

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EXPLANADAS CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS

Título en Inglés: Design and Construction of Platforms
Good Practice Code

ICS: 01.120

2. Edición 2008

REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.
Cuba. Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048 Correo electrónico: nc@ncnorma.cu



Cuban National Bureau of Standards

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba que representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Dpto. de Ingeniería Civil de la Facultad de Construcciones y el CTN 21: Carreteras, en el que están representadas las instituciones siguientes:
 - Universidad Central de Las Villas, MES
 - Ministerio de la Construcción, MICONS
 - Ministerio del Transporte, MITRANS
 - Poder Popular, PP
 - Instituto Superior Politécnico “José A. Echevarría”, MES
 - Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias, MINFAR
 - Oficina Nacional de Normalización, ONN

© NC, 2008

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, Vedado, Ciudad de La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba

Introducción

Este documento se elabora con el fin de crear la norma estatal referente a las especificaciones técnicas necesarias a cumplimentar para el diseño y construcción de explanadas, terrazas o plataformas, permitiendo de esta manera uniformar el proyecto geométrico y su ejecución, asegurando la construcción de las mismas con la debida calidad y requerida eficiencia.

Los objetivos fundamentales que se pretender alcanzar al realizar la norma son:

- ✓ Establecer los términos y definiciones para lograr mayor uniformidad en la terminología técnica.
- ✓ Elaborarla como un Código de Buenas Prácticas.
- ✓ Hacer énfasis en la protección del medio ambiente.
- ✓ Añadir las referencias normativas necesarias.
- ✓ Especificar las exigencias mínimas que deben cumplir los materiales (suelos) para la construcción de estas obras de tierra.
- ✓ Hacer énfasis en la técnica mecanizada de la compactación en obra y en general en las técnicas constructivas.
- ✓ Establecer el procedimiento de diseño geométrico
- ✓ Garantizar la debida resistencia y estabilidad de estas estructuras de tierra y/o roca
- ✓ Hacer una revisión bibliografica más extensa y actualizada.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EXPLANADAS. CÓDIGO DE BUENAS PRÁCTICAS**1. Objeto**

Este Código de Buenas Prácticas establece los requisitos a cumplimentar tanto en el diseño geométrico como en el proceso constructivo de las explanadas, plataformas o terrazas hasta el nivel de la rasante, en correspondencia a las especificaciones del proyecto.

2. Referencias normativas

Los documentos que se mencionan seguidamente son indispensables para la aplicación de este código de buenas prácticas. Para las referencias fechadas, sólo se toma en consideración la edición citada. Para las no fechadas, se toma en cuenta la última edición del documento de referencia (incluyendo todas las enmiendas).

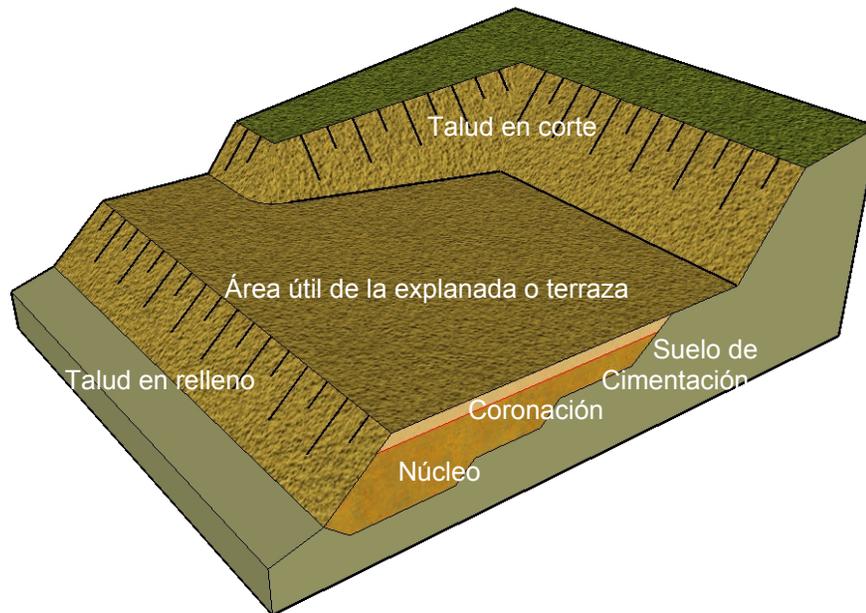
- Decreto 179 Protección, uso y conservación de suelos y contravenciones. Marzo 1994.
- NC 54 – 150: 1983 Materiales y productos de la construcción. Suelos. Determinación del índice CBR en el laboratorio
- NC 60: 2000 Geotecnia. Métodos de ensayo para la determinación del peso específico de la masa del suelo in situ.
- NC 58: 2000 Geotecnia. Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos.
- NC 61:2000 Identificación y descripción de suelos in situ.
- NC 63: 2000 Clasificación de suelos para obras del transporte.
- NC 158: 2002 Geotecnia. Terraplén de Pruebas.
- NC 201: 2002 Control del tendido y verificación del espesor de los terraplenes.
- NC 256: 2005 Preparación del área de trabajo. Código de buenas prácticas.
- NC 19-03-33:85.Equipos de Movimientos de Tierra. Requisitos generales de seguridad durante la explotación. Aprobada Agosto 1985.Vigente octubre 1986,12p.
- NC XXX: 2007 Terraplenas Especificaciones Constructivas.
- NTE Diseño, construcción y control de calidad en las explanaciones, España, 1977

3. Términos y definiciones:

Para asegurar los propósitos de esta Norma Estatal se establecen los siguientes términos:

