos con límite líquido mayor a 45 y humedad natural fuera del rango establecido.

OBRA CIVIL	SUBGERENCIA DE PROYECTOS Y SOSTENIBILIDAD	ELABORÓ: Natalia Fernández	REVISÓ: Juan Salgado
CÓDIGO <b>ET-OBC-06-3</b>	<b>LLENOS COMPACTADOS</b>	APROBÓ: Miriam Álvarez	FECHA: 30-06-2023
		REVISIÓN: 0 - CREACIÓN	

Si se encuentran materiales no aptos para el lleno, se deben remover y reemplazar con materiales adecuados. Si se coloca el lleno sobre una estructura de concreto, se debe esperar 14 días o hasta que alcance el 50% de su resistencia. Se debe realizar una evaluación de los esfuerzos máximos probables sobre la estructura antes de comenzar los llenos. Si hay corrientes de agua, se deben desviar y captar antes de colocar el lleno. El INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR debe autorizar la ejecución del lleno, y los costos adicionales por sobre-excavaciones o derrumbes no son asumidos por la ESSMAR E.S.P.

### 5.3 ACTIVIDADES DE EJECUCIÓN.

#### 5.3.1 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE BASE DE LOS LLENOS

El terreno base del lleno, debe estar libre de vegetación, tierra orgánica, materiales de desecho de construcción u otros materiales objetables, y debe ser preparado de acuerdo con lo señalado en el Artículo 220 – Terraplenes del Instituto Nacional de Vías para los requisitos de los materiales y la preparación del terreno.

#### 5.3.2 EXTENSIÓN Y COMPACTACIÓN DEL MATERIAL

Para la construcción de llenos se deben seguir ciertas prácticas como extender los materiales en capas horizontales y de espesor uniforme, vaciar una capa de concreto de baja resistencia en zonas anegadas, depositar los llenos alrededor de estructuras simultáneamente en todos los lados y a la misma elevación, colocar capas filtrantes si es necesario y asegurarse de que no contaminen el material de lleno, y colocar grava en las cercanías de los orificios de drenaje para evitar presiones excesivas y segregación del material de lleno. También es importante garantizar la pendiente adecuada de las diferentes capas para la evacuación de las aguas superficiales sin peligro de erosión, determinar el contenido óptimo de humedad en la obra y utilizar equipos adecuados para la compactación. En áreas inaccesibles para equipos pesados, se pueden utilizar equipos livianos o compactadores manuales, y en los llenos de zanjas se debe utilizar material sin piedras y compactar utilizando pisones metálicos manuales.

### 5.4 MATERIALES

Antes de usar cualquier material para la construcción de llenos, es necesario realizar ensayos de laboratorio que permitan conocer sus características físicas y mecánicas. El INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR debe revisar estos resultados y decidir si se aprueba o se rechaza el material. No se permiten materiales con propiedades expansivas o que puedan colapsar, y deben estar libres de sustancias dañinas, materia orgánica, raíces y otros elementos que puedan ser perjudiciales. Existen distintos tipos de materiales que pueden ser utilizados para los llenos, los cuales deben ser clasificados en función de sus características. El material de lleno debe cumplir con los requisitos indicados en la siguiente tabla.

**Tabla 1 – Requisitos de materiales para ser usados en llenos.**

CARACTERÍSTICAS	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Tamaño máximo (mm)	75	100	150
Porcentaje que pasa el tamiz de 2mm	≤ 80% en peso	≤ 80% en peso	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 um	≤ 25% en peso	≤ 35% en peso	≤ 35% en peso
Contenido de materia orgánica	0%	1%	1%
Limite liquido	≤ 30	≤ 40	≤ 40

OBRA CIVIL	SUBGERENCIA DE PROYECTOS Y SOSTENIBILIDAD	ELABORÓ: Natalia Fernández	REVISÓ: Juan Salgado
CÓDIGO ET-OBC-06-3	LLENOS COMPACTADOS	APROBÓ: Miriam Álvarez	FECHA: 30-06-2023
REVISIÓN: 0 - CREACIÓN			

Índice de plasticidad	≤ 10	≤ 15	-
CBR	≤ 10%	≤ 5%	≤ 3%
Expansión en prueba de CBR	0	≤ 2%	≤ 2%
Índice de colapso	≤ 2%	≤ 2%	≤ 2%
Contenido de sales solubles	≤ 2%	≤ 2%	-

El espécimen para el índice de colapso se debe fabricar con la densidad mínima exigida en la especificación y con la humedad correspondiente en el lado seco de la curva de compactación. La humedad de los materiales debe corresponder a la humedad óptima de compactación, determinada en el ensayo Proctor Modificado, con una desviación aceptable del 2%. Si se deben realizar capas filtrantes, el material granular debe cumplir con alguna de las granulometrías indicadas en la tabla siguiente y satisfacer los requisitos de calidad establecidos para subbase granular.

