



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**SUPERVISIÓN, LOGÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD EN LA
EXPLOTACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES PÉTREOS PARA EL
TREN MAYA TRAMO 7 FRENTE 3**

TITULACIÓN INTEGRAL
INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :
INGENIERÍA CIVIL

PRESENTA:
BRISA MENDIETA LOZANO

NOMBRE DEL ASESOR:
M.I. NÉSTOR MANUEL REZZA DÍAZ

APIZACO, TLAX., NOVIEMBRE DE 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Ciencias de la Tierra

Apizaco, Tlaxcala, 22/Septiembre/2025

Oficio No. C.T./417/2025

Asunto: Liberación de Proyecto
para Titulación integral

CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

Nombre del Egresado:	Brisa Mendieta Lozano
Carrera:	Ingeniería Civil
No. de Control:	19370321
NOMBRE DEL PROYECTO:	"SUPERVISION, LOGISTICA Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIALES PETREOS PARA EL TREN MAYA TRAMO 7 FRENTE 3"
Producto:	Titulación Integral Informe de Residencia Profesional.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

EDUARDO CUATLANQUIZ LIMA
JEFE DEL DEPTO. CIENCIAS DE LA TIERRA

M.I. NESTOR MANUEL REZZA DIAZ
ASESOR

ccp. División de Estudios Profesionales (Comuníquese la interesada)
Servicios Escolares
Archivo
ECL/JLMH



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241)
4172010 Ext. 117, e-mail: ctierra@apizaco.tecnm.mx tecnm.mx |





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **28/noviembre/2025**

BRISA MENDIETA LOZANO
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
CON NÚMERO DE CONTROL 19370321.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"SUPERVISIÓN, LOGÍSTICA Y CONTROL DE CALIDAD EN LA EXPLOTACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES PETREOS PARA EL TREN MAYA TRAMO 7 FRENTE 3"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastado, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®


CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
CYAL/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera directa e indirecta a la realización de este proyecto de residencias profesionales, el cual fue posible gracias al apoyo y colaboración de diversas personas e instituciones.

En primer lugar, agradezco a la empresa TRES 16 por brindarme la oportunidad de realizar mis residencias profesionales, así como por las facilidades otorgadas para el desarrollo de las actividades y el cumplimiento de los objetivos establecidos.

De manera especial, expreso mi agradecimiento al Ing. Ramón Mendieta Aguilar, asesor externo, por su orientación, disposición y apoyo durante el desarrollo de este proyecto, así como al M.I. Néstor Manuel Rezza Díaz, asesor interno, por el seguimiento y acompañamiento académico brindado a lo largo de este proceso.

Asimismo, agradezco al Tecnológico Nacional de México, Campus Apizaco, y a los docentes de la licenciatura en Ingeniería Civil, quienes contribuyeron de manera significativa a mi formación profesional y al desarrollo de las competencias necesarias para la realización de este proyecto.

De igual forma, expreso mi más profundo agradecimiento a mi familia, en especial a mi abuela María Estela, a mi tío Obhed, y a mis amistades, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante durante esta etapa de mi formación profesional. Su paciencia, acompañamiento y palabras de aliento fueron fundamentales para mantener la constancia y el compromiso necesarios para enfrentar los retos presentados, convirtiéndose en un pilar esencial para la culminación satisfactoria de este proceso.

Finalmente, reconozco el crecimiento personal y profesional alcanzado a lo largo de esta etapa, resultado del esfuerzo, la dedicación, la responsabilidad y la constancia mantenidos durante el desarrollo de este proyecto, especialmente en los momentos de mayor exigencia, los cuales fueron determinantes para alcanzar los objetivos propuestos.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

INDICE GENERAL

Abstract.....	6
Introducción.....	7
Planteamiento del proyecto.....	8
Justificación.....	9
Objetivo general.....	10
Capitulo 1 antecedentes y problemática del proyecto por solucionar	11
Antecedentes del proyecto.....	11
Problemática del proyecto por solucionar.....	14
Tipos de materiales disponibles.....	15
Control de calidad.....	16
Fase Identificación de bancos.....	17
Capitulo II resolutivo del proyecto.....	21
Extracción de materiales.....	21
Transporte.....	25
Volúmenes producidos	26
Logística	31
Capitulo III aportaciones	33
Maquinaria utilizada.....	33
Control operativo.....	45
Conclusión	56
Anexos.....	58
Fichas bibliográficas	80

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.....16

Tabla 2.....26

Tabla 3.....27

Tabla 4.....28

Tabla 5.....29

Tabla 6.....30

Tabla 7.....44

Tabla 8.....68

Tabla 9.....71

Tabla 10.....72

Tabla 11.....73

Tabla 12.....74

Tabla 13.....75

Tabla 14.....77

Tabla 15.....78

Tabla 16.....79

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1.....	26
Grafica 2.....	28
Grafica 3.....	29
Grafica 4.....	29
Grafica 5.....	30

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.....	10
Imagen 2.....	14
Imagen 3.....	14
Imagen 4.....	15
Imagen 5.....	17
Imagen 6.....	17
Imagen 7.....	17
Imagen 8.....	17
Imagen 9.....	18
Imagen 10.....	19
Imagen 11.....	20
Imagen 12.....	20
Imagen 13.....	21
Imagen 14.....	22
Imagen 15.....	22
Imagen 16.....	23
Imagen 17.....	23
Imagen 18.....	24
Imagen 19.....	24
Imagen 20.....	24
Imagen 21.....	24
Imagen 22.....	25
Imagen 23.....	25
Imagen 24.....	25
Imagen 25.....	25
Imagen 26.....	33
Imagen 27.....	34
Imagen 28.....	35
Imagen 29.....	35
Imagen 30.....	36
Imagen 31.....	37
Imagen 32.....	38
Imagen 33.....	38
Imagen 34.....	40
Imagen 35.....	41
Imagen 36.....	42

Imagen 37.....	43
Imagen 38.....	48
Imagen 39.....	49
Imagen 40.....	50
Imagen 41.....	51
Imagen 42.....	51
Imagen 43.....	52
Imagen 44.....	53
Imagen 45.....	54
Imagen 46.....	54
Imagen 47.....	55
Imagen 48.....	58
Imagen 49.....	59
Imagen 50.....	60
Imagen 51.....	62
Imagen 52.....	63
Imagen 53.....	64
Imagen 54.....	65

ABSTRACT

The Tren Maya is a rail infrastructure project in Mexico that seeks to improve connectivity and economic development in the southeast of the country, covering the states of Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán and Quintana Roo. With an extension of approximately 1,500 kilometers, the project poses significant challenges in civil engineering, due to the diversity of terrain and environmental sensitivity of the region, especially in the Yucatan Peninsula, which has karst soils and ecosystems of high biodiversity. To address these challenges, innovative solutions have been implemented such as advanced geotechnical studies, studies of various banks of stone materials to meet the requirements of the project, construction of wildlife crossings, and hybrid and potentially electric train options to reduce environmental impact. In addition to the connectivity and transportation benefits, the Tren Maya aims to boost tourism, promote local employment, and generate balanced and sustainable development in nearby communities.