- **Explanada, Terraza o Plataforma:** es una estructura donde predomina el área respecto a la profundidad, que se emplea para ubicar edificaciones, urbanizaciones, áreas deportivas y obras similares, construida con materiales térreos y/o pétreos naturales o artificiales compactados a máxima densidad, empleando en su ejecución maquinas de movimiento de tierras y técnicas constructivas idóneas, para asegurar la mayor calidad, seguridad y economía posible.
- **Terraza Compensada:** Es aquella explanada construida empleando los suelos naturales existentes en la zona en corte o excavación, para construir la zona en relleno o terraplén, siempre que éstos cumplan con las exigencias requeridas para su empleo como núcleo y/o coronación.
- **Zona de Coronación:** parte superior de la explanada que llega hasta nivel de la rasante, preferiblemente construida con suelos granulares de excelentes a buenos (A -1 hasta los A-3 según la AASHTO o HRB), con espesor variable, generalmente entre los 15 y 50 cm.
- **Zona de Núcleo o Levante:** zona de la explanada, construida con diferentes capas de suelos locales (A-1 hasta los A-7 según la AASHTO o HRB) compactadas a alta densidad, que apoyan sobre el suelo de cimentación y sostienen la zona de coronación.
- **Préstamos:** Los préstamos, canteras o bancos de materiales son aquellas zonas, donde se extraen y toman los suelos que cumplan determinadas exigencias o especificaciones, para su empleo como material de relleno para la construcción de las explanadas.
- **Banqueta:** es un elemento que sirve de protección contra los posibles desprendimientos de rocas en los taludes en corte, además de propiciar la ubicación de cunetas de guarda o interceptoras para evitar la erosión de los taludes por escurrimiento pluvial o por filtraciones
- **Bermas:** son elementos que se emplean para garantizar la estabilidad de los taludes altos y como protección ante posibles inundaciones.

- **Partes o elementos componentes de una Terraza o Explanada:**



4. Datos Básicos:

Para asegurar el diseño y la construcción correcta de una explanada debe disponerse de los siguientes datos:

- **Topográficos:** Carta Topográfica de la zona a escala adecuada (preferiblemente a escala 1:5000), con curvas de nivel sobrepasando el perímetro de la explanación en no menos de 20 m incluyendo los accidentes más notables como cursos de agua, árboles de gran porte (con diámetro mayor de 0,30 m). El plano del proyecto ejecutivo debe confeccionarse a escala 1: 500.
- **Geotécnicos:** El Informe Ingeniero-Geológico con un perfil donde se precisen datos de los suelos (principales parámetros físico-mecánicos y su clasificación según AASHTO o HRB) hasta un mínimo de 2 m de profundidad en el suelo de cimentación y de los posibles préstamos, el nivel freático, grado de sismicidad de la zona y otros fenómenos negativos de interés geológico (carsismo, fallas, etc.)

El perfil estratigráfico de los préstamos y clasificación de los suelos en los mismos según

AASHTO o HRB.

- **Hidráulicos e Hidrológicos:** Datos de los ríos y arroyos que atraviesan la explanación: caudal, niveles de riada o crecida; así como el régimen e intensidad de las lluvias en la zona y las fluctuaciones del nivel freático.
- **Del Parque de Maquinarias Disponibles:** Aquellas maquinarias de movimiento de tierra que están activas o disponibles en la brigada o empresa constructora que procederá a la construcción de la explanada, debiendo conocerse de éstas: tipo, marca, modelo, número de inventario y sus respectivas cantidades; parámetros principales (potencia, capacidad, peso, dimensiones); órganos de trabajo disponibles, sistema de rodaje, grado de movilidad o maniobrabilidad y estado técnico.

5. Diseño Geométrico de Explanadas, Terrazas o Plataformas.

Para proceder al diseño geométrico hay que cumplir con las siguientes recomendaciones:

a) **Ubicar la terraza adecuadamente:** para ello debe tratarse de ubicarla de manera tal que se logre la compensación máxima de tierras, asegurarse que las edificaciones que se construyan sobre éstas posean satisfactoria ventilación natural y correcta posición respecto al sol para aprovechar al máximo la iluminación natural, deben ubicarse las edificaciones perpendicularmente al viento predominante para lograr la ventilación cruzada, así como en lugares donde se afecte lo menos posible el medio ambiente mediante la adopción de medidas tales como: entorpecer el drenaje natural, afectar el paisaje de la zona, evitar la tala de árboles de gran diámetro y otras con la misma finalidad.

En el caso de diseñar nuevas explanadas o plataformas para ubicar urbanizaciones, tener en cuenta la conexión con las vías existentes y las regulaciones urbanísticas vigentes.

b) Diseñar las **dimensiones adecuadas del área de la terraza, explanada o plataforma** acorde con la función que la misma desempeñará, es decir, no tan pequeña que dificulte la movilidad hacia y entre los objetos de obra ubicados en la misma, ni tan grande que atente contra la economía en su construcción.

- c) Es recomendable siempre que sea posible ubicar la terraza donde se logre la realización económica de los movimientos de tierra para lo cual se requiere asegurar la máxima compensación posible, siempre que el terreno natural reúna las condiciones para su empleo como relleno, es decir, diseñar terrazas balanceadas si el terreno natural lo permite. Dado el caso que el suelo no sirva como relleno, deberá ubicarse la terraza donde predominen los volúmenes de excavación respecto a los de relleno. Para lograr lo antes expresado se recomienda su ubicación en las laderas de elevaciones, en partidores, en zonas altas donde se haga factible la compensación de tierras para su construcción.
- d) Garantizar un eficiente drenaje de las aguas pluviales para evitar la saturación de los rellenos y afectación por erosión. Por consiguiente en la superficie de la terraza a construir deben usarse pendientes entre 0,5 y 2,0 % y diseñar un eficiente sistema de drenaje pluvial para proteger la explanada de la acción erosiva de las aguas de lluvia, de las crecidas de ríos, del oleaje de mar.
- e) Decidir una cota rasante que evite inundaciones, el seguro acceso y empleo de la explanada durante toda época del año.

5.1 Procedimiento de Diseño por el Método de las Cuadrículas.

Se empleará este método por asegurar la adecuada exactitud tanto en el diseño, el cálculo de volúmenes y la construcción de la explanada, terraza o plataforma.

Procedimiento General para el Diseño Geométrico:

1. Analizar la carta topográfica para seleccionar la posición idónea (aquella que garantice la máxima compensación posible y por lo tanto economía, buen drenaje, mínimas afectaciones medio ambientales, etc.) preferiblemente en laderas de elevaciones o montañas existentes.
2. Definir adecuadas dimensiones y forma en planta, para ello subdividirla en cuadrículas con dimensiones adecuadas: 20 x 20 metros si pueden ser cuadradas, 15 x 20 m o 20 x 25 metros si pueden ser rectangulares, procediendo a numerarlas correctamente (se numeran de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo usando número arábigos) y a denotar correctamente sus vértices con letras o números romanos.

