

**TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE COACALCO**

**INFORME TÉCNICO DE
RESIDENCIAS PROFESIONALES**

**Cocheras y talleres rancho la esperanza
Cancún**

PRESENTA:

Adán González Padilla

MATRICULA: 201820301

Asesor:

ING. Francisco Javier González Vázquez

COACALCO DE BERRIOZÁBAL, MÉX. Abril, 2024

Índice

Resumen	
CAPITULO I	1
1.1 Introducción	1
1.1-1 Trabajos más relevantes:	1
1.2 Problemas a resolver	2
1.3 Objetivo general	2
1.4 Objetivo específico	2
1.5 Justificación	2
CAPITULO II	3
2.1 Historia de los terraplenes	3
2.2 Terraplenes y su composición	6
2.2-1 Cimiento	6
2.2-2 Núcleo	6
2.2-3 Coronación del terraplén	7
2.3 Materiales para terraplén	7
2.3-1 Clasificación	7
2.4 Requisitos de calidad	11
2.5 Equipo utilizado para la construcción de terraplenes	12
2.6 Ejecución	13
2.6-1 Trabajos previos	13
2.6-2 Tendido y conformado	14
2.6-3 Tendido y conformación de material compactable	15
2.6-4 Tendido y conformación con material no compactable	15
2.6-5 Compactación o acomodo	16
2.7 Terraplenes en vías férreas	17
2.7-1 Subbalasto	18
2.7-2 Balasto	18

2.8 Terraplenes para carreteras.....	20
2.8-1 Capa subyacente	21
2.8-2 Capa subrasante	22
2.9 La importancia de la compactación del material	24
2.9-1 Ventajas de compactar el suelo.....	25
2.9-2 Métodos más utilizados en la compactación de suelos.....	26
CAPITULO III	28
3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	31
3.1-1 Supervisión de limpieza de terreno con maquinaria.....	31
3.1-2 Carga y acarreo de material	32
3.1-3 Trazo y nivelación de terreno	33
3.1-4 Extensión de material procedente de banco	34
3.1-41 Cimentación con material no compactable	34
3.1-42 Capa de transición	35
3.1-43 Terraplén	37
3.1-44 Subrasante.....	41
CAPITULO IV.....	38
4.1 Resultados.....	42
4.1-1 Planos	42
4.1-2 Secciones	43
4.1-3 Secciones tipo de proyecto y finales	44
4.1-4 Resultados de pruebas de compactación	45
4.1-5 Generadores de obra	47
Conclusiones.....	51

Resumen

El enfoque principal de este informe es dar a conocer desde el punto de vista de la supervisión el correcto proceso constructivo de las terracerías utilizadas en obra, así como la supervisión y el control de laboratorios de construcción y por parte de la residencia de obra, con lo mencionado anteriormente se pudo realizar la obra de terraplenes cumpliendo con lo establecido en la normativa, también con en el tiempo estimado al inicio del proyecto

En conclusión, llevando los debidos procesos y un buen control de las actividades a realizar se pudo hacer un proyecto de terracerías de buena calidad

CAPITULO I

1.1 Introducción

Llevar a cabo los debidos procesos constructivos de mejoramiento de suelos como lo marca la normativa en cada una de las actividades relacionadas con control y supervisión de terracerías que se utilizaran en los terraplenes para el proyecto “COCHERAS Y TALLERES RANCHO LA ESPERANZA CANCUN”

1.1-1 Trabajos más relevantes:

Preparación de la superficie de asiento del terraplén (saneamiento, escarificado, compactación adopción de medidas de drenaje, etc.).

*Extensión por capas del material procedente de excavación.

*Humectación o desecación de cada capa

*Compactación.

1.2 Problemas a resolver

El terraplén empleado en el proyecto se realizará para rellenar el terreno para levantar su nivel con material que cumpla con ciertas características y formar un plano de apoyo adecuado para darle mayor seguridad a la obra evitando asentamientos y dar una vida útil más larga a las vías terrestres que se den construir

1.3 Objetivo general

Revisar el proceso constructivo de las terracerías en las cochera y talleres del Rancho La Esperanza en Cancún, desde la perspectiva de la supervisión, con el fin de que se aseguren el cumplimiento de los estándares normativos y el tiempo estimado para la ejecución del proyecto.

1.4 Objetivo específico

Investigar y documentar los estándares normativos y técnicos aplicables al proceso constructivo de terracerías en obras similares al proyecto de las cochera y talleres del Rancho La Esperanza en Cancún.

Evaluar la eficacia de los controles de supervisión y el seguimiento de los laboratorios de construcción en el proyecto, determinando su impacto en la calidad y el cumplimiento de los plazos.

Validar la efectividad de las medidas propuestas mediante la comparación de resultados antes y después de su implementación, utilizando indicadores de calidad y tiempo de ejecución del proyecto.

1.5 Justificación

El terraplén es una estructura que se construyó con materiales producto de bancos, con el fin de obtener el nivel hasta la capa de subrasante

La construcción del terraplén le ayuda a la edificación reduciendo los asentamientos del suelo de apoyo, la presión sobre las estructuras de contención y las cargas sobre las estructuras de soporte, así como llegar al nivel requerido para el proyecto. Ayuda a resolver el problema de asentamiento y nivelación requerida

CAPITULO II

2.1 Historia de los terraplenes

Antes de tener normalizado la ejecución de los terraplenes, se construían casi de una forma arbitral, debido a que no se tenían suficientes conocimientos como los que se tienen en la actualidad. Prácticamente todo valía para formar un relleno de una carretera o ferrocarril y, casi también se puede decir, que cualquier procedimiento era admitido con tal de que fuera capaz de contribuir a conseguir el volumen proyectado. Los terraplenes, antes de construirse el firme, se dejaba que se hiciera añejo con el agua y el tiempo, pues, si se aplicaba algún tipo de compactación era más nominal que efectivo

Hasta 1925, no se tuvo constancia de la problemática que tenía la estabilidad de los suelos. Fue en ese año cuando el ingeniero checo Karl Von Terzaghi dedujo que la reacción del suelo a los esfuerzos constituye el factor más importante para el proyecto de terraplenes.

El ingeniero afirma (((k.)Terzaghi, 1925))Z que los esfuerzos que se desarrollan en un suelo, producto de su propio peso o producto de alguna acción externa, se determinan a través de la siguiente expresión ($\sigma = \sigma' + u$), constituyendo esta la ecuación fundamental de la mecánica de suelos.

Sin embargo, objetivamente el trabajo de Terzaghi no parece decisivo para los procedimientos constructivos, que estaban desde hacía un par de décadas en profunda evolución, debido a las tendencias generales de desarrollo industrial y maquinismo

La teoría de empuje de tierra había llegado, gracias a la estática gráfica. Los principios fundamentales de la estabilidad de taludes se habían ya puesto en claro mediante los trabajos de la escuela sueca. En cuanto al cálculo de asientos, hacia cuarenta años que Boussinesq había establecido las fórmulas de distribución de tensiones que todavía usamos en la mayor parte de los casos.

En la construcción de obras lineales (carreteras y líneas ferroviarias) y cualquier otra cosa que requiera grandes explanaciones, es fundamental minimizar y compensar al máximo posible el movimiento de tierra y materiales. Debido a la limitada disponibilidad de materiales aptos para la construcción de terraplenes se hace más necesario la utilización de todos los materiales que se encuentran directamente en la propia obra o en bancos de material cercanos, sean cuales sea sus propiedades

Esto era lo que ocurría en la construcción de los primeros terraplenes ferroviarios: se construían con materiales desechados de otras obras cercanas. Esta mala ejecución de terraplenes, formados por materiales que no les daban una gran estabilidad a los terraplenes ha hecho que en muchos tramos de la red se hayan dado grandes fenómenos de deslizamiento

Con el paso de los años, ingenieros y geólogos llevaron a cabo estudios para mejorar la seguridad de las infraestructuras. Se llegaron a conclusiones tal como señala J.J Sanz Llano, que, si la distancias entre el carril y el extremo de la coronación del talud iba aumentando, el riesgo de deslizamiento disminuía notablemente

Otro parámetro que se estudió fueron los materiales que se empleaban. Como se ha mencionado anteriormente los materiales usados eran los desechados por obras próximas. Esto se vio que no daba una buena estabilidad por lo que se empezaron a hacer estudios de cómo se podía mejorar. Fue el ingeniero español José Antonio Jiménez Salas en su obra quien llegó a la conclusión que, aplicando materiales homogéneos y con una compacidad elevada, la estabilidad de suelos mejoraría

La altura de terraplén también ha sido objeto de estudios a lo largo de los años. De acuerdo con la publicación del antiguo ministerio de obras públicas existen una serie de premisas en función de la altura t del material:

- En terraplenes de poca altura se hace más patente la influencia del terreno natural, dada su proximidad en coronación. Por él, es necesario realizar una excavación adicional; de este modo se dará mayor uniformidad al terreno de apoyo. Se recomienda una altura mínima para evitar molestas transiciones terraplén-desmonte en unas zonas ligeramente onduladas y mejorar las condiciones de drenaje
- Genéricamente puede afirmarse que la mayoría de los terraplenes asientan del orden de un 1 a un 3% de su altura a lo largo de su vida útil, dependiendo de la calidad de su ejecución. En terraplenes de gran altura, estos asientos alcanzan valores considerables, lo que supone un problema dadas las escasas tolerancias geométricas admisibles por el firme

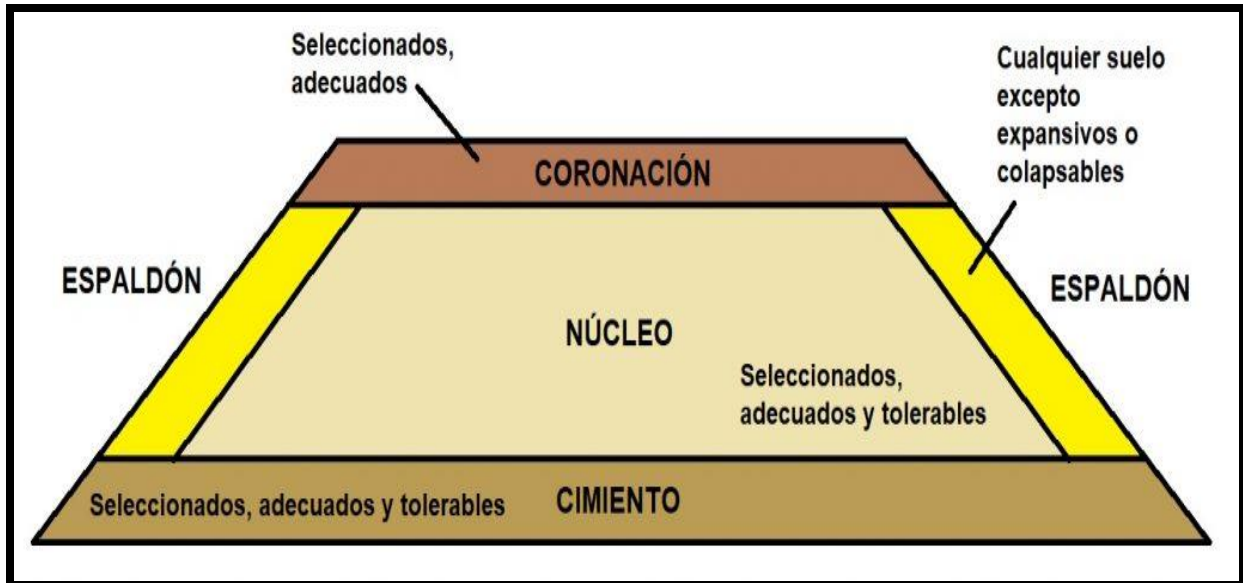
Otros estudios que llevaron a la mejora en la estabilidad de terraplenes fueron los desarrollados para implantar geotextiles. Este método evita la mezcla entre los diferentes elementos que conforman el terraplén, aportando resistencia al mismo.