Introducción

El Tren Maya es uno de los proyectos de infraestructura ferroviaria más ambiciosos en México, impulsado con el objetivo de conectar los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, en el sureste del país. Con una extensión de aproximadamente 1,500 kilómetros, Este proyecto no solo busca mejorar la conectividad en la región, sino que también aspira a fomentar el desarrollo económico, turístico y social en una zona históricamente menos favorecida en términos de infraestructura. Desde el punto de vista de la ingeniería civil, la construcción del Tren Maya plantea numerosos retos técnicos y logísticos, requiriendo soluciones innovadoras para adaptarse a las particularidades del terreno y minimizar el impacto ambiental.

Uno de los principales desafíos de ingeniería es la construcción de vías en terrenos variados y complejos. La península de Yucatán, en particular, presenta un suelo kárstico caracterizado por rocas calizas que son permeables y propensas a la formación de cavernas y sumideros. Esto implica la realización de estudios geotécnicos detallados y el uso de técnicas de construcción específicas para asegurar la estabilidad de las vías, así como la implementación de sistemas de drenaje eficaces para evitar problemas relacionados con el agua subterránea.

Además, el proyecto requiere la construcción de infraestructura complementaria, como puentes, túneles y viaductos, así como estaciones y talleres de mantenimiento. Estas obras demandan una planificación detallada y el uso de técnicas constructivas avanzadas. A nivel ambiental, el Tren Maya también incluye medidas para preservar la biodiversidad y el entorno natural, tales como la implementación de pasos de fauna para permitir el libre tránsito de animales, la reforestación en áreas afectadas y un monitoreo constante del impacto ambiental.

El tren utilizará tecnología híbrida con motores diésel-eléctricos, lo cual permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los trenes tradicionales. A futuro, se contempla la posibilidad de electrificar algunos tramos, lo cual supone un reto en términos de diseño e implementación de sistemas eléctricos en una región de entorno natural complejo.

Una sección significativa del proyecto, conocida como el Tramo 7 Frente 3, cubre un recorrido de aproximadamente 287 km, que pasa por ciudades importantes como Chetumal y Nicolás Bravo, adentrándose en la densa selva de Xpujil (en la ruta Chetumal-Escárcega) y abarcando dos estados y seis municipios. Resalta la importancia de la explotación de bancos de materiales pétreos. La calidad de estos materiales es crucial para garantizar la estabilidad, seguridad y durabilidad de las vías, elementos esenciales para la operación eficiente y segura del tren. Los materiales pétreos cumplen una función vital al proporcionar soporte y distribución uniforme de las cargas generadas por el peso y el movimiento del tren.

Para minimizar deformaciones en la vía y reducir la necesidad de mantenimiento, estos materiales deben tener propiedades físicas y mecánicas óptimas, como resistencia a la fragmentación y a la abrasión. Además, la calidad de los materiales es fundamental para asegurar una capacidad de absorción y drenaje de agua adecuada, lo cual es especialmente importante en suelos kársticos, caracterizados por cavernas y sumideros.

El Tren Maya enfrenta desafíos logísticos significativos debido a la magnitud del proyecto y a la ubicación remota de algunas zonas. Esto requiere una planificación cuidadosa para el transporte de materiales y equipos, además de la gestión de mano de obra local y especializada. La logística y el abastecimiento de materiales juegan un rol crucial para alcanzar los objetivos de producción y cumplir con las metas establecidas en el Frente 3, lo que subraya la importancia de la coordinación y la calidad en cada etapa del proyecto.

Planteamiento del problema

La extracción de materiales pétreos en zonas tropicales, como la región de Quintana Roo, enfrenta múltiples desafíos logísticos, climáticos y ambientales que requieren una planificación y supervisión detalladas. Uno de los problemas principales radica en la selección y gestión del sitio de extracción, conocido como banco de materiales, donde se deben considerar diversos factores para minimizar el impacto y asegurar la viabilidad del proyecto. Estos factores, en su conjunto, reflejan la complejidad y el desafío de realizar una operación eficiente y sustentable de extracción de materiales pétreos en la región tropical de Quintana Roo. La necesidad de una planificación integral, que abarque desde la selección del banco y el cumplimiento de normativas hasta la logística de transporte y la adaptación a las condiciones climáticas, es esencial para asegurar la viabilidad del proyecto y minimizar los efectos negativos en el ambiente y la sociedad.

1. Ubicación y acceso al banco de materiales:

La ubicación del banco y la distancia a los sitios de almacenamiento y construcción son factores clave. Es esencial evaluar las vías de acceso y contar con rutas alternas que permitan el transporte seguro y eficiente del material, especialmente en una región con infraestructura vial limitada. La falta de caminos adecuados dificulta la logística, aumentando los tiempos de traslado y los costos de transporte, además de incrementar los riesgos de accidentes.

2. Impacto ambiental y erosión del suelo:

La extracción de materiales pétreos en un clima tropical implica un alto riesgo de alteración del suelo y erosión, afectando directamente el equilibrio ecológico de la zona. Las lluvias intensas y la alta humedad características de esta región contribuyen a la desestabilización del suelo y, por lo tanto, a la degradación del área de extracción y sus alrededores. Esto también repercute en las comunidades locales, tanto en términos de salud pública como de alteración de su entorno.

3. Normativas y control de calidad:

La calidad de los materiales pétreos es crítica en este tipo de proyectos, ya que el suelo de la región presenta características específicas que afectan su durabilidad y resistencia. Existen normativas de calidad que deben cumplirse para garantizar que el material extraído sea adecuado para su uso en construcciones, y esto requiere una supervisión y monitoreo constantes. Además, es necesario cumplir con las regulaciones locales y nacionales para asegurar la sostenibilidad de las operaciones y prevenir sanciones.

4. Clima y comportamiento de los materiales:

El clima tropical de Quintana Roo tiene un impacto importante en el comportamiento de los materiales pétreos, ya que las altas temperaturas, la humedad y las lluvias constantes aceleran la meteorización de estos. La exposición prolongada a estas condiciones puede alterar las propiedades físicas y químicas de las rocas, afectando su calidad y su idoneidad para la construcción. Esto añade un reto adicional para los operadores, quienes deben tomar medidas preventivas para conservar la calidad del material durante su extracción, transporte y almacenamiento.

5. Logística de transporte:

El transporte de los materiales desde el banco hasta el sitio de almacenamiento representa un desafío debido a las limitaciones de infraestructura vial de la región. La poca disponibilidad de caminos adecuados para el tránsito de vehículos pesados implica mayores tiempos de traslado, costos adicionales y, en algunas ocasiones, posibles interrupciones durante la temporada de lluvias. Esto requiere un análisis exhaustivo de la logística para optimizar rutas y minimizar el impacto sobre el medio ambiente y las comunidades cercanas.

Justificación

la explotación de bancos de materiales para este proyecto se fundamenta principalmente en la necesidad de obtener insumos como los materiales pétreos que son clave para el soporte y acceso de la construcción de la infraestructura. La explotación de bancos de materiales pétreos en el contexto del proyecto se justifica debido a la necesidad de asegurar materiales de alta calidad que garanticen la estabilidad, durabilidad y seguridad de la infraestructura ferroviaria en terrenos variados y complejos, como los suelos kársticos de la zona.

La disponibilidad local de estos materiales es clave para optimizar los costos y reducir los tiempos de construcción, además de minimizar el impacto ambiental asociado al transporte de materiales a largas distancias, por lo tanto, considera la identificación, evaluación y explotación responsable de bancos de materiales pétreos en la región, aplicando métodos sostenibles que permitan extraer lo necesario sin afectar significativamente el entorno natural.