3. Determinar por interpolación la Cota de Terreno en cada vértice de las cuadrículas (Cota Terreno = Cota Terreno Natural – Espesor Capa Vegetal), ubicando ese valor en el segundo cuadrante del vértice analizado
4. Definir la cota de rasante de referencia o centroide de la terraza, para ello se pueden emplear dos procedimientos analíticos y uno gráfico, que se explican posteriormente.
5. Calcular las alturas ($\pm h$) de cada vértice según: $h = C \text{ rasante.} - C \text{ terreno.}$
(si $h (+)$ relleno y $h (-)$ excavación), asegurando que la inclinación de la superficie de la explanada posea el drenaje adecuado (0,5 - 2%). Esta magnitud se ubica en el cuarto cuadrante de cada vértice.
6. Definir recorrido de la línea o líneas cero o de cambio de excavación a relleno en cada cuadrícula y en la explanada en general.
7. Definir en planta la configuración de los taludes en corte y relleno, representándolos debidamente según normas de dibujo vigentes, confeccionando una vista en planta de la explanada o terraza.
8. Diseño del Sistema de Drenaje Superficial.

Una vez definidas las dimensiones de la superficie del área neta de la explanada o terraza, así como la pendiente o pendientes de la misma en cada vértice y de ésta en general, debe procederse a diseñar los dispositivos de drenaje superficial que completan el sistema de drenaje, los que seguidamente se especifican:

- a)** Cunetas o cunetillas al pié de los taludes en corte (para captar y evacuar el agua pluvial y/o filtraciones de zonas altas).
- b)** Cunetas de guarda o contracunetas (para captar y eliminar el agua lluvia de aquellas áreas que tributan hacia los tramos en corte).
- c)** Cunetas o cunetillas cercanas al pié de los taludes en terraplén (para proteger dichos taludes de posibles inundaciones o efectos erosivos de los escurrimientos pluviales de zonas altas).
- d)** Cunetas escalonadas (para captar y evacuar el agua pluvial en zonas de fuertes pendientes, generalmente recubiertas con lajas de rocas naturales o con hormigón)

La decisión de usar uno, varios o todos dichos dispositivos dependerá del análisis que se realice de la topografía existente en la zona aledaña a la explanada, debiendo definirse en el Plano en Planta la posición y longitud de los mismos, pero faltaría aún por definir sus secciones

transversales de manera tal que sean capaces de desempeñar su función adecuadamente, para lo cual habrá que realizar:

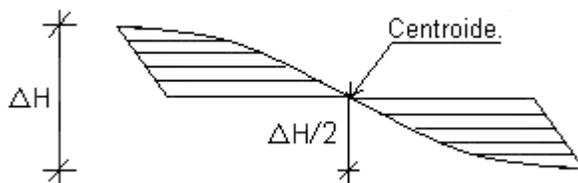
1^{ero}: Cálculo hidrológico para determinar el gasto o caudal de llegada a los mismos.

2^{do}: Cálculo y diseño hidráulico de cada dispositivo.

Nota: en el Punto 4 la Determinación de la cota de referencia (centroide) se realiza por varios procedimientos:

a) Gráfico: (dado el caso que la explanada esté ubicada en una ladera)

Consiste en determinar dicha cota sumándole a la cota mínima el término $\Delta H/2$



$\Delta H = \text{Cota terreno máx.} - \text{Cota terreno mín.}$

$\text{Cota referencia} = \text{Cota terreno mínima} + \Delta H/2$

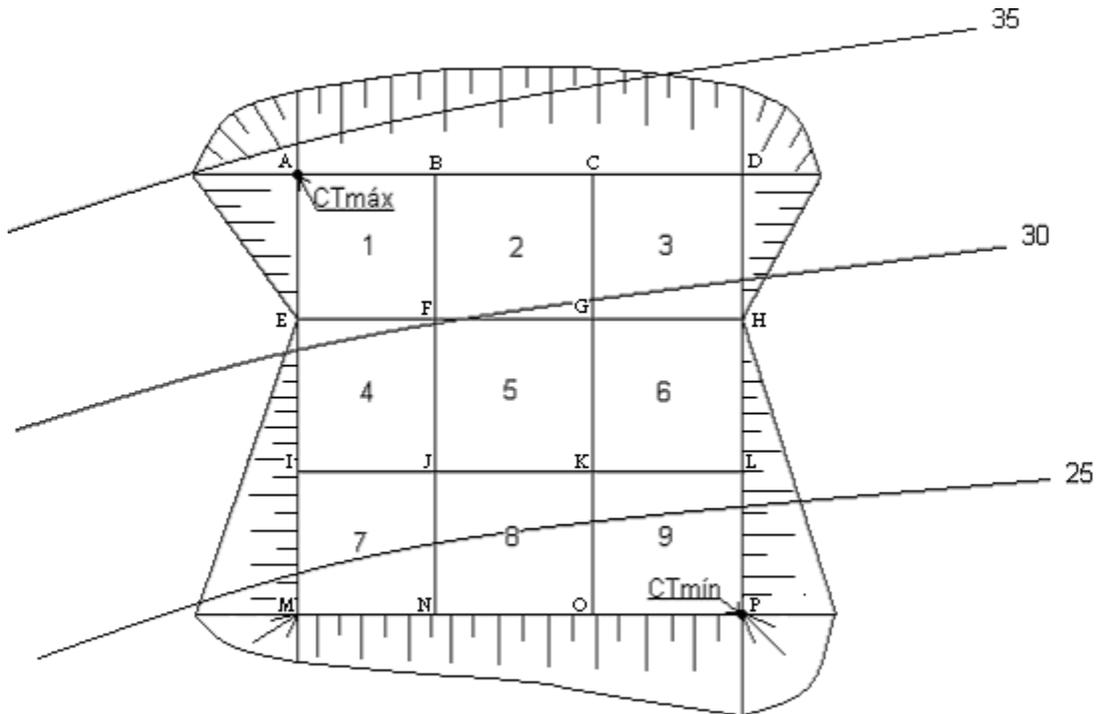
b) Analítico: se emplea cuando la terraza o explanada se ubique en una zona con topografía irregular. Consiste en calcular la cota de terreno mediante la media aritmética o por el promedio pesado.

b.1 Por la Media Aritmética de las cotas terreno de cada vértice:

$$Ct_{media} = \sum \frac{Ct_i}{n}$$

b.2 Media Ponderada: (por ejemplo para la explanada mostrada seguidamente)

$$C_{tpp} = \frac{C_{t_A} + 2C_{t_B} + 2C_{t_C} + C_{t_D} + 2C_{t_E} + 4C_{t_F} + 4C_{t_G} + 2C_{t_H} + \dots + C_{t_P}}{nt}$$



Una vez determinada la Cota de Referencia o Centroides por uno de los métodos anteriores, se procede a definirle la rasante a la hilera de vértices más cercana (todos tendrán la misma cota de rasante) y a partir de esta se le da la inclinación acorde con el valor asumido dentro del rango 0,5 al 2 %, preferiblemente el 1 %, asegurando así que la superficie de la explanada posea la debida inclinación y que sea a su vez una explanada compensada. La magnitud de la Cota de Rasante de cada vértice se señala en el primer cuadrante, tal como se establece posteriormente en el inciso 5.2.