Como se ha podido ver el terraplén desde sus comienzos hasta ahora, han sido numerosos los estudios que se han llevado a cabo para la mejora de la seguridad del mismo, no obstante, eso no implica que todavía no se produzcan accidentes de distinta índole en los terraplenes

Por lo tanto, todos los parámetros son importantes a la hora de ejecutar y mantener correctamente los terraplenes sin embargo la consolidación se considera como el parámetro más importante. La consolidación de los suelos es un proceso que debe ser bien analizado y tratado para evitar posibles daños en las estructuras después de ejecutadas, no solo en el proceso de construcción sino también a lo largo de su vida útil, debido a los asentamientos que en ellos se generan y sus posibles fallas. (Tejedor, 2017, págs. 28,29)

2.2 Terraplenes y su composición

“Los terraplenes son estructuras construidas a partir de materiales sueltos que se someten a un proceso de compactación, con el fin de conformar un elemento resistente y poco deformable, el cual pueden ser utilizado en vías, estructuras hidráulicas tipo presas, diques o simplemente rellenos para plataformas horizontales.” ((Empresa publica de medellin, 2018))(Figura 2.0)



[Figura 2.0 Composición de un terraplén](#)

2.2-1 Cimiento

Es la parte del terraplén que está por debajo de la superficie original del terreno, y que ha sido vaciada durante el desbroce o al hacer la excavación adicional (cajeado) por presencia de material inadecuado.

2.2-2 Núcleo

Es la parte del terraplén comprendida entre la cimentación y la coronación. Es el "cuerpo" del terraplén propiamente dicho.

Una vez preparado el cimiento del terraplén, se procederá a la construcción del núcleo, empleando materiales que cumplan las condiciones establecidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas. En obra se tomarán muestras por el laboratorio para comprobar que cumple con dichas exigencias.

2.2-3 Coronación del terraplén

Una vez finalizado el núcleo del terraplén, llegaríamos a su parte superior, denominada coronación.

El material de esta capa será de unas características muy similares al empleado en el núcleo. Tendrá que tener unas características algo mejores, en cuanto a plasticidad, tamaño de árido y contenido de finos. (Andújar, 2014)

2.3 Materiales para terraplén

Consideraciones para los materiales

Los materiales que se utilicen en la construcción de terraplenes cumplirán con lo establecido en las Normas N·CMT·1·01, Materiales para Terraplén, N·CMT·1·02, Materiales para Subyacente y N·CMT·1·03, Materiales para Subrasante, salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría. Los materiales procederán de los cortes o bancos indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría.

Los materiales para la construcción del cuerpo del terraplén, la ampliación de la corona o el tendido de los taludes de terraplenes existentes, cuando procedan de cortes, pueden ser compactables o no compactables. Cuando provengan de bancos o se utilicen en la construcción de las capas subyacentes y subrasantes, siempre serán compactables. (N-CTR-CAR-1-01-009/16, 2016)

2.3-1 Clasificación

“Los materiales para terraplén son suelos y fragmentos de roca, producto de los cortes o de la extracción en bancos, que se utilizan para formar el cuerpo de un terraplén hasta el nivel de desplante” (N·CMT·1·01, 2021)

Clasificación de los materiales según la posibilidad de ser controlados mediante pruebas de compactación de laboratorio

Para fines de la formación de terraplenes los materiales que se empleen en la construcción de los mismos se clasifican como:

Compactables- Son los materiales susceptibles de controlar su compactación con equipo de laboratorio, tales como los fragmentos de roca muy alterados que se disgreguen, areniscas blandas y suelos (Tabla 2.0 y 2.1), siempre y cuando después de compactados, contengan como máximo el 20% de fragmentos de rocos chicos, con respecto al volumen total y de esta fracción solo el 5% sean mayores a 15cm

No compactables- Son aquellos materiales que no cumplen con las condiciones anteriores (M-MMP-1-02, 2003)

Tipo	Sub-Tipos		Identificación			Símbolo de Grupo
SUELOS GRUESOS Más de la mitad del material se retiene en la malla N°200 (0.075 mm)	GRAVA Más de la mitad de la fracción gruesa se retiene en la malla N°4	GRAVA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Grava bien graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C_u) mayor de 4 y un coeficiente de curvatura (C_c) entre 1 y 3 ^{1/4}	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	GW	
			Grava mal graduada; mezcla de grava y arena con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para GW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	GP	
		GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Grava limosa; mezcla de grava, arena y limo.	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véanse abajo los grupo ML y MH)	GM	
			Grava arcillosa; mezclas de grava, arena y arcilla	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véanse abajo los grupo CL y CH)	GC	
		ARENA Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N°4	ARENA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas)	Arena bien graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. Debe tener un coeficiente de uniformidad (C_u) mayor de 6 y un coeficiente de curvatura (C_c) entre 1 y 3 ^{1/4}	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	SW
				Arena mal graduada; mezcla de arena y grava con poco o nada de finos. No satisface los requisitos de graduación para SW.	Menos del 5% en masa pasa la malla N°200	SP
	ARENA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)		Arena limosa; mezcla de arena, grava y limo.	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites consistencia clasifican a la fracción fina como ML o MH (véanse abajo los grupo ML y MH)	SM	
			Arena arcillosa; mezclas de arena, grava y arcilla	Más de 12% en masa pasa la malla N°200 y las pruebas de límites de consistencia clasifican a la fracción fina como CL o CH (véanse abajo los grupo CL y CH)	SC	
	SUELOS FINOS Más de la mitad del material pasa la malla N°200 (0.075 mm)	LIMO Y ARCILLA Límite líquido	Menor de 50%	Limo de baja compresibilidad; mezcla de limo de baja plasticidad, arena y grava; polvo de roca. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	ML	
				Arcilla de baja compresibilidad; mezcla de arcilla de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona II de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CL	
Limo orgánico de baja compresibilidad; mezcla de limo orgánico de baja plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona I de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.				OL		
Mayor de 50%			Limo de alta compresibilidad; mezcla de limo de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	MH		
			Arcilla de alta compresibilidad; mezcla de arcilla de alta plasticidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona IV de la carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	CH		
			Limo orgánico de alta compresibilidad; mezcla de limo orgánico de alta compresibilidad, arena y grava. Se localiza dentro de la zona III de la Carta de plasticidad mostrada en la Figura 1 de este Manual.	OH		
ALTAMENTE ORGÁNICOS	Turba, fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.				P _t	

Tabla 2.0 Suelos (partículas menos de 7.5mm)

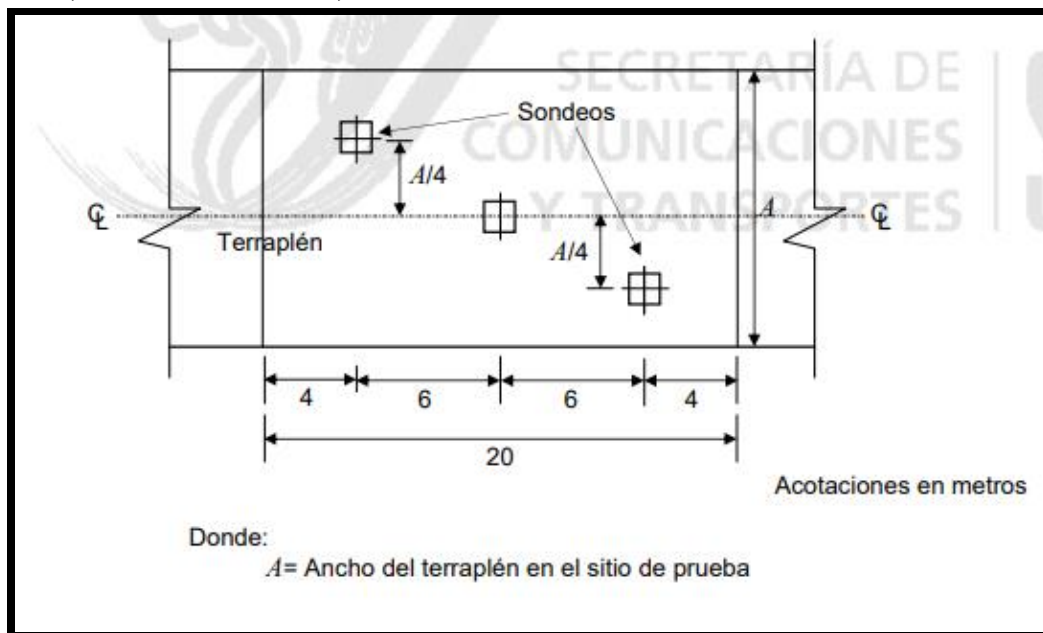
Tipo de suelo				Símbolo de grupo	Denominación común
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Pt Más de la mitad del material es de tamaño mayor que el mínimo que se puede observar a simple vista	GRAVA Más de la mitad de la fracción gruesa es mayor de 5 mm (malla N°4) Pt	Menos del 5% respecto al total son partículas del tamaño mínimo que se puede observar a simple vista	Amplio rango en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.	GW	Grava bien graduada, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos.
		Predominio de un tamaño o un rango de tamaños con ausencia de algunos tamaños intermedios.		GP	Grava mal graduada, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos.
		Más del 12% respecto al total son partículas del tamaño mínimo que se puede observar a simple vista	Fracción fina no plástica (para identificación véase grupo ML, abajo)	GM	Grava limosa, mezclas de grava, arena y limo, mal graduadas.
			Fracción fina plástica (para identificación véase grupo CL, abajo)	GC	Grava arcillosa, mezclas de grava, arena y arcilla, mal graduadas.
	ARENA Más de la mitad de la fracción gruesa es menor de 5 mm (malla N°4) Pt	Menos del 5% respecto al total son partículas del tamaño mínimo que se puede observar a simple vista	Amplio rango de los tamaños de partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.	SW	Arena bien graduada, arena con grava y poco o nada de finos.
		Predominio de un tamaño o un rango de tamaños con ausencia de algunos tamaños intermedios.		SP	Arena mal graduada, arena con grava y poco o nada de finos.
		Más del 12% respecto al total son partículas del tamaño mínimo que se puede observar a simple vista	Fracción fina no plástica (para identificación véase grupo ML, abajo)	SM	Arena limosa, mezclas de arena, grava y limo.
			Fracción fina plástica (para identificación véase grupo CL, abajo)	SC	Arena arcillosa, mezclas de arena, grava y arcilla.
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material son partículas menores que el tamaño mínimo que se puede observar a simple vista Pt	Identificación de la fracción que pasa la malla N°40 (0,425 mm)				
	LIMO Y ARCILLA	Dilatancia	Tenacidad	Resistencia en estado seco	
		Rápida	Nula	Nula	ML Limo y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa.
		Lenta	media	nula	MH Limo de alta compresibilidad, limo micáceo o diatomeo.
		Lenta a nula	Media	Media	CL Arcilla de baja o mediana compresibilidad, arcilla con grava, arcilla arenosa.
		Nula	Alta	Alta	CH Arcilla de alta compresibilidad.
		Rápida	Media	Media	OL Limo orgánico de baja compresibilidad.
		Rápida a lenta	Media	Media	OH Limo orgánico de alta compresibilidad.
Suelos altamente orgánicos	Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa.			Pt	Turba.