**Tabla 2 – Franjas granulométricas para material filtrante.**

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA		
NORMAL (mm)	ALTERNO (IN)	RE -1	RE -2	RE -3
150	6	100	-	-
100	4	90-100	-	-
75	3	80-100	100	-
50	2	70-95	-	100
25	1	60-80	91-97	70-90
12.5	1/2	40-70	-	55-80
9.5	3/8	-	79-90	-
4.75	No. 4	10-20	66-80	35-65
2	No. 10	0	-	25-50
600	No. 30	-	0-40	15-30
150	No. 100	-	0-8	0-3
75	No. 200	-	-	0-2

#### 5.4.3 MATERIAL SELECCIONADO DE LA EXCAVACIÓN

Este párrafo se refiere al uso de materiales seleccionados de la excavación para realizar llenos en la zona de trabajo. Los materiales aptos para llenos deben ser seleccionados y sometidos a pruebas de laboratorio para determinar su densidad seca máxima y humedad óptima mediante el ensayo de compactación Proctor Modificado, así como su índice CBR. El INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR debe aprobar estos materiales antes de su uso y deben cumplir con los requisitos establecidos. Además, estos materiales deben tener una densidad seca mayor o igual al 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado. Es importante cumplir con la resolución 0472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la cual establece lineamientos para la gestión integral de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), y contempla el uso de los productos de las excavaciones y sobrantes de la adecuación del terreno para otros fines.

OBRA CIVIL	SUBGERENCIA DE PROYECTOS Y SOSTENIBILIDAD	ELABORÓ: Natalia Fernández	REVISÓ: Juan Salgado
CÓDIGO <b>ET-OBC-06-3</b>	<b>LLENOS COMPACTADOS</b>	APROBÓ: Miriam Álvarez	FECHA: 30-06-2023
		REVISIÓN: 0 - CREACIÓN	

#### 5.4.4 MATERIAL DE PRÉSTAMO

Llenos realizados con materiales diferentes a los extraídos del área o zona de trabajo, estos materiales pueden ser limos, arenillas u otros que al ser compactados tengan una densidad seca mayor o igual al 95% de la densidad seca máxima obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado. Si se van a utilizar materiales obtenidos por fuera del área de la obra o de préstamo, se deben presentar los resultados de los ensayos necesarios: Proctor modificado, CBR, límites de consistencia, gradación por mallas, lavado sobre malla N°200, contenido de material orgánico y otros que se consideren necesarios, con base en los cuales el INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR pueda autorizar su utilización.

#### 5.4.5 SUELO CEMENTO

Este proceso se trata de combinar arena limosa y cemento Portland en una relación 10:1 (volumen o peso equivalente) y añadir agua para que el cemento se endurezca. El agua debe ser agregada gradualmente y de manera uniforme para obtener una humedad uniforme en la mezcla. Es importante esparcir la mezcla de manera uniforme en el área de mezclado para evitar la formación de grumos y evitar la creación de charcos. El material resultante debe ser compactado en capas de un espesor máximo de 15 cm para lograr una densidad seca igual o superior al 95% de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado sobre un espécimen con las mismas características del material para el llenado.

### 6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Los elementos de protección personal adecuados para la actividad y de obligatorio uso para velar por la seguridad e integridad física del personal son los siguientes:

PARTE DEL CUERPO	ELEMENTO DE PROTECCIÓN	NORMA NTC
Ojos y Cara	Gafas de seguridad	1771 y 1825
Cabeza	Casco de seguridad tipo I	1523
Cuerpo	Cinturón ergonómico Arneses de seguridad	2021 2037
Manos	Guantes tipo ingeniero	2190
Pies	Botas de seguridad puntera de acero Botas pantaneras	2257 1741

Nota: Los detalles técnicos de la dotación exigida se pueden consultar en las Normas Icontec.

### 7. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

1. Preparación del terreno.
2. Selección de material.
3. Colocación del material.
4. Compactación.
5. Medición y control de calidad.