Esto implica establecer planes de mitigación para áreas de extracción y asegurar la restauración de los sitios una vez concluidas las operaciones, promoviendo así un equilibrio entre el desarrollo de infraestructura y la conservación del medio ambiente.

- Necesidad técnica y económica
 - Proximidad a la obra: Extraer materiales de bancos cercanos reduce los costos de transporte y los tiempos de entrega, optimizando el presupuesto del proyecto.
 - Disponibilidad de recursos: Los bancos de materiales suelen contener los recursos en las cantidades y calidades necesarias para proyectos de gran envergadura como el Tren Maya.
 - Reducción de costos: La explotación directa minimiza costos asociados a intermediarios o importación de materiales.
- Beneficios sociales y desarrollo regional
 - Generación de empleos: La explotación de bancos de materiales fomenta la creación de empleos directos e indirectos en las comunidades cercanas.
 - Impulso a la economía local: Las empresas proveedoras locales y los servicios asociados (transporte, maquinaria, alimentación) se benefician del aumento en la actividad económica.
 - Infraestructura complementaria: La construcción de vías de acceso y servicios en la zona beneficia a las comunidades colindantes.
- Argumentos estratégicos del Tren Maya
 - Proyecto prioritario: El Tren Maya es un proyecto clave para el desarrollo del sureste de México. La extracción de materiales se presenta como una actividad indispensable para garantizar su ejecución.
 - Conectividad regional: Al completarse el Tren Maya, se espera un impacto positivo en el turismo, el comercio y la integración de comunidades, justificando el aprovechamiento de recursos locales.

La explotación de bancos de materiales para el Tren Maya puede justificarse desde un punto de vista técnico y económico, siempre y cuando se realice con estricto cumplimiento de la normatividad, mitigación de daños y considerando los derechos y bienestar de las comunidades afectadas.

Objetivo general

El objetivo de este proyecto es establecer los lineamientos, procedimientos y criterios para una adecuada supervisión, logística y control de calidad en la explotación de bancos de materiales destinados al Tramo 7, Frente 3 del Tren Maya. Esto asegurará que los materiales pétreos cumplan con los estrictos estándares técnicos requeridos para la construcción de la infraestructura, garantizando su seguridad, durabilidad y eficiencia operativa. Así mismo asegurar un excelente plan de logística, para suministro eficiente, seguro y sostenible de los recursos necesarios para la construcción de la infraestructura, minimizando los costos, el tiempo, los impactos ambientales y los impactos negativos en el entorno y las comunidades locales. Esta logística debe ser flexible y adaptativa, para responder a los cambios en la demanda de materiales o en las condiciones del terreno, siempre con el objetivo de cumplir con los plazos y estándares de sostenibilidad del proyecto. Además, busca contribuir al éxito del proyecto desde una perspectiva técnica y sostenible, promoviendo el desarrollo económico y la movilidad en la región sureste de México.

Objetivos específicos

1. Asegurar la calidad y homogeneidad de los materiales extraídos de los bancos de materiales.
2. Verificar el cumplimiento de las normas y especificaciones establecidas en el proyecto para los materiales de construcción.
3. Implementar procedimientos eficientes para la supervisión técnica durante la explotación de los bancos.
4. Optimizar el rendimiento de los bancos de materiales, minimizando el impacto ambiental y garantizando la seguridad en las operaciones.
5. Optimización de Rutas de Transporte: Seleccionar rutas que minimicen la distancia y el tiempo de traslado de los materiales desde los puntos de extracción hasta el lugar de construcción, reduciendo así los costos de combustible y los tiempos de entrega.
6. Planificación y Coordinación Eficiente: Coordinar eficazmente la llegada de materiales a los sitios de construcción para evitar interrupciones y mantener un flujo constante de materiales, ajustándose a los plazos y fases de la obra.

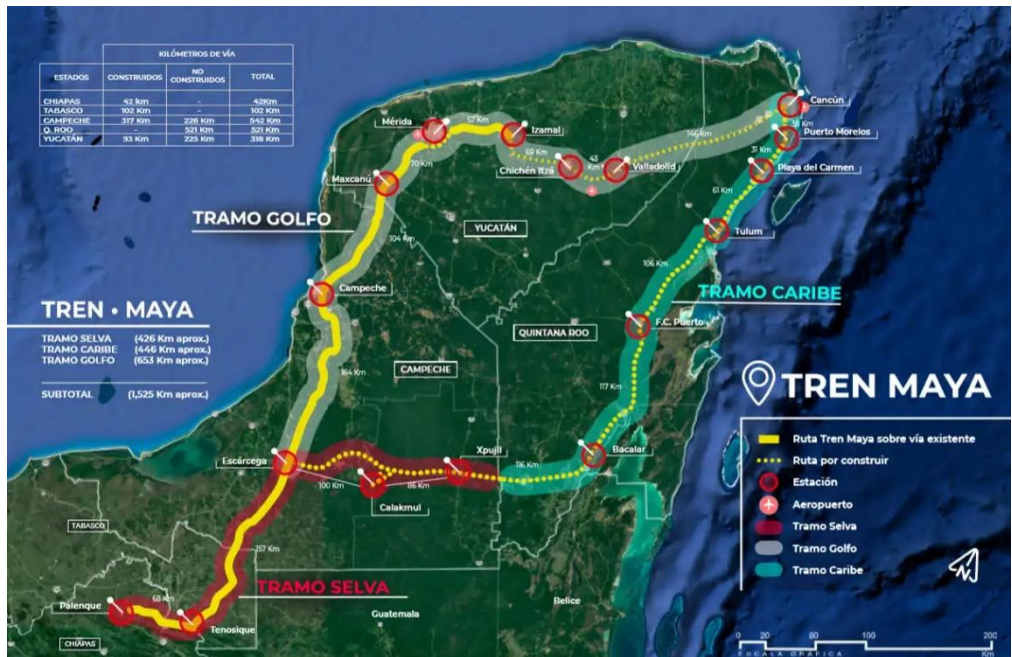


Imagen 1. Ruta del tren maya

Capítulo 1 antecedentes y problemática del proyecto por solucionar

Antecedentes del Proyecto

El Tren Maya es un proyecto estratégico de infraestructura, desarrollo y turismo impulsado por el Gobierno de México con el objetivo de fomentar el crecimiento económico, la integración regional y el bienestar social en la región sur-sureste del país. Este proyecto responde a un contexto de desigualdad económica y social que ha caracterizado a esta región, donde los niveles de pobreza, marginación y falta de conectividad han limitado las oportunidades para sus habitantes.

Desigualdad económica y social en la región sur-sureste

Los estados del sur-sureste (Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo) han presentado históricamente menores tasas de crecimiento económico en comparación con otras regiones como el norte y el centro del país. Según el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), en la región sur-sureste habitan 7.3 millones de personas en situación de pobreza, de las cuales 30% viven en pobreza extrema, siendo Chiapas el estado con mayores índices.

Dentro de la región, sólo Yucatán y Quintana Roo han logrado tasas de crecimiento equiparables a las de estados más desarrollados, impulsadas por una actividad turística robusta. Sin embargo, este crecimiento se ha concentrado exclusivamente en los principales centros urbanos y turísticos, dejando a las comunidades rurales y a municipios pequeños fuera de los beneficios económicos. Esto es agravado por una conectividad deficiente, caracterizada por una red carretera con limitaciones técnicas y un transporte ferroviario ineficiente, lo que obstaculiza:

En términos de infraestructura y conectividad, la región presenta deficiencias significativas:

- Una red carretera limitada, con bajas velocidades de diseño.
- Escaso transporte ferroviario eficiente.
- Aislamiento de las comunidades rurales respecto a los principales centros urbanos.