Tabla 2.1 Suelos de partículas gruesas y finas

En caso de dudas para saber si un material es compactable, se somete a la prueba que se describe a continuación:

Procedimiento de prueba

- Se tiende una capa del espesor que permite el tamaño máximo del material, pero no menor a 30cm, en todo el ancho del terraplén y en 20m de longitud
- Se riega agua sobre la capa, en cantidad aproximada de 100 L/m³ de material
- Se somete la capa regada con agua al tránsito de un tractor de 20 ton, pasando 3 veces por cada punto de la superficie
- Se excavan 3 pozos a cielo abierto en los 20 cm superiores de la capa, con un volumen aproximado de 0.5 m³ cada uno, ubicados como se muestra (figura 2.1) y se extiende el material sobre la superficie para estimar el porcentaje de fragmentos de roca
- Si el material producto de cada pozo contiene como máximo 20% en volumen, de cada material retenido en la malla de 75mm (3") y de esta fracción los fragmentos son chicos y menos del 5% quedan comprendidos entre 14 y 20 cm, el material es compactable.
- Para los caculos anteriores se toma el promedio de los resultados obtenidos en los 3 pozos efectuados. (M-MMP-1-02, 2003)



[Figura 2.1 Ubicación de sondeos](#)

2.4 Requisitos de calidad

Como menciona la secretaria de comunicaciones y transporte (N·CMT·1·01, 2021):

Los materiales que se utilicen para la formación de terraplén cumplirán con los requisitos de calidad que se establece en la tabla 2.3, en ningún caso se utilizara material altamente orgánico como turba (Pt), ni materiales producto de despálme

Característica	Valor
Límite líquido; %, máximo	50
Valor Soporte de California (CBR) ^[1] ; %, mínimo	5
Expansión; %, máxima	5
Grado de compactación ^[2] ; %	90 ± 2

Tabla 2.3 Requisitos de calidad para materiales empleados en terraplenes

- En especímenes compactados dinámicamente al porcentaje de compactación indicados en la tabla con un contenido de agua igual al óptimo de compactación respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenido mediante la prueba AASHTO estándar
- Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO estándar del material compactado con el contenido de agua óptimo de la prueba. Cuando el material sea no compactable, de acuerdo con lo indicado en el manual M-MMO-1-02, el tamaño máximo será de 75cm, se colocará en capas del espesor mínimo que se permita el máximo tamaño del material que se emplea y se bandeara, previa aplicación de un riego de agua a razón de 150 L/m³, dando como mínimo tres pasadas en toda la superficie en cada capa con un tractor de 36.7 t con orugas (Secretaría de comunicaciones y transporte, 2021)

2.5 Equipo utilizado para la construcción de terraplenes

MOTOCONFORMADORAS

Las motoconformadoras que se utilicen para el extendido y conformación de terraplenes, serán autopropulsadas, con cuchillas cuya longitud sea mayor de tres comas sesenta y cinco (3,65) metros, y con una distancia entre ejes mayor de cinco coma dieciocho (5,18) metros.

TRACTORES

Los tractores serán montados sobre orugas, reversibles, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque

MOTOESCREPAS

Las motoescrepas serán auto cargables en el menor tiempo, con capacidad de ocho coma cuatro (8,4) metros cúbicos (11 yd³) como mínimo, con descarga plena.

CARGADORES FRONTALES

Los cargadores frontales serán autopropulsados y reversibles, de llantas o sobre orugas, con la potencia y capacidad compatibles con el frente de ataque.

COMPACTADORES

Los compactadores serán autopropulsados y reversibles. Los compactadores vibratorios estarán equipados con controles para modificar la amplitud y frecuencia de vibración. (SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE, 2016)

2.6 Ejecución

2.6-1 Trabajos previos

Delimitación del terraplén

Se delimitará la zona de despalme del terraplén mediante estacas u otras referencias, de acuerdo con lo indicado en el proyecto o aprobado por la Secretaría.

Desmante y despálme

La definición de despálme según la secretaría de comunicaciones y trasportes es (N·CTR·CAR·1·01·002, 2011):

El despálme es la remoción del material superficial del terreno, de acuerdo con lo establecido en el proyecto, con objeto de evitar la mezcla del material de las terracerías con materia orgánica o con depósitos de material no utilizable

- El espesor del despálme será el que indique el proyecto u ordene la Secretaría a la vista de los materiales existentes en el lugar, de acuerdo con la estratigrafía del terreno o con la existencia de rellenos artificiales.
- El material natural producto del despálme se empleará para el recubrimiento de los taludes de terraplenes, así como de los pisos, fondo de las excavaciones y taludes de los bancos al término de su explotación, o se distribuirá uniformemente en áreas donde no impida el drenaje o que no invada cuerpos de agua, para favorecer el desarrollo de vegetación.
- Al material producto del despálme colocado en taludes de terraplenes, así como en los pisos, fondo de las excavaciones y taludes de los bancos o en las zonas en donde se distribuyó uniformemente, se le adicionarán semillas de pasto o de vegetación propia de la zona, adecuada al paisaje y que no impidan la buena visibilidad de acuerdo con la Norma N·CTR·CAR·1·09·002, Plantación y Siembra de Especies Vegetales.
- El retiro de rellenos artificiales se ejecutará cumpliendo con las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes. (Secretaría de comunicaciones y trasportes , 2011)

Preparación de la superficie

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, se rellenarán los huecos resultantes de los trabajos de desmonte y despalme con material compactado, asimismo se compactará el terreno natural o el despalmado, en el área de desplante, en un espesor mínimo de veinte (20) centímetros y a una compactación similar a la del terreno natural.

2.6-2 Tendido y conformado

Aspectos generales

- 1.El material proveniente de cortes o bancos se descargará sobre la superficie donde se extenderá, en cantidad prefijada por estación de veinte (20) metros, en tramos que no sean mayores a los que, en un turno de trabajo, se pueda tender, conformar y compactar o acomodar el material.
2. En caso de material compactable, éste se preparará hasta alcanzar el contenido de agua de compactación que indique el proyecto o apruebe la Secretaría y obtener homogeneidad en granulometría y humedad, extendiéndolo parcialmente e incorporándole el agua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, o eliminando el agua excedente.
- 3.Siempre que la topografía del terreno lo permita el material se extenderá en capas sucesivas sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección.
- 4.Si así lo indica el proyecto o aprueba la Secretaría, cuando la topografía del terreno presente lugares inaccesibles donde no sea posible la construcción por capas compactadas o acomodadas utilizando equipo mayor, dichos lugares se rellenarán a volteo para formar una plantilla en la que se pueda operar el equipo, prosiguiendo la construcción por capas compactadas de ese nivel en adelante.
5. Cuando el nivel de desplante coincida sensiblemente con el nivel freático, se evitará desplantar el terraplén directamente sobre la superficie saturada, procediendo al abatimiento del nivel freático o a colocar una primera capa a volteo de espesor suficiente para que soporte al equipo

2.6-3 Tendido y conformación de material compactable

Para el cuerpo del terraplén, el material compactable se extenderá en todo el ancho del terraplén, en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar, y se conformará de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor uniforme.

Para la ampliación de las coronas o el tendido de los taludes de terraplenes existentes y previamente excavados los escalones de liga en los taludes (“Los escalones de liga son excavaciones en el terreno natural o en el cuerpo de terraplenes existentes cuya pendiente transversal exceda de veinticinco (25) por ciento, con objeto de proporcionar un apoyo al material que se colocará para formar terraplenes nuevos o ampliar terraplenes construidos.” (N·CTR·CAR·1·01·004, 2011)), el material compactable se extenderá en todo el ancho de la ampliación y se conformará como se indica en el Párrafo anterior.

Cuando el proyecto o la Secretaría indiquen que se ejecute una excavación adicional abajo del nivel del piso de un corte, para alojar la capa subrasante, ésta se formará extendiendo el material en todo el ancho de la excavación y conformándolo

2.6-4 Tendido y conformación con material no compactable

El material no compactable para el cuerpo del terraplén, se humedecerá y se extenderá en todo el ancho del terraplén, en capas sucesivas, con el espesor mínimo que permita el tamaño máximo de las partículas del material que será de hasta setenta y cinco (75) centímetros, como se indica en la Norma N·CMT·1·01, Materiales para Terraplén, se conformará de tal manera que se obtenga una capa con superficie sensiblemente horizontal.

Para las ampliaciones de la corona o el tendido de taludes de terraplenes existentes y previamente excavados los escalones de liga en los taludes, de acuerdo con lo indicado en la Norma N·CTR·CAR·1·01·004, Escalones de Liga, el material no compactable se humedecerá y colocará a volteo en todo el ancho.

2.6-5 Compactación o acomodo

Que las compactaciones del cuerpo del terraplén, determinadas para cada capa tendida y compactada, en calas ubicadas al azar mediante un procedimiento basado en tablas de números aleatorios, conforme a lo indicado en el Manual M·CAL·1·02, Criterios Estadísticos de Muestreo, cumpla con lo establecido en el proyecto o lo aprobado por la Secretaría.

El número de calas por realizar se determinará aplicando la siguiente fórmula: $c = L/50$

Dónde: c = Número de calas por realizar en cada capa tendida y compactada, con aproximación a la unidad superior

L = Longitud de la capa tendida y compactada en un día de trabajo, (m)

Todas las compactaciones que se determinen en las calas, para ser aceptadas, estarán dentro de las tolerancias que fije el proyecto o apruebe la Secretaría.

Tan pronto se concluya la verificación, se rellenarán los huecos con el mismo material usado en la capa compactada.

Acomodo del material no compactable

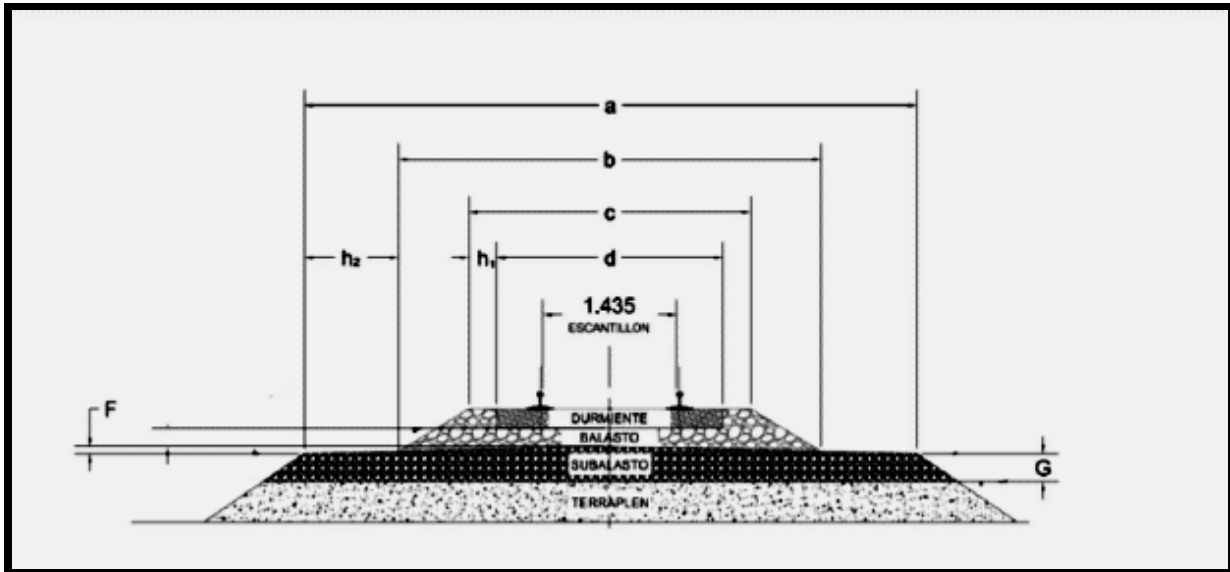
Cada capa de material no compactable, se acomodará mediante bandeo, ronceando un tractor montado sobre orugas, que tenga una masa mínima de treinta y seis (36) toneladas, de forma que pase cuando menos tres (3) veces por cada sitio. El número de pasadas podrá ser ajustado en la obra y aprobado por la Secretaría, dependiendo del equipo que se utilice.

El bandeo se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del tractor en cada franja bandeada. (N-CTR-CAR-1-01-009/16, 2016)

2.7 Terraplenes en vías férreas

En el caso del tema ferroviario, un terraplén se define como “tierra acumulada para dar soporte a un tramo de vía, tanto en los patios de operaciones como en tramos entre estaciones” (Juárez, 2022)).

El terraplén se compone de varios elementos, como los que se muestran en el esquema (figura 2.2)



[Figura 2.2 Componentes de un terraplén ferroviario](#)

Letra para localización	Parámetros	Dimensión Mínima
a	Ancho de corona del terraplén	586 cm
b	Base sección del balasto	436 cm
c	Corona de sección de balasto	284 cm
d	Longitud de durmiente	244 cm
h_1	Ancho de hombro de balasto	20 cm
h_2	Ancho de hombro de terraplén	75 cm
E	Espesor de balasto bajo del durmiente	20 cm
F	Espesor del sub-balasto	30cm

[Tabla 2.4 Especificaciones de un terraplén ferroviario](#)

2.7-1 Subbalasto

El subbalasto constituye la capa superior de la plataforma sobre la que apoya el balasto. La capa de subbalasto tiene que reunir unas características de capacidad portante y de drenaje importantes.