OBRA CIVIL	SUBGERENCIA DE PROYECTOS Y SOSTENIBILIDAD	ELABORÓ: Natalia Fernández	REVISÓ: Juan Salgado
CÓDIGO ET-OBC-06-3	LLENOS COMPACTADOS	APROBÓ: Miriam Álvarez	FECHA: 30-06-2023
REVISIÓN: 0 - CREACIÓN			

## 8. PRUEBAS Y ENSAYOS

No se aceptan como material de lleno aquellos suelos con contenido orgánico, arcillas expansivas, material granular mayor a 75 mm (3"), escombros, basuras, suelos con límite líquido mayor a 45, y humedad natural fuera del rango establecido para obtener el grado de compactación especificado.

Para el material a utilizar en todo tipo de lleno, se deben presentar los resultados de los siguientes ensayos:

- Compactación mediante Proctor Modificado
- Límites de consistencia
- Granulometría
- Lavado sobre malla No. 200 (75 µm)
- Contenido de materia orgánica
- Límite líquido
- Humedad óptima
- CBR (Californian Bearing Ratio), para obras en vías, cuyo valor debe ser mayor a 5
- Otros ensayos que se consideren necesarios para garantizar la calidad exigida en la obra.

Las pruebas mínimas solicitadas por la ESSMAR E.S.P. para garantizar la calidad y la fiabilidad de los llenos compactados son:

CÓDIGO	ESPECIFICACIÓN
N/A	Ensayos de Densidad en Campo.
N/A	Desinfección de Tuberías de Acueducto
N/A	Prueba de Densidad de Campo

### 8.5 ENSAYOS DE DENSIDAD EN CAMPO.

Los ensayos de densidad se deben hacer al menos cada 0,75 m de espesor del lleno compactado. Una vez verificado el cumplimiento de las especificaciones del material por parte del INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR, y hayan sido revisadas y aprobadas las tuberías instaladas o estructuras a cubrir, se debe proceder con la conformación del lleno evitando la contaminación con materiales extraños e inadecuados. La frecuencia de los ensayos para el material se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3 – Frecuencia de ensayos para el material.**

ENSAYOS	LOTE	FRECUENCIA
Densidad	El menor entre 40 m de zanja o 40 m <sup>3</sup> de lleno o lo realizado en una jornada de trabajo, lo que primero se cumpla.	1 por cada capa de 0,75 m
Granulometría	Semanal	1
Límites de Consistencia	Semanal	1
Proctor Modificado	Semanal	1

OBRA CIVIL	SUBGERENCIA DE PROYECTOS Y SOSTENIBILIDAD	ELABORÓ: Natalia Fernández	REVISÓ: Juan Salgado
CÓDIGO <b>ET-OBC-06-3</b>	<b>LLENOS COMPACTADOS</b>	APROBÓ: Miriam Álvarez	FECHA: 30-06-2023
		REVISIÓN: 0 - CREACIÓN	

Impurezas (Sobre tamaños, basura, etc)	Jornada	Inspección visual
CBR	Semanal	1

## 8.6 ENSAYOS DE PENETRACIÓN PARA EL CONTROL DE COMPACTACIÓN EN ZANJAS

La calidad de la compactación se debe controlar mediante ensayos de penetración, estos deben ser realizados una vez se haya completado un espesor de 1,0 m, en puntos seleccionados al azar. El número de puntos en cada zanja debe ser el resultante al dividir entre 5 la longitud de la zanja, medida en metros. Los puntos de verificación nunca deben ser menor a 3. La resistencia a la penetración debe ser medida con un penetrómetro metálico, de forma cónica cuya punta forme un ángulo sólido de 60° y tenga un área lateral de 40 cm<sup>2</sup>, accionado por un mecanismo cuya potencia sea conocida. La resistencia a la penetración debe ser medida de manera continua y registrada en intervalos de 10 cm. Se aceptan los llenos que en el 95% de los intervalos, de 10 cm de longitud, presenten una resistencia a la penetración tal que requiera un trabajo superior a 7.5 KJ cada 10 cm de penetración en el lleno objeto de evaluación.

## 8.7 ENSAYO DE CARGA VERTICAL DE SUELOS MEDIANTE PLACA DINÁMICA.

Este ensayo solo puede aplicarse en suelos y capas granulares que tengan un contenido de partículas mayores a 63 mm menor al 15% y cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- El contenido de partículas finas de tamaño menor a 0,063 mm es inferior al 40%.
- El contenido de partículas finas de tamaño menor a 0,063 mm es superior al 40% y simultáneamente la resistencia al corte sin drenaje del suelo es superior a 50 kN/m<sup>2</sup>.

El equipo con el cual se realiza el ensayo no proporciona un valor directo de la densidad de campo, esta entrega un valor de módulo de deformación vertical bajo carga dinámica del suelo (Evd) cuyo resultado puede correlacionarse con un valor del Proctor y así medir la compactación del suelo.