Estas condiciones han limitado:

- La integración de comunidades locales al dinamismo económico de las ciudades principales.
- El acceso a empleos mejor remunerados para las poblaciones rurales.
- La consolidación de cadenas productivas locales.
- La expansión de mercados para negocios pequeños y medianos.
- El desarrollo del turismo en destinos menos conocidos.

Potencial turístico del sur-sureste

Por otro lado, la región cuenta con un amplio catálogo de atractivos turísticos, como playas, zonas arqueológicas, cenotes, ríos subterráneos, pueblos mágicos y una rica oferta cultural y gastronómica.

Entre sus principales atractivos destacan:

- Zonas arqueológicas como Chichén Itzá, Palenque y Uxmal, algunas de ellas reconocidas como Patrimonio de la Humanidad.
- Playas de renombre internacional, como las de Cancún y la Riviera Maya.
- Cenotes, ríos subterráneos, reservas naturales y pueblos mágicos.

Sin embargo, la falta de infraestructura adecuada ha provocado una concentración de visitantes en destinos como Cancún y la Riviera Maya, mientras que el potencial de otros puntos turísticos en la región permanece subdesarrollado.

En términos sociales, la región presenta desafíos críticos: 7.3 millones de personas viven en pobreza, de las cuales el 30% se encuentran en pobreza extrema, según datos recientes. En Chiapas, el estado más afectado, el 76.4% de su población vive en condiciones de pobreza, y el 29.7% en pobreza extrema, muy por encima de la media nacional (7.4%).

Además, mientras que Yucatán y Quintana Roo han crecido gracias al turismo, estados como Campeche y Tabasco enfrentan una recesión económica debido a la dependencia del sector petrolero, que sufrió una significativa caída en la extracción de crudo entre 2013 y 2018. Esto evidencia la necesidad de diversificar las actividades económicas en la región para garantizar un desarrollo más equitativo y sostenible (datos según INEGI).

La integración económica y social del sur-sureste requiere estrategias que fortalezcan la conectividad, mejoren las condiciones de transporte y permitan el desarrollo equilibrado de sus potencialidades turísticas, productivas y sociales.

Importancia del Tren Maya

El proyecto del Tren Maya surge como una solución integral para impulsar el desarrollo en la región. Este sistema ferroviario busca:

- Mejorar la conectividad entre los principales destinos turísticos, culturales y naturales del sur-sureste.
- Ampliar las oportunidades económicas para las comunidades locales, mediante su integración al mercado turístico.
- Diversificar la economía regional, reduciendo la dependencia de sectores como el petrolero (clave en Campeche y Tabasco) y potenciando actividades turísticas, agroindustriales y culturales.
- Reducir las brechas sociales, fomentando el acceso a mejores empleos, educación y servicios.

Tramo 7

El Tramo 7 del Tren Maya abarca aproximadamente 254 kilómetros y conecta los municipios de Bacalar (Quintana Roo) con Escárcega (Campeche). Este segmento representa un desafío significativo en términos técnicos, ambientales y sociales debido a su ubicación geográfica, ya que atraviesa áreas de gran riqueza natural y cultural, incluidas zonas protegidas como la Reserva de la Biosfera de Calakmul, declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

Importancia del Tramo 7

Este tramo tiene un papel clave dentro del proyecto del Tren Maya, ya que busca:

- Conectar destinos turísticos y comunidades rurales ubicadas en la región sur de Quintana Roo y el este de Campeche, fomentando su integración económica.
- Impulsar el desarrollo en zonas de alta marginación, con la generación de empleos, el acceso a servicios básicos y la promoción del turismo local.

- Diversificar la oferta turística, ampliando el alcance hacia destinos menos desarrollados, pero con un alto valor cultural y natural, como las zonas arqueológicas de Calakmul y Balamkú.
- Preservar el patrimonio cultural y natural, mediante el diseño de una infraestructura que respete los ecosistemas y fortalezca el turismo sostenible.

Retos en el Tramo 7

El Tramo 7 enfrenta diversos retos:

1. Impacto ambiental:
 - La ruta pasa por la Reserva de la Biosfera de Calakmul y zonas de selva tropical, consideradas hábitats críticos para especies en peligro de extinción, como el jaguar.
 - Existe preocupación por el posible daño a los ecosistemas debido a la construcción y operación del tren.
2. Aceptación social:
 - Las comunidades indígenas mayas han manifestado inquietudes sobre el impacto del proyecto en sus territorios, recursos y patrimonio cultural.
 - Se requiere garantizar su participación activa y respetar los procesos de consulta conforme a estándares internacionales.
3. Infraestructura técnica:
 - la región tiene condiciones geográficas complejas, como terrenos de difícil acceso y alta biodiversidad, que exigen medidas técnicas avanzadas para minimizar el impacto.
4. Conservación arqueológica:
 - El tramo atraviesa áreas con alto valor arqueológico, lo que requiere salvaguardar los vestigios históricos mediante estudios previos y trabajos de mitigación.

Oportunidades del Tramo 7

A pesar de los retos, el Tramo 7 presenta múltiples beneficios potenciales:

- Promoción del turismo sostenible: Al conectar sitios arqueológicos como Calakmul, se espera atraer turismo cultural e internacional que valore el patrimonio natural y cultural de la región.
- Mejor integración de comunidades: Las comunidades locales podrían beneficiarse de nuevas oportunidades económicas, como emprendimientos turísticos, servicios locales y empleos directos e indirectos.
- Reducción de la marginación: Este tramo ayudará a combatir la pobreza al mejorar la conectividad y el acceso a mercados regionales.

Problemática del proyecto por solucionar

Ubicación y acceso al banco de materiales:

La ubicación del banco y la distancia a los sitios de almacenamiento y construcción son factores clave. Los bancos de materiales para el Frente 3 se encuentran ubicados en áreas estratégicas dentro del estado de QUINTANA ROO. Su localización permite un acceso relativamente fácil al sitio de construcción, minimizando costos y tiempos de transporte.

El primer banco se encuentra ubicado en la localidad de Juan Sarabia en el municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo.



Imagen 2. Banco Juan Sarabia

El segundo banco se encuentra ubicado en la localidad de Ucum en el municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo.



Imagen 3. Banco Campo de tiro Ucum

El acceso a estos bancos es por la carretera Chetumal- villa hermosa.



Imagen 4. Carretera Chetumal-Villa Hermosa

Tipos de Materiales Disponibles

En estos bancos se explotarán principalmente materiales pétreos como, piedra, sub-balastro, subrasante, terraplén con explosivos. Cada material se seleccionará en función de su idoneidad para las diversas aplicaciones dentro del proyecto.

Marco normativo

La explotación de bancos de materiales para el Tren Maya debe cumplir con las siguientes normativas:

- Los procesos de extracción y calidad de los materiales estarán regidos por normas mexicanas como la NMX-C-111, NMX-C-133, y NOM-120-SEMARNAT.
- Especificaciones técnicas del proyecto Tren Maya.
- Legislación ambiental aplicable para la explotación de bancos de materiales.