El subbalasto constituye la capa superior de la plataforma sobre la que apoya el balasto y ubicada sobre la denominada capa de forma.

Las funciones principales del balasto, que delimitan las características de la capa de subbalasto, son:

- Distribuir las presiones que transmite la vía al terreno, haciendo que sean admisibles para el subbalasto.
- Permite el drenaje del agua de lluvia hacia capas inferiores.
- Da estabilidad a la vía férrea.

Por lo tanto, la capa de subbalasto tiene que reunir unas características de capacidad portante y de drenaje bastante importantes. (Andújar, 2014)

2.7-2 Balasto

Material pétreo que forma parte de los elementos de una vía férrea el cual tiene como funciones:

1. Trasmite y distribuya la carga de la vía y el equipo rodante ferroviario al sub-balasto.
2. Restrinja la vía lateral, longitudinal y verticalmente bajo las cargas dinámicas impuestas por el equipo rodante ferroviario y los esfuerzos térmicos ejercidos por los rieles.
3. Proporcione un drenaje adecuado para la vía, y mantenga en forma apropiada el nivel normal de la vía, el alineamiento y la nivelación.
4. Reparta la presión bajo el durmiente para impedir que el subsuelo blando se dañe con el peso de los trenes (deformando con ello el trazado de la vía).
5. Ofrezca una superficie sólida, pero con una cierta elasticidad que permite absorber las vibraciones. (México, 2022)

De acuerdo al tamaño del balasto, este se ajusta para que, bajo la presión de los trenes, se ajusten las piedras una con otra formando un armazón capaz de distribuir el peso hacia afuera y hacia abajo, con el objetivo de permitir un drenaje rápido de las aguas pluviales y la evaporación de la humedad del subsuelo, así como retardar el crecimiento de la vegetación.

Cada ferrocarril, en función del movimiento de carga y de pasaje, determinará los tamaños o números que se utilizan en las vías principales, patios de operaciones y escapes.

El espesor de la capa de balasto depende del tipo de trenes que tengan que circular por la vía. Para trenes de alta velocidad, como en la vía México – Querétaro, se coloca una capa de 30 cm (12") mínima de espesor, pero en otros tramos donde circulan trenes de menor velocidad, el espesor es de 20 cm (8") como mínimo (figura 2.3). (Juárez, 2022)

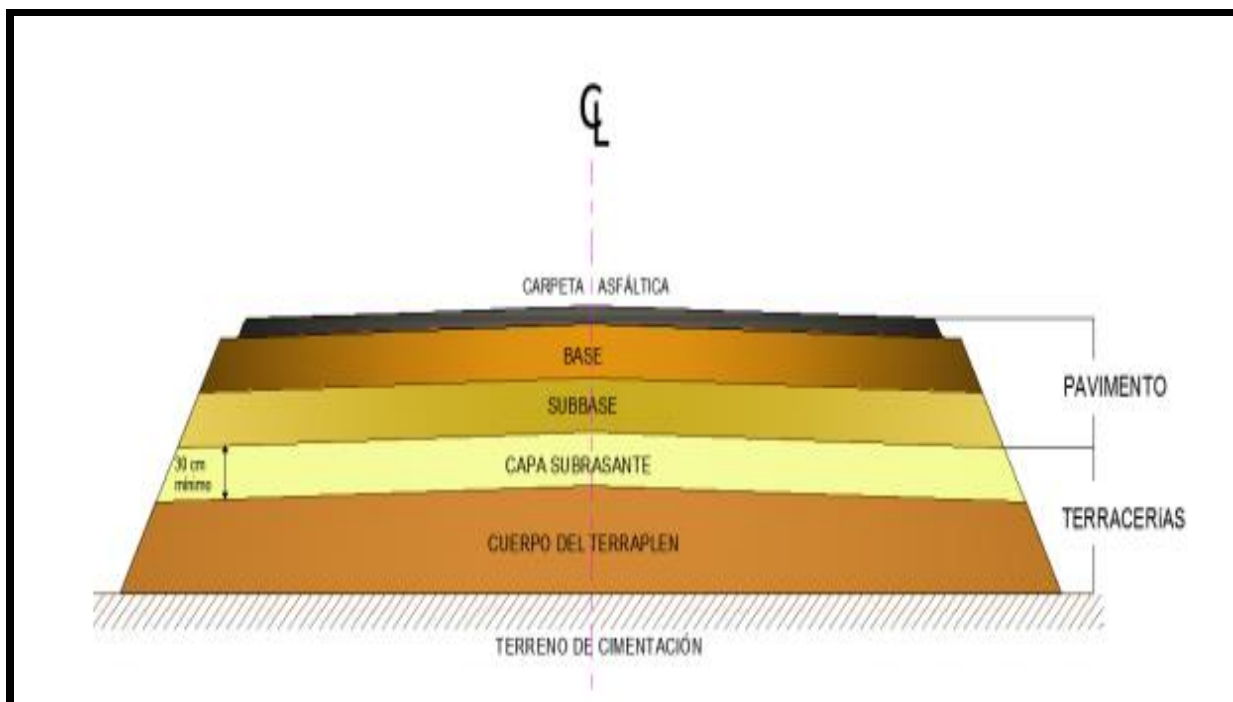


[Figura 2.3 Balasto](#)

2.8 Terraplenes para carreteras

Las terracerías se definen como los volúmenes de material que se extraen o sirven de relleno para la construcción de una vía terrestre. Los volúmenes retirados a lo largo de la línea de la obra se denominan cortes y los de relleno, terraplenes. La finalidad de los cortes y terraplenes es fijar los niveles y alineamientos del proyecto y satisfacer las especificaciones geométricas

Las terracerías de un terraplén se dividen en dos zonas (Figura 2.4): el cuerpo del terraplén en la parte inferior, y la capa subrasante en la superior, con espesor mínimo de 30 cm. Muchos especialistas distinguen separadamente a los rellenos o terracerías que constituyen el cuerpo del terraplén, de la capa subrasante. Cuando el tránsito que va a operar sobre el camino es mayor a 5000 vehículos diarios, bajo la capa subrasante se coloca otra de material compactable y 50 cm de espesor, que se denomina capa subyacente (figura 2.5). (RITO, 2016, págs. 13,14)



[Figura 2.4 Composición de un terraplén para carreteras](#)

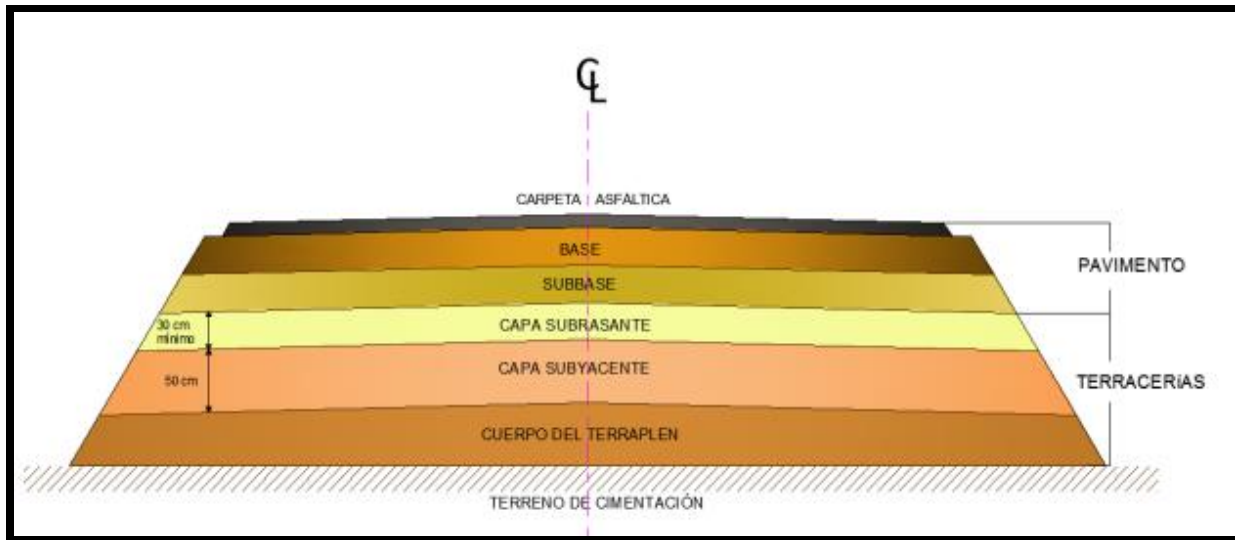


Figura 2.5 Composición de un terraplén para carreteras con un tránsito mayor a 5000 vehículos diarios

El objetivo de los materiales que conforman las capas de terracería es resistir las cargas de tránsito transferidas por las capas superiores y distribuir los esfuerzos para transmitirlos en forma adecuada al terreno de cimentación.

2.8-1 Capa subyacente

Como su nombre lo indica, esta capa subyace de la subrasante, forma parte de las terracerías y su principal función es resistir las cargas transmitidas por la capa subrasante, para después distribuirlas y transmitir las uniformemente al cuerpo del terraplén o terreno natural. Esta capa puede ser o no construida, dependiendo del tipo de pavimento y del tránsito promedio diario anual esperado. Los materiales que constituyen esta capa son suelos o fragmentos de roca, producto de cortes o de la extracción de bancos. (Rito, 2016, págs. 13,14,15)

Requisitos de calidad para la capa subyacente

Los materiales que se utilicen para la formación de la capa subyacente, en función de sus características y de la intensidad del tránsito esperada en términos del número de ejes equivalentes de ocho comas dos (8,2) toneladas, acumulados durante la vida útil del pavimento (ΣL), En ningún caso se utilizarán materiales altamente orgánicos como turba (Pt).

- Cuando la intensidad del tránsito (ΣL) sea menor de diez mil (10.000) ejes equivalentes, no se requiere la capa subyacente.

- Cuando la intensidad del tránsito (ΣL) sea de diez mil (10.000) a un (1) millón de ejes equivalentes, el material cumplirá con los requisitos de calidad que se establecen en la tabla 2.5 y tendrá un espesor mínimo de treinta (30) centímetros

Característica	Valor
Tamaño máximo y granulometría	Que sea compactable ^[1]
Límite líquido; %, máximo	50
Valor Soporte de California (CBR) ^[2] ; %, mínimo	10
Expansión; %, máxima	3
Grado de compactación ^[3] ; %	95 $\pm$ 2

[Tabla 2.5 Requisitos de calidad para un tránsito de 10000 a 1 millos de ejes equivalentes](#)

- Cuando la intensidad del tránsito (ΣL) sea de un (1) millón a diez (10) millones de ejes equivalentes, el material cumplirá con los requisitos de calidad que se establecen en la figura 8.2 y tendrá un espesor mínimo de setenta (70) centímetros.
- Cuando la intensidad del tránsito (ΣL) sea mayor de diez (10) millones de ejes equivalentes, la capa subyacente será motivo de diseño especial. (N·CMT·1·02, 2021)

2.8-2 Capa subrasante

La capa subrasante es la última de las terracerías y que indica el punto donde inicia el pavimento. Su función principal es resistir las cargas del tránsito que le son transmitidas y distribuirlas adecuadamente al cuerpo de terraplén. Otras de las funciones de la subrasante es economizar espesores de pavimento, en especial cuando los materiales de las terracerías requieren un espesor grande, evitar que los materiales finos plásticos del terraplén contaminen a las capas del pavimento y evitar que estas se incrusten en las terracerías cuando estén formadas por fragmentos de roca.

La subrasante puede estar constituida por suelos en estado natural, pero cuando no cumplan con las características marcadas en las normas, se requiere estabilizarlos con algún proceso de mejoramiento mecánico, o físico-químico con aditivos (cemento Portland, cal, asfalto).

Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a su resistencia, como a las eventuales variaciones de volumen. Los cambios de volumen en un suelo susceptible de expansión, pueden ocasionar graves daños a las estructuras que se apoyan sobre éste. (RITO, 2016, págs. 16,17)

Requisitos de calidad para la capa subrasante

Los materiales que se utilicen para la formación de la capa subrasante, en función de sus características y de la intensidad del tránsito esperada en términos del número de ejes equivalentes de ocho coma dos (8,2) toneladas, acumulados durante la vida útil del pavimento (ΣL), cumplirán con lo que se indica a continuación, a menos que exista un estudio previamente aprobado por la Secretaría, que justifique el empleo de materiales con características distintas. En ningún caso se utilizarán materiales altamente orgánicos como turba (Pt).

- Cuando la intensidad del tránsito (ΣL) sea igual a un (1) millón de ejes equivalentes o menor, el material cumplirá con las características granulométricas y con los requisitos de calidad que se establecen en la tabla 3.1 y tendrá un espesor mínimo de veinte (20) centímetros
- Cuando la intensidad del tránsito (ΣL) sea de un (1) millón a diez (10) millones de ejes equivalentes, el material cumplirá con los requisitos de calidad que se establecen en la tabla 2.6 y tendrá un espesor mínimo de treinta (30) centímetros.
- Cuando la intensidad del tránsito (ΣL) sea mayor de diez (10) millones de ejes equivalentes, la capa subrasante será motivo de diseño especial.

Característica	Valor
Tamaño máximo; mm	76
Límite líquido; %, máximo	40
Índice plástico; %, máximo	12
Valor Soporte de California (CBR) ^[1] ; %, mínimo	20
Expansión máxima; %	2
Grado de compactación ^[2] ; %	100 $\pm$ 2

Tabla 2.6 Requisitos de calidad para la capa subrasante

2.9 La importancia de la compactación del material

Definición de compactación

“La compactación es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y, en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades. Su objetivo es el mejoramiento de las propiedades de ingeniería del suelo.” (Maquinaria Carran, 2022)

La importancia de la compactación de suelos estriba en el aumento de la resistencia y disminución de la capacidad de deformación que se obtiene al someter el suelo a técnicas convenientes, que aumentan el peso específico seco, disminuyendo sus vacíos.

La compactación se aplica a todo aquel suelo que requiera aumentar su capacidad portante para el soporte de los distintos pesos y fuerzas a los que se vean sometidos. También se realizan trabajos de compactación en un gran número de obras civiles como construcción de muros de contención, estabilización de terrenos, terraplenes para caminos, tendido de tuberías de agua, tendido de alcantarillado, etc.

En el caso de las vías terrestres, existen características de comportamiento que pueden ser mejoradas al compactar un suelo: existen tres de ellas cuya mejoría se busca prácticamente en todos los casos. Son la deformabilidad, que implica la intención de disminuir la compresibilidad de los suelos e incrementar su estabilidad volumétrica, especialmente ante la absorción o pérdida de agua; la resistencia, especialmente al esfuerzo cortante, obviamente en el sentido de obtener los mayores valores posibles y una adecuada relación esfuerzo-deformación que garantice un balance conveniente en el comportamiento.

2.9-1 Ventajas de compactar el suelo

Aumenta la capacidad para soportar cargas: los vacíos producen debilidad del suelo e incapacidad para soportar cargas pesadas. Estando apretadas todas las partículas, el suelo puede soportar cargas mayores debido a que las partículas mismas soportan mejor.

Permiten el hundimiento del suelo: Si la estructura se construye en el suelo sin afirmar o afirmando con desigualdad, el suelo se hunde dando lugar a que la estructura se deforme (asentamientos diferenciales). Donde el hundimiento es más profundo en un lado o en una esquina, por lo que se producen grietas o un derrumbe total.

Reduce el escurrimiento del agua: Un suelo compactado reduce la penetración de agua. El agua fluye y el drenaje puede entonces regularse.

Reduce el esponjamiento y la contracción del suelo: Si hay vacíos, el agua puede penetrar en el suelo y llenar estos vacíos. El resultado sería el esponjamiento del suelo durante la estación de lluvias y la contracción del mismo durante la estación seca.

Impide los daños de las heladas: El agua se expande y aumenta el volumen al congelarse. Esta acción a menudo causa que el pavimento se hinche, y a la vez, las paredes y losas del piso se agrieten. La compactación reduce estas cavidades de agua en el suelo.

En la puesta en práctica del procedimiento vamos a requerir un diseño previo para la planificación, buenos cálculos para la validación de datos y maquinaria especializada en construcción, para ser más específicos equipos mueve tierra. (VISE, 2021)

2.9-2 Métodos más utilizados en la compactación de suelos

Compactación Estática: Básicamente nos referimos a atravesar maquinaria pesada como para generar presión en el suelo, comprimiendo así las partículas, sin necesidad de movimiento vibratorio.

Maquinaria utilizada: Rodillo estático (figura 2.6) o liso



[Figura 2.6 Rodillo de un solo tambor Caterpillar CS 663 E](#)

Compactación por Impacto: En este caso la compactación se produce por una placa apisonadora que impacta sobre la superficie separando así el suelo a alta velocidad.

Maquinaria utilizada: Apisonador (figura 2.7)



[Figura 2.7 Vibropisonador](#)

Compactación por Vibración: Aquí, el principal recurso son las vibraciones de alta frecuencia que se le aplican al suelo.

Maquinaria utilizada: Placa o rodillo vibratorio (figura 2.8)



[Figura 2.8 Caterpillar CS-563D](#)

Compactación por Amasado: La compactación se logra aplicando al suelo altas presiones distribuidas en áreas más pequeñas a las que los rodillos lisos no pueden acceder.

Maquinaria utilizada: rodillo “pata de cabra” (figura 2.9) (Maquinaria Carran, 2022)



[Figura 2.9 Rodillo compactador SD105 VOLVO](#)

2.10 Estabilización de taludes en terraplenes

2.10-1 Métodos

Equilibrio límite

El método del equilibrio límite consiste en el estudio de un cuerpo rígido, constituido por el talud y por una superficie de deslizamiento de cualquier forma (línea recta, arco circular, espiral logarítmica), véase Fig. 2.10. Con tal equilibrio se calculan las tensiones de corte (τ) y se comparan con la resistencia disponible (τ_f), calculada según el criterio de rotura de Coulomb: de esta comparación deriva la primera indicación de estabilidad, con el coeficiente de seguridad $F = \tau_f / \tau$.

Entre los métodos del equilibrio último hay algunos que consideran el equilibrio global del cuerpo rígido (Culman) mientras que otros, por falta de homogeneidad, dividen el cuerpo en rebanadas y consideran el equilibrio de cada una de estas (*Fellenius, Bishop, Janbu etc....*)

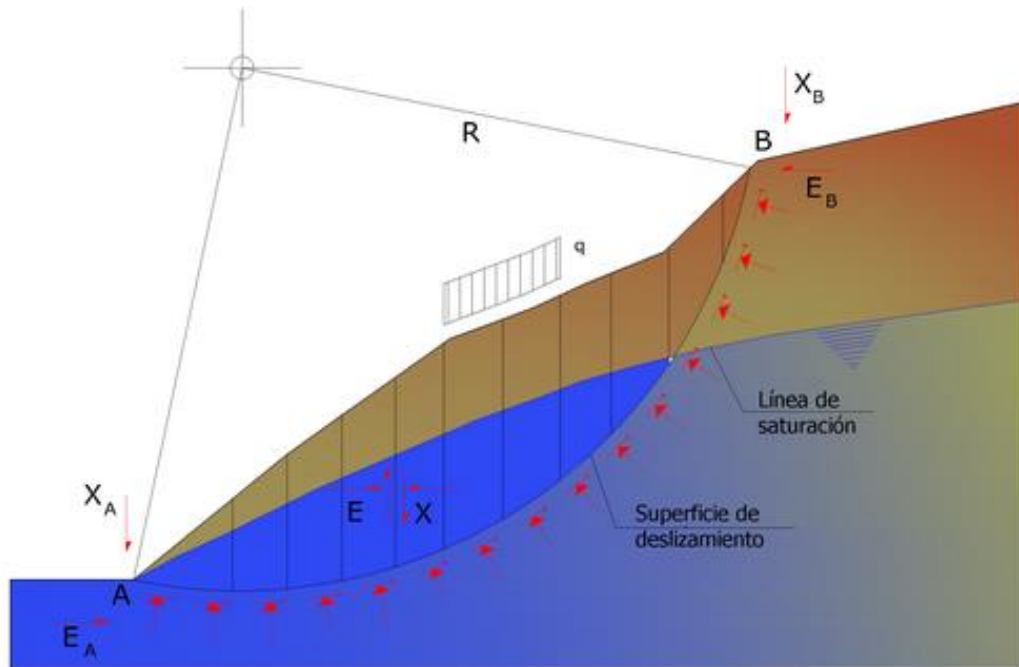


FIGURA 2.10 Representación de una sección de cálculo de un talud

Elementos finitos

El Método de los Elementos Finitos resuelve muchas de las deficiencias de los métodos de equilibrio límite, este método fue introducido por Clough y Woodward ((WRJ, julio 1967),). El método esencialmente divide la masa de suelo en unidades discretas que se interconectan en sus nodos y en bordes predefinidos. El método típicamente utilizado es el de la formulación de desplazamientos, que presenta los resultados en forma de esfuerzos y desplazamientos a los puntos nodales. La condición de falla obtenida es la de un fenómeno progresivo en donde no todos los elementos fallan simultáneamente. Aunque es una herramienta muy poderosa, su utilización es muy compleja y su uso muy limitado para resolver problemas prácticos. En trabajos precedentes se ha realizado una calibración matemática de forma simultánea para la determinación del tipo de elementos finito y densidad de malla óptima, que mejor aproxima la solución a los problemas de terraplenes de carretera cuando se emplea el MEF

2.10-2 Recubrimiento de taludes

El recubrimiento de taludes es el conjunto de trabajos que tienen el objeto de proteger de la erosión el material que forma los taludes de corte o terraplenes. Los recubrimientos más comunes son:

[Siembra de especies vegetales Figura 2.11](#)



Colocación de mallas Figura 2.12



Zampeado Figura 2.13



CAPITULO III

3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

3.1-1 Supervisión de limpieza de terreno con maquinaria

En esta actividad se daba supervisión a demolición de árboles, limpieza y despalde del material para preparar el lugar donde se empezaría a construir el terraplén, se quitó todo aquello que obstruía el trazo y la nivelación del terreno (Figura 3.0).

También implicaba al mismo tiempo la plantación de árboles que se sustituirían por los anteriormente derribados (figura 3.1).



(Figura 3.0) Demolición de arboles



(Figura 3.1) Plantación de árboles

3.1-2 Carga y acarreo de material

Para la carga de los camiones tipo góndola llevaba un control de los metros cúbicos que se cargaban por día mediante notas que al término del día se entregaría a la encargada de compras y se hacia la requisición de los camiones un día antes sacando un estimado de metros cúbicos del material producto de excavación que se cargaría al día siguiente (figura 3.2)



(Figura 3.2) Carga de camiones

3.1-3 Trazo y nivelación de terreno

Para el caso de los trazos de terreno se pedía apoyo a el ingeniero topógrafo de marcar referencias de las coordenadas señaladas en el proyecto en el terreno con ayuda de su estación total, dejando marcas en cada vértice y con ayuda de cal se unían esos puntos para que posteriormente pudiese entrar la maquinaria a nivelar la zona marcada (figura 3.3). Se hizo caja con ayuda de una excavadora a una profundidad de 50cm(±) para nivelar y llegar al nivel de desplante quitando todo el material vegetal y en algunas zonas encontrando el nivel freático a esa profundidad (figura 3.4)



(figura 3.3) Trazo y nivelación



(figura 3.4) Limpieza de material vegetal

3.1-4 Extensión de material procedente de banco

3.1-41 Cimentación con material no compactable

Para este proyecto se consideró como cimentación de terraplén piedra caliza de un diámetro de 20in hasta 30in cumpliendo con un espesor de capa de 1 metro en las zonas más altas hasta 1.20metros en las más altas, ya que este material no es compactable se utilizó el método de bandeo con una maquina con una masa mínima de 36 toneladas (figura 3.5) como lo marca la N-CTR-CAR-1-01-009/00.