Es necesario agregar que no siempre la cota de rasante de la explanada será la que garantice la compensación de tierras, lo cual sería ideal, definiéndose la misma por otras razones como pueden ser: evitar su inundación por crecidas de ríos o arroyos aledaños, para garantizar un nivel

de rasante obligado impuesto por obras existentes, etc., lo que puede originar terrazas totalmente en relleno, totalmente en excavación o parcialmente compensadas.

Se proyectarán las inclinaciones de los taludes de las explanadas, terrazas o plataformas según las siguientes relaciones en tanto es a uno que seguidamente se establecen:

- Para los Taludes en Relleno o Terraplén:

3:1; 2,5:1; 2:1; 1,5:1

- Para los taludes en Corte o Excavación:

En roca:

0,25:1; 0,5:1, 0,75:1; 1:1

En suelos:

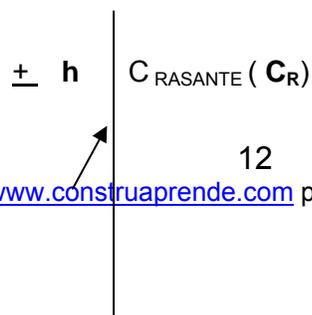
1,5:1; 2:1

La adopción de estas inclinaciones se hará teniendo presente el tipo de suelo, el buzamiento de los estratos, el grado de sismicidad de la zona, si hay presencia de filtraciones de agua en la ladera a cortar, la altura de la explanada en relleno o la profundidad del corte a realizar, así como el lograr la mayor economía en los trabajos de movimiento de tierra, lo cual finalmente es una decisión del proyectista.

5.2 Representación del Diseño de la Explanada:

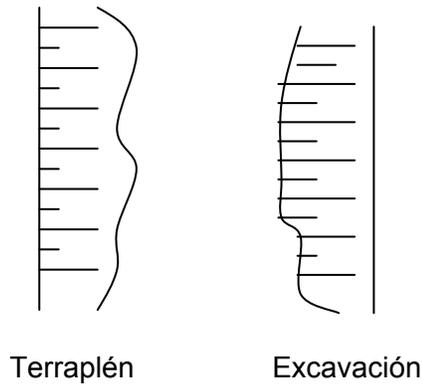
a) En Planta:

En cada uno de los vértices de las cuadrículas se señala la cota de rasante en el primer cuadrante. La cota del terreno se anota en el segundo cuadrante, el desnivel o altura (h), en el cuarto cuadrante y la denominación del vértice en el tercero, tal como seguidamente se representa:



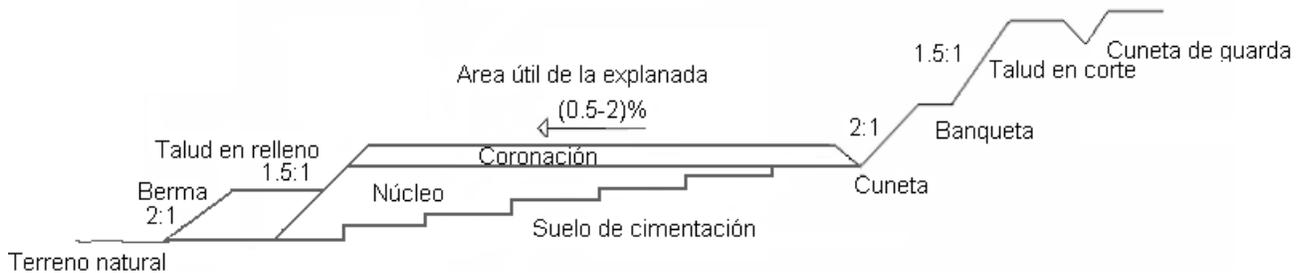
$C_{\text{TERRENO}} (C_T)$
 Denominación del Vértice

Los taludes en Corte o Excavación y en Terraplén o Relleno se representarán en Planta tal como se muestra seguidamente:



b) En Sección:

Al menos se representará una Sección de la Explanada en el eje que mayor información visual aporte, generalmente aquel que corte la obra apreciándose tanto la parte en corte como la que esta en relleno, brindando la mayor información posible.



5.3 Revisión Geotécnica:

5.3.1 De la Estabilidad de los Taludes:

Se hará la revisión de la estabilidad de los taludes proyectados empleando el método más adecuado al caso específico, para comprobar si se garantiza la necesaria estabilidad de los mismos tanto en corte como en relleno. Cuando el talud sea inestable, habrá que proponer medidas concretas para asegurar la necesaria estabilidad, proponiendo aquellas soluciones más racionales desde los puntos de vista técnico, económico como ambiental.

5.3.2 De la Magnitud de los Asentamientos:

Se determinará la magnitud del asentamiento que se producirá en el suelo de cimentación, comprobando si este es admisible. Se considera admisible cuando la magnitud del asentamiento estimado es inferior al 1 % de la altura máxima de la explanada en relleno.

6 Procedimiento de Construcción de las Explanadas Terrazas o Plataformas

6.1 Características y requisitos de los materiales o suelos a emplear

Los materiales a utilizar deben ser avalados por los ensayos de laboratorios correspondientes (véase NC 54 – 150, NC 58, NC 60, NC 61, NC 63 y NC XX – 2004).

El grado de expansión debe ser $< 2 \%$. (véase NC 54 – 150).

El material a utilizar debe ser el de mejor calidad en existencia en la zona, clasificado según la NC 63 – 2000 y con un índice de plasticidad $< 10 \%$ (véase la NC 58), de no existir los adecuados, garantizar el cumplimiento de las características físicas mecánicas de los mismos, según las especificaciones del proyecto con soluciones de: estabilización(suelo-suelo, suelo-cal, suelo-

cemento, suelo-asfalto, suelo-aditivos), el uso de geotextiles, tierra armada y otras técnicas, siempre que la variante propuesta sea la solución idónea desde los puntos de vista técnico, económico y ambiental.