Plan de Supervisión y Control de Calidad

Fase de Identificación de Bancos

- Evaluación previa de las características geológicas, mineralógicas y topográficas del área.
- Estudio del volumen estimado de material aprovechable.

Extracción de Materiales

- Verificación de que la maquinaria y equipos utilizados sean los adecuados.
- Supervisión del método de explotación para minimizar las pérdidas de material y evitar daños ambientales.
- Control del proceso de carga y transporte para garantizar que el material llegue en las condiciones óptimas a los sitios de uso.

Control de Calidad

Implementación de un sistema de muestreo y ensayo en diferentes fases del proceso: Ensayos de granulometría, resistencia y durabilidad de los materiales. Pruebas de contenido de humedad, densidad y otros parámetros físicos y químicos.

Metodología de Inspección

Se realizarán inspecciones periódicas en los sitios de extracción para verificar que los procedimientos operativos sigan las buenas prácticas y que los materiales extraídos cumplan con las especificaciones requeridas. Las inspecciones incluirán el control de la extracción, el transporte y el almacenamiento de los materiales.

Equipos y Herramientas

Maquinaria de Extracción

La explotación de los bancos de materiales requerirá el uso de excavadoras, cargadores frontales, camiones de volteo, y trituradoras. Cada equipo será operado y mantenido según las recomendaciones del fabricante para asegurar su eficiencia y seguridad.

Seguridad y Salud Ocupacional

Es esencial que la supervisión incluya:

- Cumplimiento de las normas de seguridad laboral en el sitio de explotación y transporte.
- Provisión de equipos de protección personal (EPP) adecuados para los trabajadores.

Logística y Transporte

El sistema de transporte de los materiales debe ser supervisado para garantizar

- Que los camiones y vehículos estén acondicionados para evitar pérdidas o contaminación de los materiales.
- Que se respeten las rutas definidas y los tiempos de entrega acordados.

Cronograma de supervisión

Fases	Duración	Actividad principal
Identificación de bancos	1 meses	Estudios geológicos, volúmenes aproximados
Extracción de materiales	6 meses	Supervisión de operaciones y control de calidad
Control	Continuo	Supervisión de logística y ensayos de laboratorio

Tabla 1. Cronograma de supervisión

El plan de supervisión se desarrollará en paralelo con el cronograma de explotación, ajustándose a las diferentes fases del proyecto del Tren Maya.

Fase Identificación de bancos

Los bancos de material para suministro se encuentran en el municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo. El primer banco está ubicado en la localidad de Juan Sarabia, con coordenadas $18^{\circ}30'58.98''\text{N}$ y $88^{\circ}28'58.37''\text{O}$.



Imagen 5. Banco Juan Sarabia



Imagen 6. Banco Juan Sarabia

El segundo banco se encuentra también dentro del municipio en la localidad de Ucum, con coordenadas $18^{\circ}30'29.15''\text{N}$ y $88^{\circ}30'24.76''\text{O}$. Ambos puntos están definidos con precisión, facilitando su localización para actividades de transporte, logística y explotación de material.

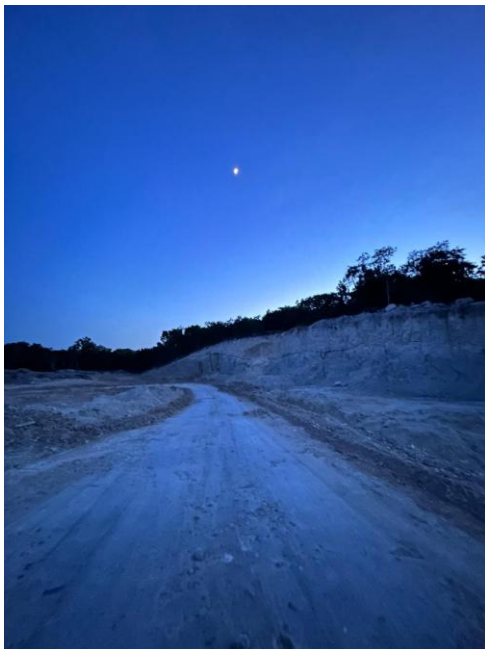


Imagen 7. Campo de tiro



Imagen 8. Campo de tiro



PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclos Salinas No. 81
Santa Martha Acatitla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsuelo@prodigy.net.mx

Informe de estudio de calidad de agregado grueso (grava)

Fecha: 28-may-2024		Número: 001	
Cliente:	Grupo 3 Dieciséis Corporativo SA DE CV		
Dirección:	Av Juárez No 2509 PH Col La Paz		
Proyecto:	Tren Maya		
Ubicación:	Othon P. Blanco - Chetumal		
Aí n:	Ing Ramon Mendieta Aguilai		
Fecha de muestreo	Procedencia	Tipo de grava	Número de muestra
25-may-2024	Campo de Tiro	3/4"	1

Características de los materiales
SICT N-CMT-2-02-002/19
Materiales para concreto hidráulico - Calidad de agregados pétreos para concreto hidráulico
Curva granulométrica de 3/4" - No. 4

Designación de la malla

Designación de la malla	Materiales retenidos acumulados, en %
2"	100
1 1/2"	100
1"	100
3/4"	92
1/2"	54
3/8"	37
No. 4	8
No. 8	1
No. 16	1

Tablas de resultados
Ensayos físicos

Ensayo	Valor obtenido	Requisito de calidad
Masa volumétrica suelta, en kg/m³	1432	—
Masa volumétrica varillada, en kg/m³	1565	1 120 Min.
Absorción, en %	3	—
Densidad relativa ssa	2,4	—
Coefficiente volumétrico (de forma)	0,23	0,20 Min.
Desgaste de los Angeles, en %	33	50 Máx.

Sustancias nocivas

Tirones de arcilla y partículas deleznales, en %	2	4 Máx.
Partículas de roca de sílice aliterada con densidad menor a 2,4, en %	—	5 Máx.
Suma de los conceptos anteriores, en %	4	6 Máx.
Partículas mas finas que la malla número 200, en %	1	2 Máx.
Partículas ligeras (carbón y lignito), en %	—	—

Ensayos químicos

Sanidad por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio (intemperismo acelerado), en %	—	Na ₂ SO ₄ 12 Máx.	MgSO ₄ 18 Máx.
Reactividad potencial (método químico)	—	Inocuo	

Observaciones: —

Los resultados reportados amparan únicamente las muestras ensayadas.
Prohibida la reproducción de este documento.
Suma de referencias: NMX-C-038-ONNICE-2004, NMX-G-170-1987-ONNICE, NMX-G-071-ONNICE-2004, NMX-G-071-1987-ONNICE, NMX-G-073-ONNICE-2004, NMX-G-184-ONNICE-2014, NMX-G-073-1987-ONNICE, NMX-G-186-ONNICE-2010, NMX-G-084-ONNICE-2008, NMX-G-038-ONNICE-2004, NMX-G-075-ONNICE-2010 y NMX-G-071-ONNICE-1988

PEP-FAGR-00-10-00



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MIEMBRO INSTITUCIONAL



CNEC MEXICO
MIEMBRO DE LA CAMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORIA
Registro No. 7079



Ing. Jesús Eduardo Evaristo Tenorio
Gerencia Técnica
PEP, Ingeniería de Suelos, S.A. de C.V.