(figura 3.5) Piedra caliza hasta 1m

3.1-42 Capa de transición

En la capa de transición se utilizó piedra cribada con diámetro de 4 a 6 pulgadas con un espesor de 40 cm, al igual que la capa de cimentación este material se bandeó con maquinaria ya que no es compactable (figura 3.6).

El principal propósito de esta capa es evitar la filtración del material fino utilizado en el terraplén a los matariles más gruesos que se encuentran en la cimentación así evitando socavones

Esta capa no estaba considerada principalmente en el proyecto, se tomó la decisión de tenerla para evitar riesgos





(figura 3.6) Piedra cribada de 4 a 6 pulgadas

3.1-43 Terraplén

Para el terraplén se utilizó un material llamado sascab con un espesor de 60cm, tendiendo este en capas de 20 cm con un tractor con orugas y compactándolo con un vibrocompactador (Figura 3.7) cada una de ellas, regando con una pipa de agua cada que se hacía este proceso para que el material tuviera el contenido de agua adecuado para facilitar el proceso de compactación (Figura 3.8)



[\(figura 3.7\) compactado de sascab con vibrocompactador](#)



[\(figura 3.8\) regado con una pipa de agua](#)

Los camiones que trasportaban el sascab hacia la obra eran revisados por el laboratorio en campo cada 100m³ suministrados para ser analizados para saber si cumplían las especificaciones del proyecto (Figura 3.9)



(Figura 3.9) Resultado de Muestreo de material de terraplén

Información general de laboratorio “Control grupo sacmag”

Representante legal	Enrique Bermúdez González
---------------------	---------------------------

Registro Federal de Contribuyentes (RFC):	CTE760316CM9
---	--------------

Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS):	B1815446104
--	-------------

CERTIFICACIONES

PROCESO DE CERTIFICACIÓN ISO 9001:2008

PROCESO DE CERTIFICACIÓN DEL LABORATORIO

ENTE LA ENTIDAD MEXICANA DE

ACREDITACIÓN (EMA)

Para el caso de la compactación los laboratoristas revisaban la capa de 20cm mediante el método de muestreo de trompa y arena (figura 3.10) para determinar el grado de compactación de cada una de ellas a cada 50m en dirección longitudinal y un ancho de 8 a 16m, en este proyecto se pedía un mínimo de 95 cumpliendo con los requisitos de calidad de materiales para la construcción de terraplenes(N-CMT-1-01/02)



(figura 3.10) muestreo de trompa y arena

3.1-44 Subrasante

En la subrasante se utilizó una mezcla de sascab con piedra triturada con el propósito de mejorar sus propiedades mecánicas. Tiene un peralte de 40cm tendido en dos capas extendiéndose por medio de un tractor con orugas posteriormente se realizaba el riego con pipa antes de la compactación mediante una vibrocompactadora, de igual manera se realizaban las muestras para determinar el grado de compactación con el método de muestreo de trompa y arena a cada 50m en dirección longitudinal y un ancho de 8 a 16m(figura 3.11)