Requisitos de calidad de los suelos usados en la construcción de las explanadas:

Serán los especificados en el proyecto ejecutivo de la obra. No obstante dado el caso de carecer de la necesaria información, los suelos o materiales a usar deben reunir los requisitos y exigencias mínimas siguientes:

Exigencia mínimas a cumplir por los suelos a emplearse en la construcción de Explanadas:

En la zona del núcleo o levante:

- a) CBR mínimo del 3 %
- b) Peso específico superior a 14.5KN/m³
- c) Límite Líquido menor que 35% (<35%) o en su defecto que se cumpla que LL < 65% y el IP > 0,6 (LL -9)
- d) Contener menos del 25% del volumen total de piedra con tamaño máximo superior a 10 cm.
- e. No existen limitaciones en el % del material que pasa el TAMIZ 200.

En la zona de coronación:

- a. CBR mayor del 5 %,
- b. Peso específico superior a 17.5 KN/m³
- c. Límite líquido < 34% o cumplir simultáneamente que LL < 40 y que el IP > 0,6 (LL – 9)
- d. No debe contener partículas o piedras con tamaño máximo menor de 10 cm.
- e. El material que pasa el TAMIZ 200 debe ser inferior al 35%.

6.2 Procedimientos de trabajo

En la construcción de las explanadas, terrazas o plataformas, hay que cumplimentar lo establecido en Cuba sobre el Medio Ambiente en el Decreto 179, capítulo 3, sección primera, artículos 12 al 15 y en la Ley 81, capítulo 4, artículos 27 y 28 y posterior a ejecutar la preparación del área de trabajo según la NC 256, se realizarán los siguientes pasos:

Se hará el replanteo definitivo de la explanada que se ha proyectado y representada en los planos, a la escala adecuada, situando el estaquillado de los vértices preferiblemente a 20 m. Las estacas del pie de talud de las explanadas debe comprobarse que estén bien ubicadas, fijadas con los puntos de referencia tanto altimétrica como planimétricamente, de manera tal que permitan definir las dimensiones de las mismas y prever la reposición del estaquillado por pérdidas o deterioro.

Ejecución de obras de fábricas

Las obras de fábrica se construirán antes de la ejecución de la explanada, dado el caso que estas existan, desarrollándose la compactación a máxima densidad en las zonas aledañas a las mismas en sentido longitudinal a éstas, hasta la altura adecuada establecida por el proyecto o como mínimo hasta la mitad de la altura de las obras de fábrica.

Conformación de la Explanada

Generalidades:

Durante el proceso de construcción de la explanada hay que considerar los siguientes aspectos:

- a) Que se circule con los equipos de movimiento de tierras sobre la misma, siempre que no entorpezca las acciones constructivas.
- b) Si se construye la explanada sobre una zona pavimentada, hay que escarificar la superficie pavimentada en una profundidad como mínimo de 0.20 metros, para lograr un buen agarre mecánico entre ambas superficies.
- c) Cuando se construye un talud en corte con una pendiente fuerte (mayor del 50% o de 1,5:1) en una ladera de una montaña se recomienda diseñar y construir áreas de apoyo o banquetas y con un ancho mínimo a 3 metros, si existe la posibilidad de desprendimientos de rocas y combinar esta con una cuneta de guarda o contracuneta para captar el agua pluvial que pueda afectar el talud en corte de la explanada.
- d) La zona a rellenar se compactará con las exigencias de compactación establecidas por el proyecto y el material de la excavación se utilizará en la construcción de la explanada si cumple las exigencias mínimas, en caso contrario se desechará y colocará preferiblemente "a caballero".
- e) Se ejecutarán escalones en las zonas de transición de corte a terraplén, para asegurar el necesario agarre mecánico entre las dos superficies, de forma que no se cree una junta

constructiva que propicie el deslizamiento entre ambas masas de suelo, con ancho mínimo de 2,50 metros.

- f) Si la explanada se va a ejecutar sobre terrenos pantanosos debe cumplirse con los procedimientos descritos mas adelante en 6.3.2, para este tipo de zona
- g) Para la ejecución de la zona de relleno de la terraza o plataforma, sea por compensación ó con materiales de préstamo, hay que ejecutar previamente Terraplenes de Prueba para definir los espesores de capa y el número de pasadas acorde con el Compactador disponible.
- h) Las capas de suelo en el proceso de ejecución de las zonas de relleno de las explanadas que cumplen con las exigencias mínimas antes especificadas, se deben colocar en obra con un espesor uniforme y quedar correctamente compactadas, de forma tal que se asegure el escurrimiento del agua pluvial durante el proceso constructivo al concluir cada jornada laboral. Para la ejecución de cada capa hay que efectuar previamente el escarificado superficial de la superficie de apoyo, con una profundidad máxima de 10 cm.
- i) Se deben compactar las capas de la explanada a máxima densidad seca o con el grado de compactación que le corresponda, y realizando las comprobaciones de calidad correspondientes según los métodos de ensayo establecidos en la NC 60:2000 y comprobando el control de tendido y verificación del espesor de las capas según la NC 201:2002
- j) El proceso de compactación en cada capa se debe efectuar de los bordes hacia el centro, con pasadas paralelas, solapadas como mínimo 30 cm, siempre con el número de pasadas y el espesor de capa sea el obtenido en el Terraplén de Pruebas
- k) Cada cierto tiempo se deben realizar pruebas integralmente al material del préstamo con vistas a comprobar si se conservan las características del estudio realizado inicialmente.
- l) En el caso de explanadas a dos niveles, no construir calles o edificaciones a menos de 5 metros del pie de talud de la explanada o terraza inferior, para propiciar el mantenimiento al sistema de drenaje proyectado y como medida de seguridad ante el fallo del talud.