Pág. 1 de 1

Imagen 9. Formato de estudio de calidad de agregado grueso (grava)



PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclos Salinas No. 81
Santa Martha Acatitla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsuelo@prodigy.net.mx

Informe de estudio de calidad de agregado fino (arena)

Fecha: 28-may-2024

Número: 001

Cliente:	Grupo 3 Decisels Corporativo SA DE CV
Dirección:	Av. Juárez No 2509 PH Col La Paz
Proyecto:	Tren Maya
Ubicación:	Othon P. Blanco - Chetumal
At n°:	Ing Ramon Méndez Aguilar

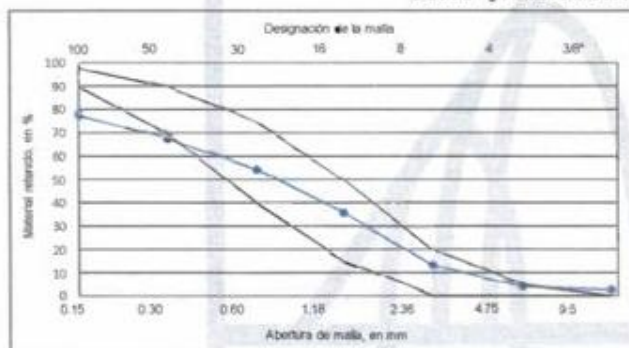
Fecha de muestreo	Procedencia	Tipo de arena	Número de muestra
25-may-2024	Campo de Tiro	De mina	1

Características de los materiales

SICT N-CMT-2-02-002/19

Materiales para concreto hidráulico - Calidad de agregados pétreos para concreto hidráulico

Curva granulométrica



Designación de la malla	Retenido en cada malla, en %	Retenido acumulado, en %	Límites de retenido acumulado, en %
3/8"	3	3	0
No. 4	1	4	0 - 5
No. 8	9	13	0 - 20
No. 16	23	36	15 - 50
No. 30	19	55	40 - 75
No. 50	13	68	70 - 90
No. 100	10	78	90 - 98

Tablas de resultados

Ensayos físicos

Ensayo	Valor obtenido	Requisito de calidad
Masa volumétrica suelta, en kg/m³	1 582	—
Masa volumétrica variada, en kg/m³	1 729	—
Absorción, en %	7	—
Densidad relativa seca	2.0	—
Módulo de finura	2.5	2.3 a 3.1
Límite líquido, en %	NP	—
Límite plástico, en %	NP	—
Índice plástico, en %	NP	—
Contracción lineal, en %	—	—
Sustancias nocivas		
Torrones de arcilla y partículas desmenuzadas, en %	1	1 Máx.
Partículas ligeras (carbón y lignito), en %	—	1 Máx.
Impurezas orgánicas	1	3 Máx.
Partículas mas finas que la malla número 200 por medio de lavado, en %	33	5 Máx.

Ensayos químicos

Ensayo	Valor obtenido	Requisito de calidad
Reactividad potencial (método químico)	—	Inocuo
Sanidad por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio (Hamperman acelerado), en %	—	Na ₂ SO ₄ MgSO ₄ 10 Máx. 15 Máx.

Observaciones: —

Los resultados reportados amparan únicamente las muestras ensayadas.

Prohibida la reproducción de este documento.

Norma de referencia: NMX-C-455-ONNCE-2004, NMX-C-175-1997-ONNCE, NMX-C-477-1997-ONNCE, NMX-C-099-1997-ONNCE, NMX-C-073-ONNCE-2004, NMX-C-493-ONNCE-2018, NMX-C-185-ONNCE-2014, NMX-C-071-ONNCE-2004, NMX-C-073-1997-ONNCE, NMX-C-094-ONNCE-2008, NMX-C-075-ONNCE-2018 y NMX-C-071-ONNCE-1999.

PEP-FAGR-00-09-00



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MIEMBRO INSTITUCIONAL



CNEC MEXICO
MIEMBRO DE LA CAMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORIA
Registro No. 7079



Ing. Jesús Eduardo Evaristo Tenorio
Gerencia Técnica
PEP, Ingeniería de Suelos, S.A. de C.V.

Pág. 1 de 1

Volúmenes aproximado a explotar son 15mil m³ de material de piedra y terraplén con explosivo y para sub-balasto y sub-rasante el volumen aproximado es 10mi m³ teniendo una producción diaria de 1,500 m³



Imagen 11. Limpieza de terreno



Imagen 12. Área para explotar

Capítulo II proceso resolutivo del proyecto

Extracción de materiales (Supervisión de operaciones y control de calidad)

La extracción de materiales pétreos es una actividad esencial en los sectores de la construcción e infraestructura, ya que proporciona insumos básicos como arena, grava, piedra y materiales utilizados en obras civiles. Estos recursos, provenientes de bancos naturales o depósitos geológicos, se obtienen mediante procesos técnicos y mecánicos diseñados para garantizar su calidad y optimizar su uso. Sin embargo, su ejecución requiere un enfoque responsable, considerando tanto la rentabilidad como la sostenibilidad ambiental, social y económica. Esto implica un conjunto de fases, desde el estudio del sitio y los permisos correspondientes, hasta la explotación, procesamiento, transporte. Además, busca describir el proceso de extracción, sus principales etapas y las consideraciones que aseguran una gestión eficiente y sostenible de los recursos pétreos. Los bancos de materiales identificados y aceptados para su explotación cuentan con todos los requisitos designados por SEDENA para la construcción del tren maya ya que por su arte ellos también hicieron sus pruebas correspondientes.

1) Preparación del terreno

Desmonte y limpieza: Retiro de vegetación y suelo superficial (capa orgánica).

Delimitación del área: Se marcan las áreas autorizadas para la extracción.



Imagen 13. Desmonte y limpieza

2) Extracción del material

Excavación: En el caso de piedra, puede ser necesario realizar perforaciones y voladuras controladas.

Tipos de perforaciones y voladura

Tipos de Perforación

- Perforación manual: Realizada con herramientas ligeras en operaciones pequeñas.
- Perforación neumática: Utiliza aire comprimido. Es común en minería y construcción.
- Perforación hidráulica: Usa fluidos para mover el sistema, ideal para grandes profundidades.
- Perforación rotativa: Empleada para grandes perforaciones horizontales o verticales.

- Perforación por percusión: Golpea el terreno, usada en roca dura.
- Perforación de barrenos largos: Utilizada en minería subterránea para largos tramos.

Tipos de Voladura

- Voladura controlada: Diseñada para minimizar daños en áreas cercanas. Utilizada en excavaciones urbanas y minería subterránea.
- Voladura de producción: Busca maximizar la fragmentación del material. Común en minería a cielo abierto y construcción.
- Voladura de precorte: Se utiliza para crear una línea de corte precisa antes de la voladura principal.
- Voladura secundaria: Se aplica para romper fragmentos grandes después de una voladura primaria.
- Voladura de demolición: Dirigida a estructuras específicas, como edificios o puentes.

La perforación se realizó con barreno largo, con voladura controlada con material ANFO (explosivo seco y de flujo libre tipo 1.10 1)



Imagen 14. Explosivos tipo 1.10 1



Imagen 15. Perforación de barreno largo



Imagen 16. Colocación de explosivos en área de voladura

3) Procesamiento del material

- Trituración: En caso de materiales como piedra caliza, se tritura para obtener tamaños específicos.
- Clasificación: Se separan los materiales según tamaño o calidad mediante cribas.