## 9. TOLERANCIA Y/O PRECISIÓN

Se deben cumplir las tolerancias especificadas para el nivel de compactación, la densidad y el espesor del material. Estas tolerancias suelen establecerse en los documentos del proyecto.

## 10. EQUIPOS, MATERIALES Y MANO DE OBRA

EL CONTRATISTA deberá proveer, a su costo, todos los materiales, mano de obra, y equipos necesarios para efectuar los trabajos de LLENO COMPACTADO teniendo en cuenta la metodología que se vaya a aplicar.

- **EQUIPOS:** Compactadoras para compactar el relleno de la zanja, Camiones para el transporte de materiales y equipos, Herramientas de mano.
- **MATERIALES:** Materiales de relleno, como arena y grava, Materiales de protección, como geotextil y material de señalización.

OBRA CIVIL	SUBGERENCIA DE PROYECTOS Y SOSTENIBILIDAD	ELABORÓ: Natalia Fernández	REVISÓ: Juan Salgado
CÓDIGO ET-OBC-06-3	LLENOS COMPACTADOS	APROBÓ: Miriam Álvarez	FECHA: 30-06-2023
		REVISIÓN: 0 - CREACIÓN	



- **MANO DE OBRA:** Personal capacitado y con experiencia en la construcción de obras civiles, como ingenieros, técnicos y operarios.

## 11. MEDIDA Y FORMA DE PAGO

La unidad medida para el pago de cada uno de los tipos de relleno colocados será su volumen en METROS CÚBICOS medido en el lugar y comprendido entre las líneas y cotas de excavación mostradas en los planos o indicadas por el INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR y las líneas y cotas finales de relleno indicadas en los planos de diseño o establecidas por el INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR. Incluirá el suministro, selección, colocación, compactación, ensayos de laboratorio de todos los materiales, instalaciones, equipo, transporte, energía y mano de obra necesarios para completar la actividad, y todos los trabajos relacionados con la misma que no tendrán medida ni pago por separado.

No se realizarán mediciones ni se pagarán trabajos adicionales por la realización de ciertas tareas, como la exploración, procesamiento, selección, transporte, ensayo y suministro de muestras del material de relleno; el relleno con concreto u otros materiales de excavaciones que estén fuera de los límites de excavación establecidos en los planos o indicados por el INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR; el material de relleno rechazado o retirado por no cumplir con las especificaciones; los rellenos utilizados por EL CONTRATISTA para su conveniencia o en estructuras no permanentes de la obra; la eliminación de los materiales sobrantes del relleno hacia las zonas de disposición aprobadas por el INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR; y cualquier otro trabajo necesario para cumplir con lo especificado en el capítulo y que no esté sujeto a una medición y pago por separado.

El INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR no autorizará la medida y el pago de un volumen de relleno, hasta que EL CONTRATISTA haya completado, a satisfacción del INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR y en todo de acuerdo con las Especificaciones, los siguientes trabajos que se relacionan con algunas partes de la obra:

Suministro de muestras y ejecución de los ensayos a cargo de EL CONTRATISTA y cumplimiento de los requisitos de compactación establecidos en este Capítulo.

Limpieza, terminación de las superficies, cargue y transporte del material sobrante de los rellenos, hasta las zonas de botadero o de depósito aprobadas por el INTERVENTOR Y/O SUPERVISOR.

## 12. ÍTEMS DE PAGO

Los ítems de pago para esta actividad son los siguientes:

CÓDIGO	ACTIVIDAD	UNIDAD
2-06-2-A	Relleno de Zanjas con Material Seleccionado de Cantera, Compactado al 95% del Proctor Modificado.	M3
2-06-2-B	Relleno de Zanjas con Material Seleccionado de Sitio, Compactado al 95% del Proctor Modificado.	M3

OBRA CIVIL	SUBGERENCIA DE PROYECTOS Y SOSTENIBILIDAD	ELABORÓ: Natalia Fernández	REVISÓ: Juan Salgado
CÓDIGO <b>ET-OBC-06-3</b>	<b>LLENOS COMPACTADOS</b>	APROBÓ: Miriam Álvarez	FECHA: 30-06-2023
		REVISIÓN: 0 - CREACIÓN	



### 13. ANEXOS

No Aplica.

OBRA CIVIL	SUBGERENCIA DE PROYECTOS Y SOSTENIBILIDAD	ELABORÓ: Natalia Fernández	REVISÓ: Juan Salgado
CÓDIGO ET-OBC-06-3	LLENOS COMPACTADOS	APROBÓ: Miriam Álvarez	FECHA: 30-06-2023
		REVISIÓN: 0 - CREACIÓN	