6.3 Técnicas de Construcción de Explanadas

Las técnicas o procedimientos constructivos mecanizados a emplear en la construcción de Explanadas tienen que ser las idóneas, tanto desde el punto de vista técnico como económico y ambiental. Su correcta aplicación depende en gran medida de las condiciones topográficas e geológicas e hidráulicas imperantes en la zona de construcción o de emplazamiento, así como del

parque de máquinas disponible para su ejecución:

6.3.1 Técnica constructiva general a emplear en las zonas llanas con favorable geología y drenaje:

- 1 Replanteo preliminar de los límites de la explanada
- 2 Desmonte o tala de árboles y el acarreo de los árboles talados fuera de los límites de propiedad de la explanada.
- 3 Desbroce de la vegetación existente en dicha área.
4. Replanteo definitivo de los puntos notables o vértices de la explanada, del pie de taludes en corte y relleno y de los dispositivos de drenaje.
5. Descortezado o eliminación de la capa vegetal y del suelo de transición que sea necesario en el área de apoyo de la explanada o terraza, así como su disposición más conveniente para su máxima reutilización.
6. Construcción de los diferentes dispositivos que conforman el Sistema de Drenaje Superficial:
 - Cunetas o cunetillas al pie de taludes.
 - Cunetas interceptoras, contra-cunetas o cunetas de guarda.
 - Canales.
 - Obras de fábrica menores y mayores.
 - Otros (diques desviadores, disipadores, etc.)
7. Construcción de la Terraza o Explanada ya sea en relleno, en corte o compensada.
8. Perfilado o rasanteo de la explanación.
- 9 Recubrimiento de los taludes con capa vegetal.

6.3.2 Técnica constructiva general a emplear en las zonas pantanosas con suelos de cimentaciones débiles.

1. Técnica por sustitución de materiales.

Consiste en eliminar el cieno o turba mediante excavaciones realizadas con maquinarias de construcción como Dragalinas, Retroexcavadoras y su sustitución por rocas y/o suelos rocosos (preferiblemente A-1, A-2 o A -3 según la AASHTO) compactadas a máxima densidad seca para garantizar mínimos asentamientos, máxima resistencia y estabilidad de la explanada o terraza.

2. Técnica por consolidación:

Consiste en proporcionar al material del suelo de cimentación mayor capacidad resistente para sostener las cargas que le impone la explanada, lo cual puede lograrse por:

- a. Deseccación del pantano o ciénaga.
- b. Por confinamiento lateral.
- c. Construyendo drenes verticales de arena.

El caso a. es aconsejable emplearlo cuando sea posible drenar el pantano o ciénaga mediante un sistema de canales o zanjas, lo cual no siempre es factible, ya que por lo general estas zonas son las más bajas de la región.

El caso b. es una solución generalmente costosa, ya que consiste en confinar por todos los lados la explanada o terraza con tablaestacas o mediante la hincada de pilotes, para evitar que el cieno o lodo que queda debajo se desplace lateralmente, reduciéndose la magnitud de los asentamientos para que sean admisibles. Debe usarse solo en situaciones especiales, cuando es más económica esta solución que las restantes posibles.

El procedimiento c. consiste en construir drenes verticales de arena en el suelo de cimentación, que permita acelerar el proceso de consolidación del cieno o turba existente en el pantano. Para construir los drenes verticales se realizarán perforaciones de sección circular con diámetro mínimo igual a 0.30 m, en el suelo de cimentación o apoyo del terraplén, las que se rellenan con arena, que hacen posible que el flujo horizontal del agua hacia los mismos haga más rápido el proceso de consolidación, permitiendo que durante el proceso de construcción los asentamientos que se manifiestan puedan ser corregidos. Si se desea mayor velocidad de consolidación los drenes se construirán con menor espaciamiento y viceversa, si se desea reducir, se les dará mayor espaciamiento.

3. Técnica por hundimiento total del terraplén.

Mediante esta técnica se hará descansar la zona en relleno de la explanada en el estrato resistente del suelo de cimentación, basándose en el mayor peso específico de sus materiales componentes o desplazando el cieno o turba mediante fuerzas externas que aceleren el proceso como las siguientes:

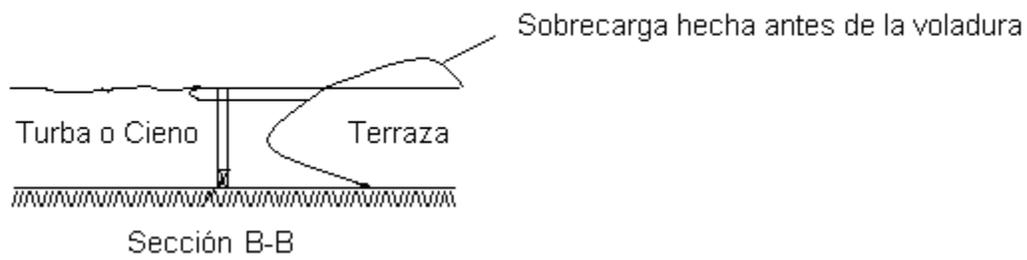
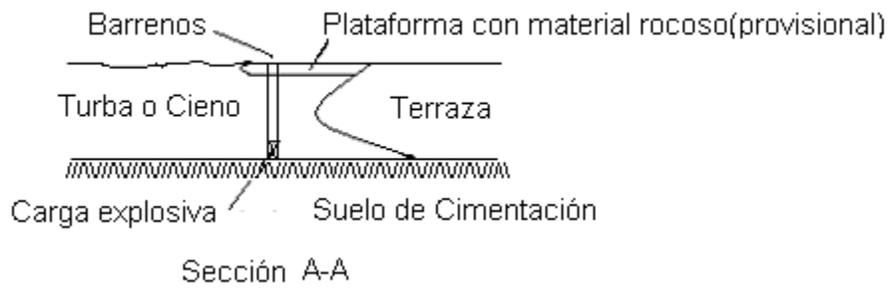
- a. Procediendo al hundimiento de la Estructura de Tierra y/o Roca de la Explanada por medio de la gravedad, es decir: usando suelos y rocas con alto peso unitario suelto que desplacen los suelos de menor peso (cieno), para así lograr que la estructura se asiente en el estrato resistente.
- b. Facilitando el hundimiento del pedraplén mediante el uso de voladuras previas controladas, que eliminen el cieno que se encuentra entre esta estructura de tierra y/o roca y el suelo de