Imagen 17. Triturador impactor



Imagen 18. Criba y Scalper

4) Cargado: Los materiales extraídos se cargan en camiones para su traslado al área de procesamiento o uso final (el horario de carga era de 7 am a 8 pm) con una carga continua de 5 min por camión teniendo salida cada 10 min .

Banco campo de tiro



Imagen 19. Carga de material breña



Imagen 20. Carga de material breña de noche



Imagen 21. Carga de material piedra

Banco Juan Sarabia



Imagen 22. Carga de material sub-balasto



Imagen 23. Carga de material sub-balasto



Imagen 24. Carga de material sub-brasante

5) Transporte

Los materiales procesados o en bruto se transportan a su destino final mediante camiones, respetando rutas y normativas de transporte pesado. La ruta establecida para el transporte de la materia es sobre la carretera 186 CHETUMAL-VILLAHERMOSA con destino Juan Sarabia – Xpujil y Ucum- Xpujil

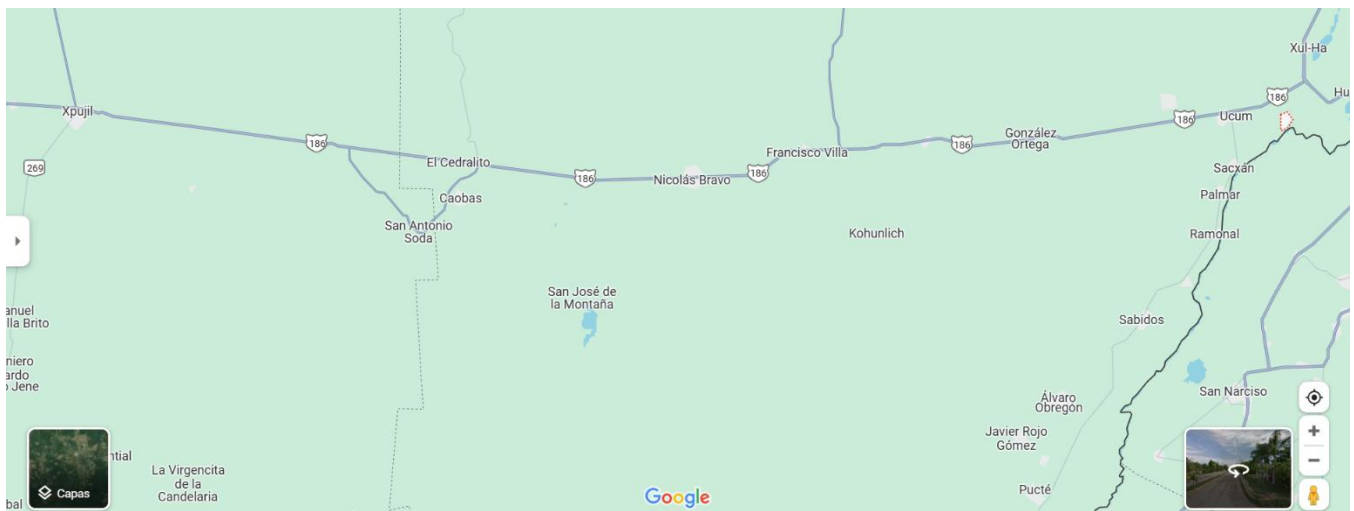


Imagen 25. Carretera 186

Volúmenes producidos

La tabla presenta los volúmenes diarios de producción de material SUB-BALASTO, registrados durante el período comprendido entre el 2 de agosto y el 7 de septiembre de 2024. Nos representa la cantidad de material producido (en unidades metros cúbicos). Producción mínima: 154 (10/08/2024) y producción máxima: 1494 (28/08/2024). Se observa una tendencia creciente hacia finales de agosto y principios de septiembre.

FECHA	MATERIAL	VOLUMEN POR DÍA
02/08/2024	SUB-BALASTO	320
03/08/2024	SUB-BALASTO	474
05/08/2024	SUB-BALASTO	496
06/08/2024	SUB-BALASTO	330
07/08/2024	SUB-BALASTO	198
09/08/2024	SUB-BALASTO	394
10/08/2024	SUB-BALASTO	154
12/08/2024	SUB-BALASTO	364
24/08/2024	SUB-BALASTO	641
26/08/2024	SUB-BALASTO	337
27/08/2024	SUB-BALASTO	861
28/08/2024	SUB-BALASTO	1494
29/08/2024	SUB-BALASTO	1280
30/08/2024	SUB-BALASTO	520
02/09/2024	SUB-BALASTO	1200
03/09/2024	SUB-BALASTO	818
04/09/2024	SUB-BALASTO	1382
05/09/2024	SUB-BALASTO	515
06/09/2024	SUB-BALASTO	1043
07/09/2024	SUB-BALASTO	629

Tabla 2. Volumen producido del mes agosto y septiembre

La grafica presenta unas fluctuaciones al principio de agosto. Un aumento progresivo en la producción hacia finales de agosto (destacando el pico el 28/08/2024 con 1494). Mantenimiento de volúmenes altos durante los primeros días de septiembre.



Grafica 1. Total, de volumen producido sub-balasto

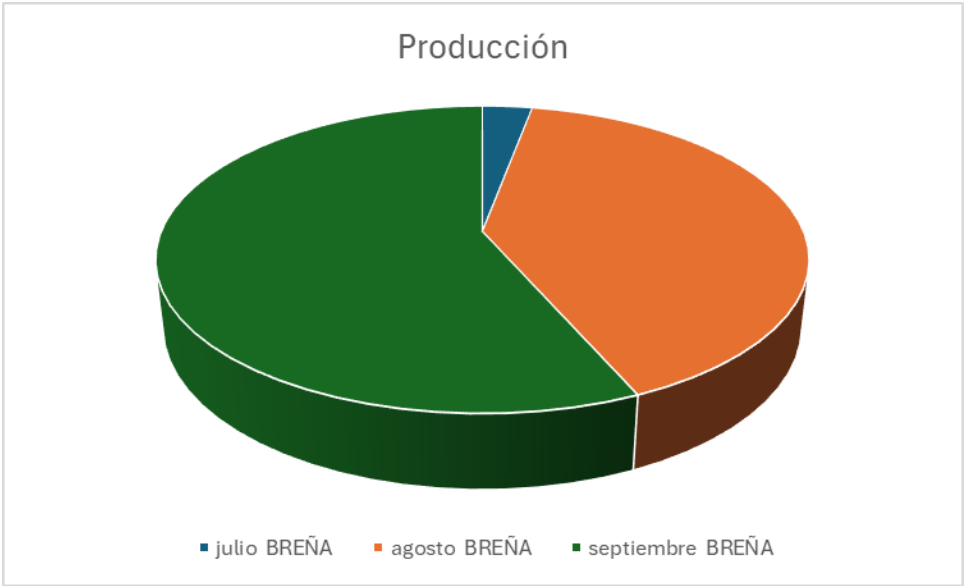
Volumen de breña

La tabla muestra los volúmenes diarios de producción de material BREÑA (en unidades metros cúbicos) desde el 18 de julio hasta el 25 de septiembre de 2024. La producción varía considerablemente, desde valores bajos como 14 unidades (01/08/2024) hasta máximos como 1898 unidades (30/08/2024). Hay un aumento progresivo de los volúmenes a partir de mediados de agosto, con varios picos en la segunda mitad de agosto y en septiembre. Se observa una producción constante y sostenida durante más de dos meses.