(figura 3.11) Capa subrasante de 40cm

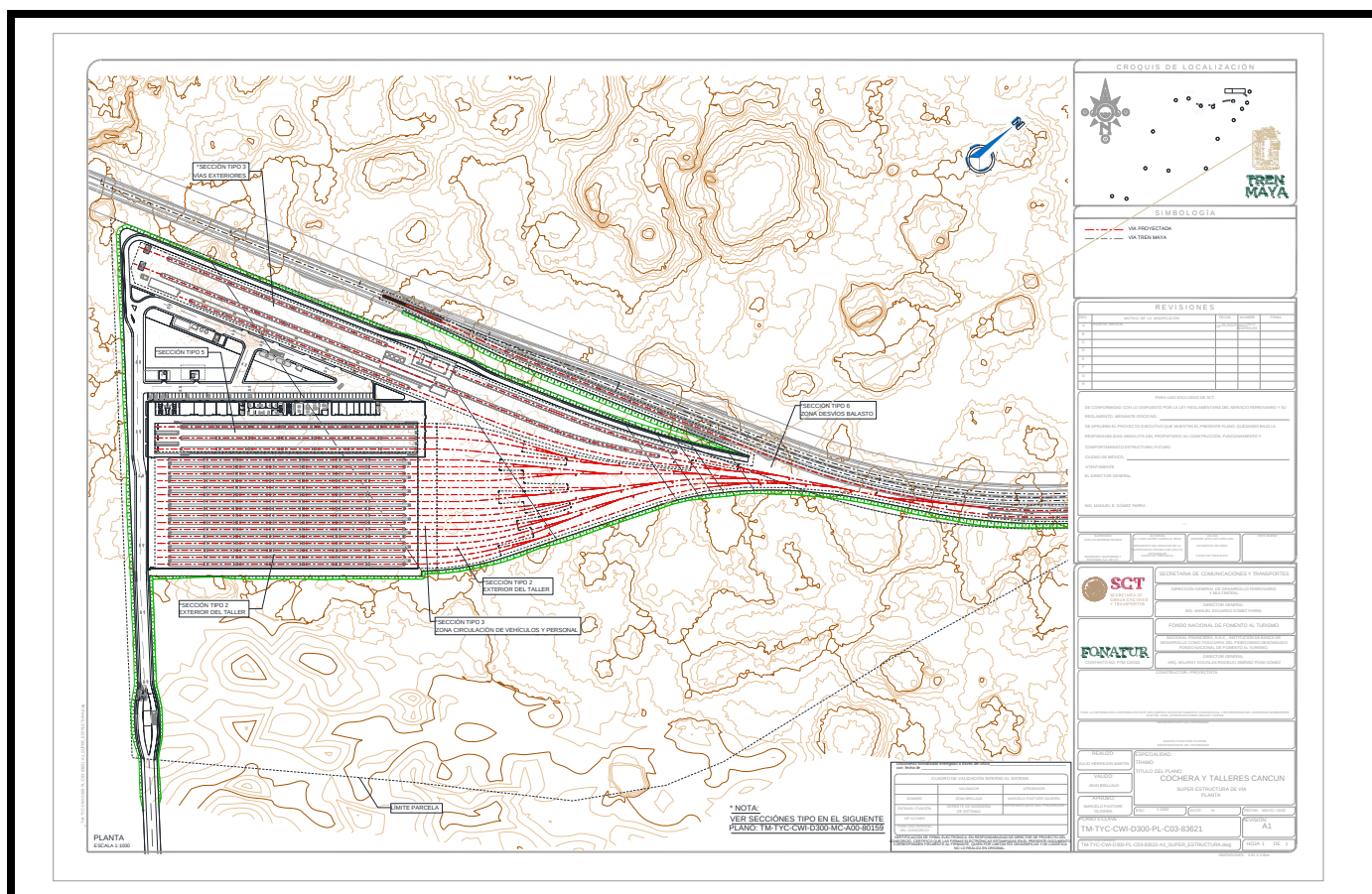
CAPITULO IV

4.1 Resultados

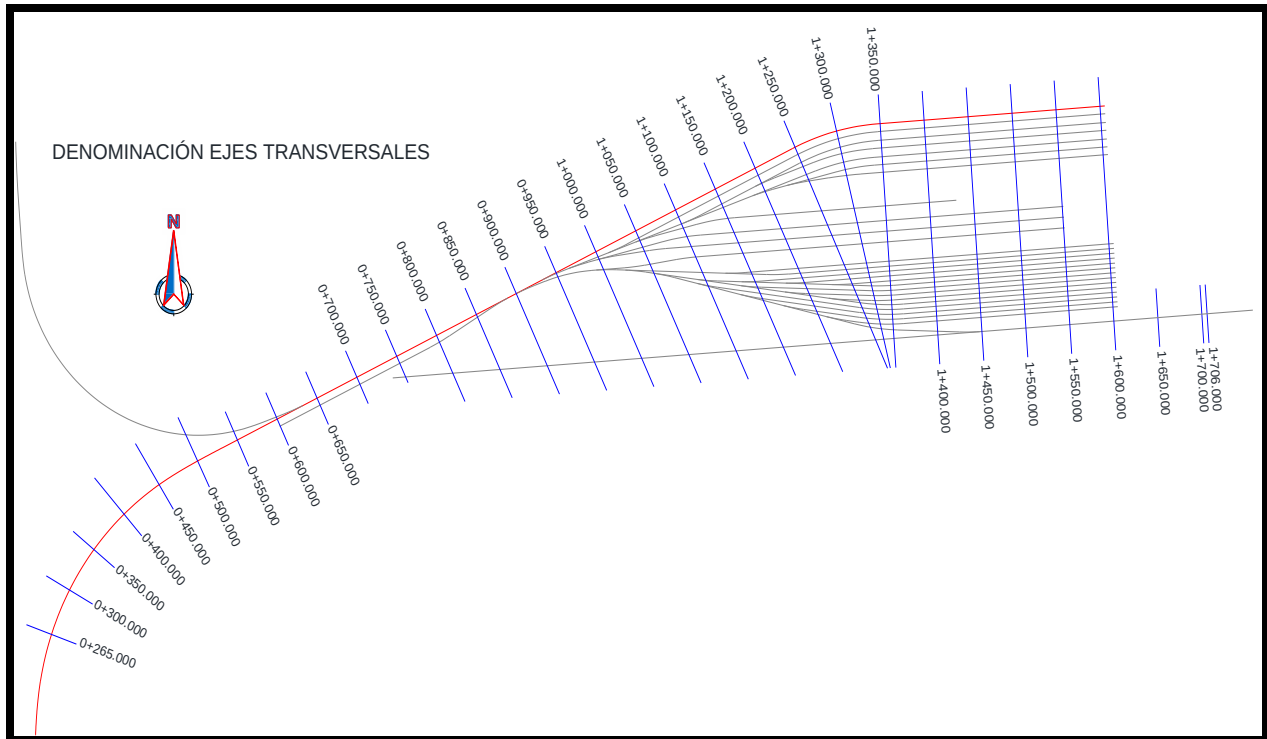
4.1-1 Planos



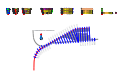
PLANTA.pdf



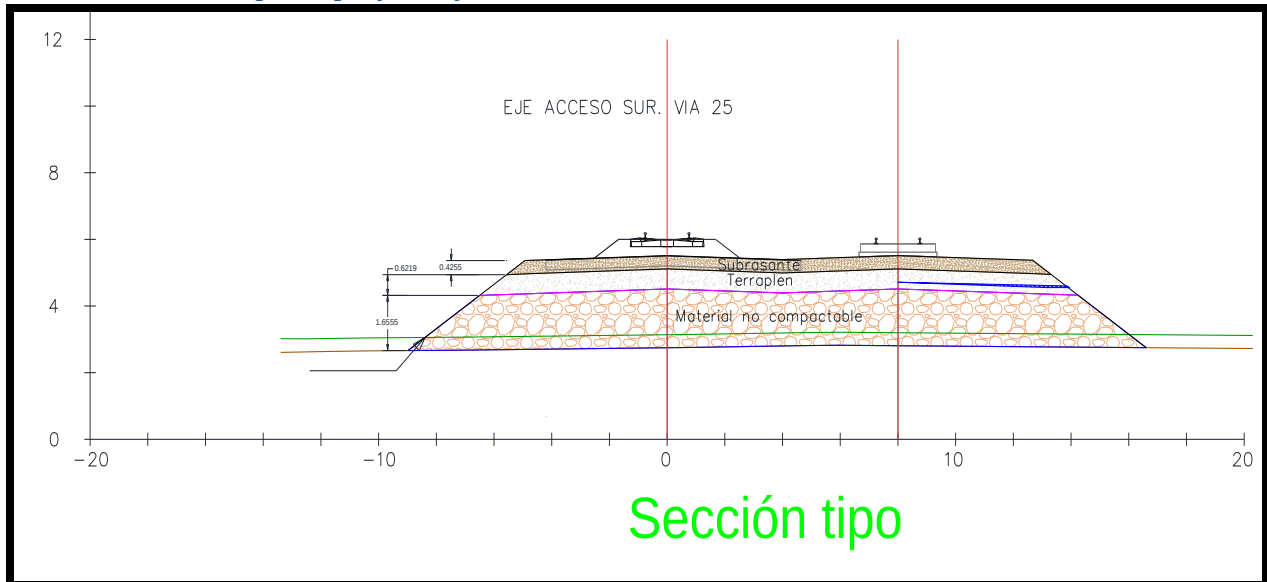
4.1-2 Secciones



Archivo dwg



4.1-3 Secciones tipo de proyecto y finales



Acreditación de laboratorio por la entidad mexicana de acreditación

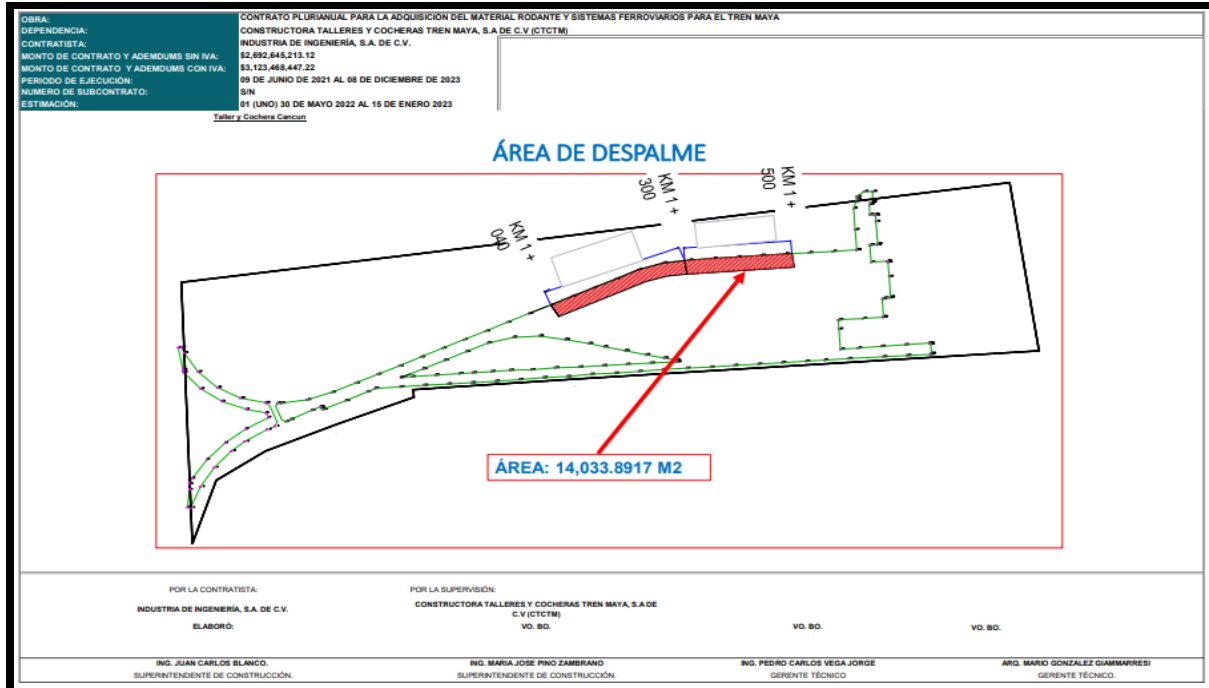
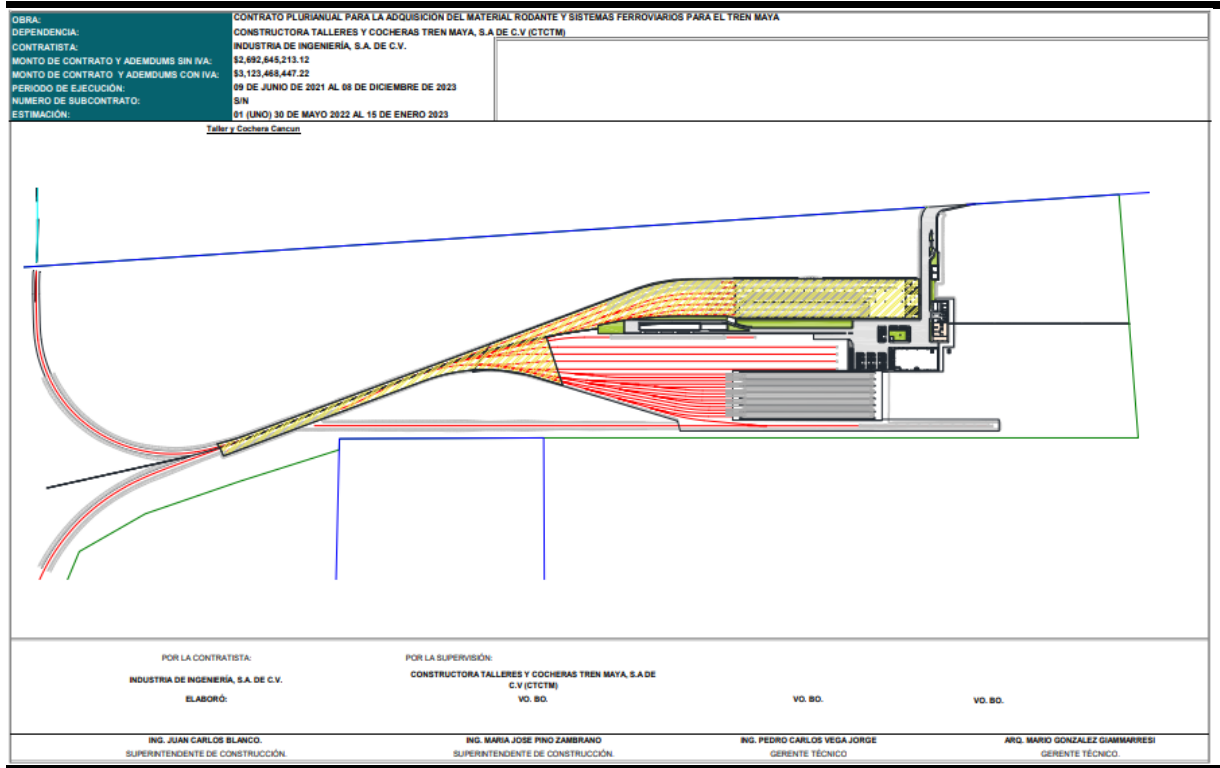
Acreditación	Organismo ↓	Nombre	Subrama	Rama	Estado	Status
C-004-001/10	Grupo Inset, S.A. de C.V.		Concretos	Construcción	Quintana Roo	Acreditado
C-004-001/10	Grupo Inset, S.A. de C.V.		Geotecnia (suelos y rocas)	Construcción	Quintana Roo	Acreditado
C-004-001/10	Grupo Inset, S.A. de C.V.		Agregados	Construcción	Quintana Roo	Acreditado
MM-1448-155/21	Grupo Inset, S.A. de C.V.		Mecánicas destructivas	Metal Mecánica	Quintana Roo	Acreditado
C-1427-277/21	Inset Laboratorios, S. A. de C.V.		Concretos	Construcción	Quintana Roo	Acreditado

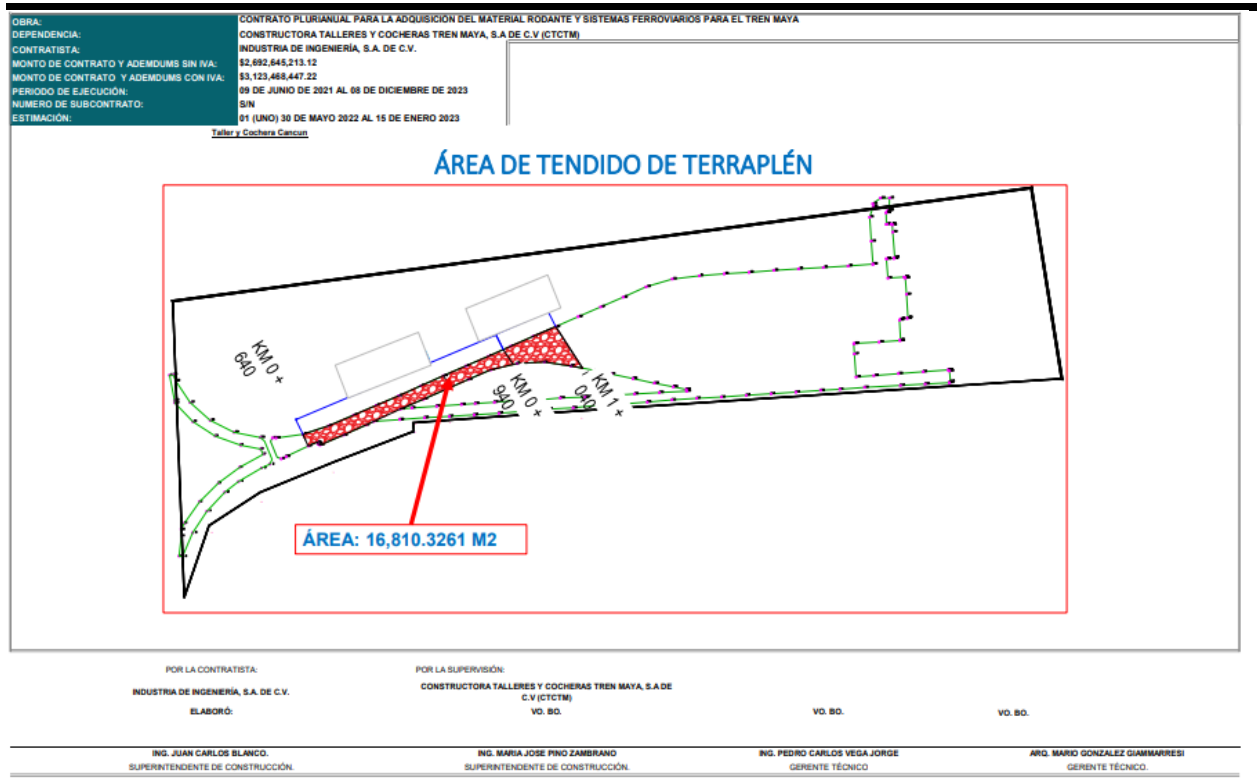
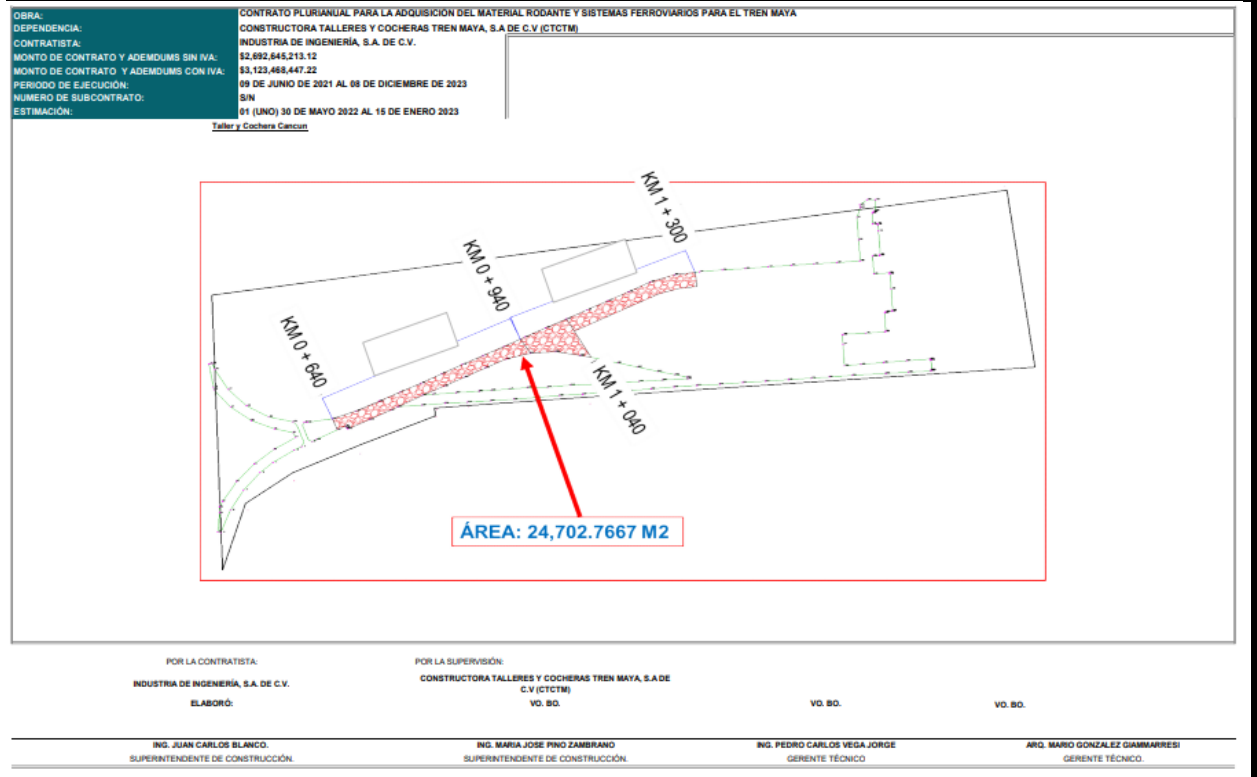
4.1-5 Generadores de obra