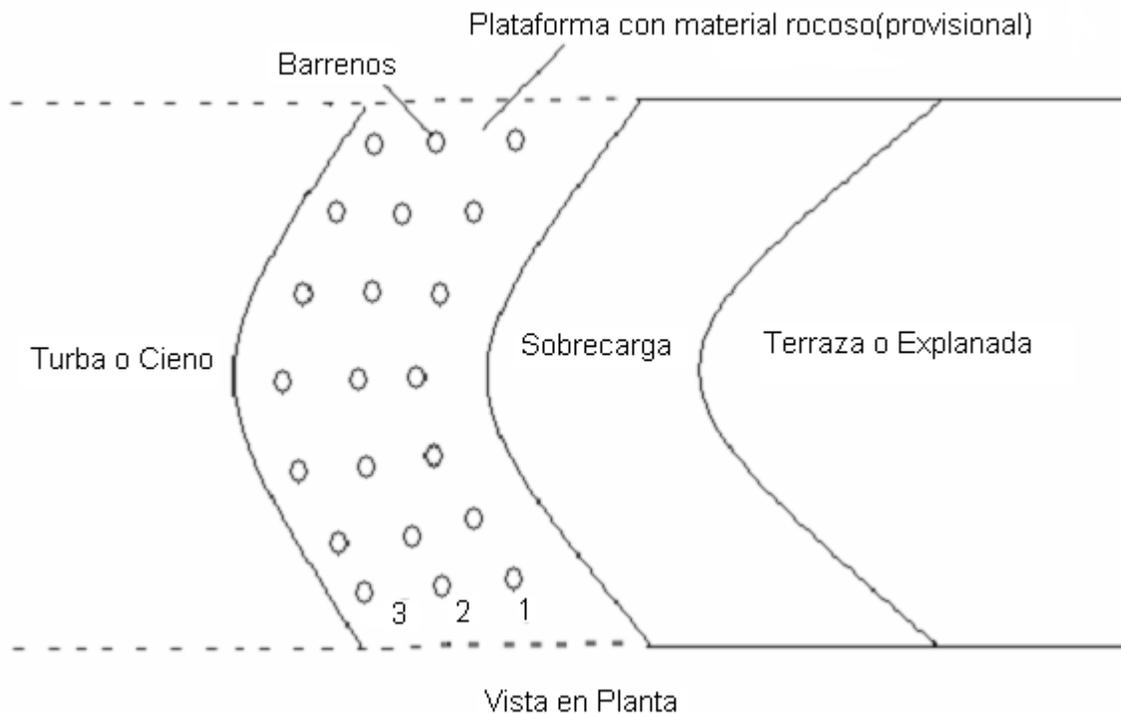
cimentación.

El procedimiento a. se empleará en profundidades de cieno ≤ 2 m y si se dispone de suelos de alto peso unitario suelto ($\gamma \geq 20\text{KN/m}^3$). El procedimiento b. para desplazar espesores de cieno o turba superiores a los 3 m utilizando rocas no solubles y/o suelos con alto peso unitario suelto con magnitudes $\gamma \geq 20\text{KN/m}^3$, mediante voladuras.

En todos los casos hay que lograr el desplazamiento del cieno para que la estructura de tierra y/o roca de la explanada o terraza se asiente sobre el suelo de cimentación. Para ello se empleará el siguiente procedimiento:

1. Proceder a la ampliación de la estructura de tierra y/o roca de la explanada empleando suelos A-1 o A-2 según clasificación HRB o ASHTO avanzando en forma puntiaguda para ir desplazando el cieno o lodo.
2. Como el procedimiento anterior no asegura el necesario desplazamiento habrá que asegurar esto empleando voladuras cumpliendo con la técnica siguiente:
 - a) Construir en el frente o lateral de avance una plataforma provisional con material rocoso (el mismo antes expresado) entre 60 y 100 cm. que haga posible hacer los barrenos y colocar las cargas explosivas, tal como se aprecia en la sección A-A. Los barrenos tendrán un diámetro de 20 a 30 cm. y su profundidad (h) estará limitada por el suelo de cimentación. El espacio entre las filas o hileras de barrenos oscilará entre 2 y 5 metros en dependencia del espesor de cieno o lodo a desplazar. Ver Vista en Planta.
 - b) Construir sobre la explanada un área de sobrecarga tal como se aprecia en la sección B-B también con material rocoso
 - c) Proceder a colocar las cargas explosivas distantes entre 8 y 10 metros del borde delantero de la explanada con un peso en kg. de aproximadamente $h/4$, haciéndolos explotar de una sola vez cada hilera de barrenos.
 - d) Una vez realizada la voladura se continúa construyendo la explanada hasta cubrir el área y así sucesivamente.





7. Condiciones generales de ejecución.

- Al realizar los trabajos de movimiento de tierras los operadores de las maquinarias de construcción cumplirán con las distancias de seguridad establecidas desde los bordes de las excavaciones y/o rellenos y de las líneas eléctricas energizadas, para evitar accidentes.
- Evitar el desvío y contaminación de los cursos de las aguas superficiales de la zona.
- Se impedirá la acumulación de aguas especialmente junto a bordes ataluzados con la debida pendiente de las banquetas y bermas.
- Los trabajos de protección contra la erosión de taludes y cunetas con recubrimiento con capa vegetal, se realizarán lo antes posible para evitar erosiones indeseables en los mismos.
- Cuando al excavar se encuentre cualquier anomalía no prevista como: variación de los estratos o de sus características, restos de construcciones con valores arqueológicos, redes soterradas, u otras similares, se paralizarán los trabajos momentáneamente, procediéndose a comunicarse a la dirección técnica de la obra, para adoptar la solución más adecuada.

- Al construirse las explanadas provisionales en las zonas pantanosas si existe mangle no se retirará, solamente se hará un desmonte manual y sobre la empalizada existente se vertirá el material de relleno rocoso (A-1 o A-2) en el espesor indicado.

8. Seguridad de los trabajos.

Se cumplirán las normas y disposiciones vigentes en Cuba relativas a la realización de los trabajos de movimiento de tierra mecanizados específicamente la NC 19 - 03 – 33:86.

9. Control de la Calidad de la Construcción.

Puntos de control:

9.1 Replanteo

Se comprueba que todas las referencias establecidas, ejes, ángulos, dimensiones y cotas, estén de acuerdo con la documentación del proyecto y con las tolerancias que se especifican y acuerden previamente.

9.2 Selección del material

Comprobación de los resultados de los análisis del laboratorio que determinen el material a emplear, según las normas NC 58:2000, NC 60:2000, NC 63:2000 y NC 54 –150 . Preferiblemente los suelos granulares antes descritos.

9.3 Preparación del área de trabajo

Antes de la colocación de la explanada, hay que inspeccionar y aprobar la base de sustentación comprobando si se ha cumplido con la NC 256:2004

10. Control de la Calidad de la Compactación:

En el laboratorio se revisarán por muestreo las densidades obtenidas en los controles en distintos puntos de la explanada, los instrumentos y métodos utilizados para los controles de obra y de los materiales a utilizar y su relación con las especificaciones establecidas.