Generador.xlsx

OBRA: CONTRATO PLURIANUAL PARA LA ADQUISICIÓN DEL MATERIAL RODANTE Y SISTEMAS FERROVIARIOS PARA EL TREN MAYA DEPENDENCIA: CONSTRUCTORA TALLERES Y COCHERAS TREN MAYA, S.A DE C.V (CTCTM) CONTRATISTA: INDUSTRIA DE INGENIERÍA, S.A. DE C.V. MONTO DE CONTRATO Y ADEMUMS SIN IVA: 2,692,645,213.12 MONTO DE CONTRATO Y ADEMUMS CON IVA: 3,123,468,447.22 PERIODO DE EJECUCIÓN: 09 DE JUNIO DE 2021 AL 08 DE DICIEMBRE DE 2023 NÚMERO DE SUBCONTRATO: SIN ESTIMACIÓN: 01 (UNO) 30 DE MAYO 2022 AL 15 DE ENERO 2023		NÚMEROS GENERADORES														
Taller y Cochera Cancun																
CONCEPTO	AREA	CANTIDAD	UNIDAD	TOTAL												
A15	DESMONTE															
	AREA DE AUTOCAD	7.05	ha	7.05												
	DESPALME															
	AREA DE AUTOCAD M2	14,033.89	0.32	4,187.43	m3	4,187.43										
	CORTE EN DESPEDICIO															
	AREA DE AUTOCAD M2	24,702.77	0.64	15,634.58	m3	15,634.58										
	TERRAPLEN															
AREA DE AUTOCAD M2	16,810.33	2.87	47,124.22	m3	47,124.22											
TOTAL				66,953.27												
				<table border="1"> <tr> <th></th> <th>UNIDAD</th> <th>CANTIDAD</th> </tr> <tr> <td>SUBTOTAL EN ESTA HOJA</td> <td>m3</td> <td>66,953.27</td> </tr> <tr> <td>SUBTOTAL EN HOJA ANTERIOR</td> <td>m3</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>TOTAL EN ESTA HOJA</td> <td>m3</td> <td>66,953.27</td> </tr> </table>		UNIDAD	CANTIDAD	SUBTOTAL EN ESTA HOJA	m3	66,953.27	SUBTOTAL EN HOJA ANTERIOR	m3	0.00	TOTAL EN ESTA HOJA	m3	66,953.27
	UNIDAD	CANTIDAD														
SUBTOTAL EN ESTA HOJA	m3	66,953.27														
SUBTOTAL EN HOJA ANTERIOR	m3	0.00														
TOTAL EN ESTA HOJA	m3	66,953.27														
POR LA CONTRATISTA: INDUSTRIA DE INGENIERÍA, S.A. DE C.V. ELABORÓ:		CONSTRUCTORA TALLERES Y COCHERAS TREN MAYA, S.A DE C.V (CTCTM) VO. BO.														
ING. JUAN CARLOS BLANCO. SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCIÓN.		ING. MARIA JOSE PINO ZAMBRANO SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCIÓN.														
		ING. PEDRO CARLOS VEGA JORGE GERENTE TÉCNICO														
		ARQ. MARIO GONZALEZ GIANMARRESI GERENTE TÉCNICO.														





OBRA: DEPENDENCIA: CONTRATISTA: MONTO DE CONTRATO Y ADEMUMS SIN IVA: MONTO DE CONTRATO Y ADEMUMS CON IVA: PERIODO DE EJECUCIÓN: NÚMERO DE SUBCONTRATO: ESTIMACIÓN:		CONTRATO PLURIANUAL PARA LA ADQUISICIÓN DEL MATERIAL RODANTE Y SISTEMAS FERROVIARIOS PARA EL TREN MAYA CONSTRUCTORA TALLERES Y COCHERAS TREN MAYA, S.A. DE C.V. (CTCTM) INDUSTRIA DE INGENIERÍA, S.A. DE C.V. \$2,692,645,213.12 \$3,123,468,447.22 09 DE JUNIO DE 2021 AL 08 DE DICIEMBRE DE 2023 B/N 01 (UNO) 30 DE MAYO 2022 AL 15 DE ENERO 2023		REPORTE FOTOGRAFICO.
Taller y Cochera Cancun A15 Movimiento de tierras 				
POR LA CONTRATISTA: INDUSTRIA DE INGENIERÍA, S.A. DE C.V. ELABORÓ: ING. JUAN CARLOS BLANCO. SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCIÓN		POR LA SUPERVISIÓN: CONSTRUCTORA DE TALLERES / COCHERAS VO. BO. ING. MARIA JOSE PINO ZAMBRANO SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCIÓN ING. PEDRO CARLOS VEGA JORGE GERENTE TÉCNICO ING. MARIO GONZALEZ GUAMMARRESI GERENTE TÉCNICO		

OBRA: DEPENDENCIA: CONTRATISTA: MONTO DE CONTRATO Y ADEMUMS SIN IVA: MONTO DE CONTRATO Y ADEMUMS CON IVA: PERIODO DE EJECUCIÓN: NÚMERO DE SUBCONTRATO: ESTIMACIÓN:		CONTRATO PLURIANUAL PARA LA ADQUISICIÓN DEL MATERIAL RODANTE Y SISTEMAS FERROVIARIOS PARA EL TREN MAYA CONSTRUCTORA TALLERES Y COCHERAS TREN MAYA, S.A. DE C.V. (CTCTM) INDUSTRIA DE INGENIERÍA, S.A. DE C.V. \$2,692,645,213.12 \$3,123,468,447.22 09 DE JUNIO DE 2021 AL 08 DE DICIEMBRE DE 2023 B/N 01 (UNO) 30 DE MAYO 2022 AL 15 DE ENERO 2023		REPORTE FOTOGRAFICO.
				
POR LA CONTRATISTA: INDUSTRIA DE INGENIERÍA, S.A. DE C.V. ELABORÓ: ING. JUAN CARLOS BLANCO. SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCIÓN		POR LA SUPERVISIÓN: CONSTRUCTORA DE TALLERES / COCHERAS VO. BO. ING. MARIA JOSE PINO ZAMBRANO SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCIÓN ING. PEDRO CARLOS VEGA JORGE GERENTE TÉCNICO ING. MARIO GONZALEZ GUAMMARRESI GERENTE TÉCNICO		

Conclusiones

Terminando con todos los procesos constructivos se concluyó que aparte de seguir el procedimiento con los pasos y las normas que lo rigen así como la importancia de tener el equipo mecánico y de trabajo como laboratoristas, topógrafos, residentes de obra, obreros, y la importancia de tener los conocimientos previos vistos en las competencias de la asignatura de dibujo en la ingeniería civil para poder dibujar e interpretar planos constructivos con ayuda de software, en la asignatura de carreteras donde se explica la composición de un proyecto carretero y la asignatura de maquinaria pesada y movimientos de tierra para reconocer y elegir la maquinaria necesaria para dichos procesos, también cumple un papel muy importante el control de obra para poder llevar a cabo los trabajos como se habían planteado al inicio del proyecto y poder tener un avance mucho mas efectivo y rápido, en base a los trabajos que se realizaron el llevar un control y un planeamiento ya sea semanal o mensual hace más fácil la ejecución de las labores a realizar, en el caso de los terraplenes el tener la cantidad de material adecuado y necesario para una jornada de trabajo sin tener mermas es indispensable ya que algún factor externo pueda afectar, como por ejemplo la lluvia que afectaría la trabajabilidad de algunos de los materiales utilizados en terraplense en específico con los que tienen una textura más fina que con un exceso de agua seria mas difícil de compactar o con el terreno natural que con el contacto del agua se genera lodo obstruyendo accesos a la obra a camiones que trasportan el material a utilizar.

Referencias

- (k.)Terzaghi, K. (1925). *Erdbaumechnik : auf bodenphysikalischer Grundlage*. Obtenido de <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA04571051>
- Andújar, J. C. (2014). *DESCUBRIENDO LA INGENIERIA CIVIL*. Obtenido de <http://descubriendolaingenieriacivil.blogspot.com/2014/10/construccion-de-un-terraplen.html>
- Empresa publica de medellin. (2018). *empresa publica de medellin*. Obtenido de https://comercializadorenergia.epm.com.co/content/dam/epm/proveedores-y-contratistas/documentos/normas-t%C3%A9cnicas/NC_MN_OC04_02_Terraplenes_compressed.pdf
- Juárez, L. M. (Mayo de 2022). *Mundo Ferroviario*. Obtenido de <https://mundoferroviario.lat/2022/05/25/hablemos-de-trenes-elementos-de-la-via-ii/>
- Maquinaria Carran. (2022). *Maquinaria Carran*. Obtenido de <https://www.maquinariacarran.cl/la-importancia-de-la-compactacion-de-suelos-en-obra-2/#:~:text=La%20compactaci%C3%B3n%20es%20el%20procedimiento%20de%20aplicar%20energ%C3%ADa,mejoramiento%20de%20las%20propiedades%20de%20ingenier%C3%ADa%20del%20suelo.>
- Rito, I. J. (2016).
- RITO, I. J. (2016).
- Rodríguez, A. R., Orozco, J. M., Gutiérrez, R. T., & García, A. P. (1991). *Manual de calidad para materiales en la seccion de vias ferreas*.
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE. (2016). N-CTR-CAR-1-01-009/16. *Terraplenes*.
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. (2021). N-CMT-1-02. *Materiales para Subyacente*.
- Secretaria de comunicaciones y transporte. (2003). M-MMP-1-02. *Clasificación de fragmentos de roca y suelos*.
- Secretaria de comunicaciones y transporte. (2021). N-CMT-1-01. *Materiales para terraplen*.
- Secretaria de comunicaciones y transportes . (2011). N-CTR-CAR-1-01-002. *Despalme* .
- Secretaria de comunicaciones y transportes . (2011). N-CTR-CAR-1-01-004. *Escalones de Liga*.
- Tejedor, G. G. (2017). Planificación y gestión de infraestructuras . *Análisis multicriterio para la gestión de los terraplenes de la red convencional ferroviaria Española*.
- WISE. (2021). *blog.wise.com*. Obtenido de IMPORTANCIA DE LA COMPACTACIÓN DE SUELOS: <https://blog.wise.com.mx/importancia-de-la-compactaci%C3%B3n-de->

suelos#:~:text=La%20importancia%20de%20la%20compactaci%C3%B3n,espec%C3%ADfico%20s
eco%2C%20disminuyendo%20sus%20vac%C3%ADos.

Wikipeda. (2022). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Balasto>

WRJ, C. R. (julio 1967). Analysis of Embankment Stresses and Demormations. *Dvisión geotécnica ASCE*.