Para ser más específicos se tiene que cumplir el siguiente procedimiento para realizar mecanizadamente la compactación de suelos:

1. Compactar el suelo natural o de cimentación (siempre que sea posible) efectuando de 4 - 6 pasadas.
2. Compactar la primera capa desde los bordes hasta el centro con el Compactador idóneo, Determinar γ_d (ya sea por los métodos tradicionales del Anillo y la Arena o por el Densímetro Nuclear) comprobando que se cumpla que: $\gamma_{dk} \geq \gamma_d \text{ mín}$

3. De cumplirse la anterior condición, la superficie de la capa compactada se escarificará entre 3 y 5 cm. se humedecerá si lo requiere.
4. Se repetirá el proceso anterior hasta el nivel de subrasante de la explanación.

Control de la Calidad de la Compactación de los Suelos:

La γ_d mínima es un % de la γ_d máxima del Proctor Modificado, lo cual fija el Proyectista

En el tramo o área a controlar la calidad de la compactación, deberá cumplirse con los siguientes

Criterios de Aceptación o Rechazo:

1. Que $\gamma_d k \geq \gamma_d$ mínima

Donde: $\gamma_d k$: es la densidad seca característica del área controlada.

γ_d mínima valor establecido según importancia de la obra y tipo de suelo en el proyecto de la obra

2. Que la compactación del tramo o capa quede concluida al finalizar cada jornada laboral.

11. Presupuestación de Explanaciones.

Se determinará el precio de las actividades según el sistema de precios vigente en Cuba

12. Medidas para Minimizar el Impacto Ambiental:

Hay que cumplir las siguientes medidas para minimizar el impacto en la construcción de las explanadas para cada uno de los siguientes factores:

Suelo:

- Realizar el descortezado de la base de las explanaciones según el proyecto, para evitar la eliminación innecesaria de la capa vegetal.
- Distribuir racionalmente las masa de los suelos a mover, asegurando el máximo de compensación posible, ubicando convenientemente el material sobrante de tramos o zonas en corte o excavación (minimizar movimiento de tierra y afectaciones al medio ambiente con material sobrante o indeseable.
- Emplear únicamente la faja de emplazamiento establecida en el proyecto para la construcción de las explanaciones.

Vegetación:

- Realizar el desmonte o tala de árboles y desbroce de la vegetación imprescindible, sólo dentro de los límites de la faja de emplazamiento establecida en el proyecto de la explanación.
- Minimizar la apertura de trochas, caminos de acceso provisionales hasta la obra y hacia los préstamos.

- Recubrir siempre que sean factible los taludes de las explanaciones con capa vegetal.
- Posibilitar con un racional acarreo y disposición el uso de árboles maderables talados.

Agua:

- Evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas al explotar las maquinarias de construcción.
- Construir correctamente el sistema de drenaje proyectado y mejorarlo si es posible durante su construcción.
- Evitar destrucción y desvíos de los acuíferos en la construcción de las explanaciones.

Paisaje:

- Ubicar correctamente los préstamos laterales, no tan cercanos que afecten el entorno de manera evidente y a la vez no tan distante de la obra para no elevar los costos de transportación.
- Explotar correctamente los préstamos laterales, usando el área imprescindible que asegura los volúmenes de tierra necesarios.
- Adoptar cuanta medida contribuye al cuidado del paisaje durante la fase constructiva.

Atmósfera:

- Usar las técnicas de voladuras de tierra y/o roca solo en casos estrictamente necesarios.
- Mantener un buen estado técnico de funcionamiento el parque de máquinas disponible para ejecutar los diferentes trabajos, para reducir así en la mayor medida posible el escape de gases, derrame de combustibles y lubricantes, así como la generación de ruidos innecesarios.
- Evitar o disminuir el mínimo de creación de nubes de polvo (polvaredas) al construir explanaciones, mediante riego de agua, riegos asfálticos u otras medidas.

13. Bibliografía:

- Ballester, Francisco. Máquinas de Movimiento de Tierra. Criterios de Selección. / Francisco Ballester, Jorge A. Capote. – 1ª. Edición. España: Editorial Pedeca, 1998. - - 405 p.
- Bejermin, Norberto Jorge y otros Pliego General de Especificaciones Técnicas de Impacto Ambiental para Obras Viales. Una herramienta de gestión ambiental, Argentina.
- Crespo Villalaz, Carlos. Vías de Comunicación. / Tercera Edición. México: Editorial Limusa, 2000. -- 715 p.
- Especificaciones Generales para la Construcción de Puentes y Carreteras. Departamento del Transporte, Estado de la Florida. EUA, 1986.
- Especificaciones técnicas generales. Manual de Carreteras. Volumen 5. Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Obras Públicas Dirección de Vialidad. Chile. Junio/1998.
- Evaluación de Impacto Ambiental para Obras Viales. Banco Mundial, 2000.
- Fernández Madero, Miguel Jorge y otros Guía para la elaboración de estudios de Impacto Ambiental en Proyectos Viales. Barimont S.A. Consultora, Argentina.
- Nichols, Herbert L., Movimiento de Tierras. Manual de Excavaciones. Segunda edición, Edición Revolucionaria, La Habana, 1968.
- Orta Amaro, Pedro Andrés. Tecnología de Construcción de Explanaciones, Primera edición Editorial Samuel Feijoo, UCLV, Santa Clara, 2003
- Orta Amaro, Pedro Andrés. Perfeccionamiento de la Ejecución Mecanizada de los Movimientos de Tierra. / Pedro Andrés Orta Amaro. Tesis para Optar por el Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Abril 1996 -- 89 p.
- Reglamento para la excavación, extracción y nivelación de terrenos en el Municipio Tijuana. México. Junio, 1993.
- Rico Rodríguez Alfonso; Del Castillo Mejía Hermilio. La Ingeniería de Suelos en Vías Terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Volumen 1. Editorial Limusa, S.A de C.V Gripo Noriega Editores, Mexico D.F., 2003.

Confeccionada por:

Pedro Andrés Orta Amaro, Ing. Civil, Doctor en ciencias técnicas, Profesor Titular del Departamento de ingeniería civil, Facultad de Construcciones, de la Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba

E mail: ortaamaro@gmail.com; ortaamaro1951@yahoo.es y orta@uclv.edu.cu