FECHA	MATERIAL	VOLUMEN POR DÍA
18/07/2024	BREÑA	576
19/07/2024	BREÑA	268
29/07/2024	BREÑA	126
30/07/2024	BREÑA	56
31/07/2024	BREÑA	112
01/08/2024	BREÑA	14
02/08/2024	BREÑA	28
07/08/2024	BREÑA	42
08/08/2024	BREÑA	376
15/08/2024	BREÑA	56
16/08/2024	BREÑA	1288
17/08/2024	BREÑA	616
20/08/2024	BREÑA	112
21/08/2024	BREÑA	630
22/08/2024	BREÑA	1756
23/08/2024	BREÑA	1812
24/08/2024	BREÑA	822
26/08/2024	BREÑA	1238
27/08/2024	BREÑA	1218
28/08/2024	BREÑA	1568
29/08/2024	BREÑA	1568
30/08/2024	BREÑA	1898
31/08/2024	BREÑA	646
02/09/2024	BREÑA	1400
03/09/2024	BREÑA	1400
04/09/2024	BREÑA	1582
05/09/2024	BREÑA	798
06/09/2024	BREÑA	1554
07/09/2024	BREÑA	1064
09/09/2024	BREÑA	930
11/09/2024	BREÑA	1316
12/09/2024	BREÑA	1398
13/09/2024	BREÑA	1719
14/09/2024	BREÑA	712
16/09/2024	BREÑA	1106
17/09/2024	BREÑA	976
18/09/2024	BREÑA	450
19/09/2024	BREÑA	1262
20/09/2024	BREÑA	930
21/09/2024	BREÑA	480
23/09/2024	BREÑA	780
24/09/2024	BREÑA	1110
25/09/2024	BREÑA	960

Tabla 3. Volumen producido del mes julio, agosto y septiembre

La grafica presenta la producción de Julio (18–31): Producción moderada, representa una porción pequeña del total. Agosto (01–31): Representa un gran porcentaje, con varios picos altos. Septiembre (01–25): También una porción grande, pero ligeramente menor que agosto. Porcentaje de producción Agosto: Aproximadamente 45–50% del total producido. Septiembre: Cerca del 35–40% del total. Julio: El restante 10–15%.



Grafica 2. Total, de volumen producido breña

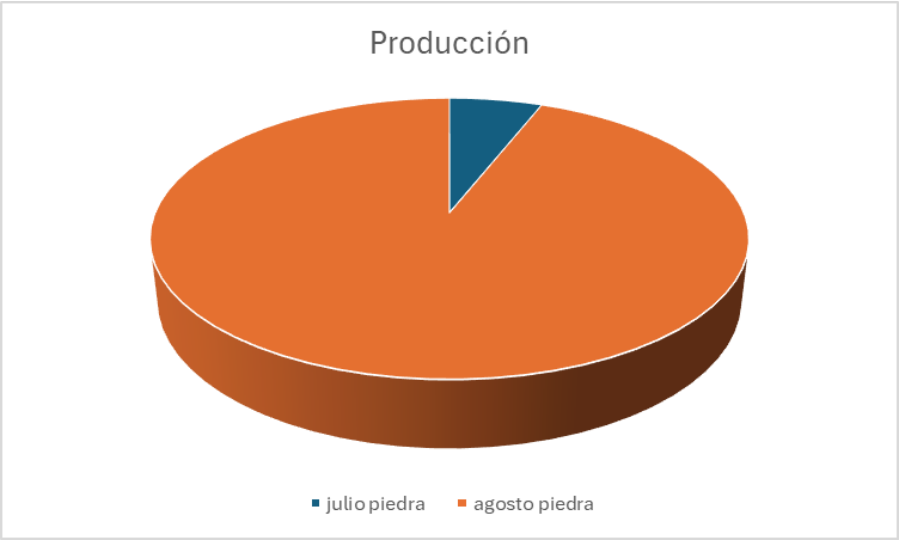
Producción de piedra

La tabla muestra los volúmenes de producción (en unidades metros cúbicos) diaria del material PIEDRA durante varias fechas entre el 15 de julio y el 20 de agosto de 2024. La producción más baja se dio el 19 y 20 de agosto con 14 unidades. El mayor volumen se registró el 12/08/2024 con 1260 unidades, seguido de cerca por el 13 y 14 de agosto. La tabla muestra que la producción de PIEDRA tuvo un comportamiento variable, con un pico muy marcado a mediados de agosto

FECHA	MATERIAL	VOLUMEN POR DÍA
15/07/2024	PIEDRA	28
16/07/2024	PIEDRA	294
06/08/2024	PIEDRA	90
07/08/2024	PIEDRA	128
08/08/2024	PIEDRA	710
12/08/2024	PIEDRA	1260
13/08/2024	PIEDRA	1122
14/08/2024	PIEDRA	1134
15/08/2024	PIEDRA	592
19/08/2024	PIEDRA	14
20/08/2024	PIEDRA	14

Tabla 4. Volumen producido del mes julio y agosto

La grafica presenta la producción del 12, 13 y 14 de agosto representarían los sectores más grandes del gráfico, ya que juntas suman más de 50% del total producido. Fechas como el 15/07, 19/08 y 20/08 serían sectores muy pequeños, ya que aportaron volúmenes mínimos. Se observaría una alta concentración de producción entre el 08 y el 15 de agosto.



Grafica 3. Total, de volumen producido piedra

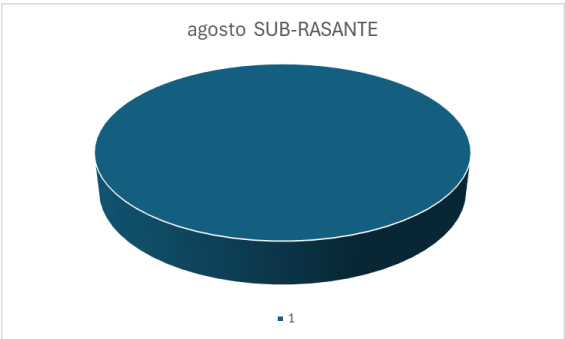
Volumen de sub-rasante

La tabla presenta los volúmenes de producción (en unidades metros cúbicos) del material SUB-BRASANTE durante el mes de agosto de 2024. Se observa una producción moderada y relativamente constante. El mayor volumen se registró el 03 de agosto. La diferencia entre los valores no es muy grande, lo que sugiere una operación estable.

FECHA	MATERIAL	VOLUMEN POR DÍA
03/08/2024	SUB-BRASANTE	240
05/08/2024	SUB-BRASANTE	176
06/08/2024	SUB-BRASANTE	160
09/08/2024	SUB-BRASANTE	164

Tabla 5. Volumen producido del mes agosto

La grafica presenta la producción de 03/08/2024 (240) → aproximadamente 30% del total. 05/08/2024 (176) → aproximadamente 22%. 06/08/2024 (160) → aproximadamente 20%. 09/08/2024 (164) → aproximadamente 21%. la porción correspondiente al 03 de agosto sería la más grande en el gráfico. Las otras tres fechas tendrían sectores similares entre sí, lo que refleja un reparto de producción bastante equilibrado después del primer día.



Grafica 4. Total, de volumen producido sub-rasante

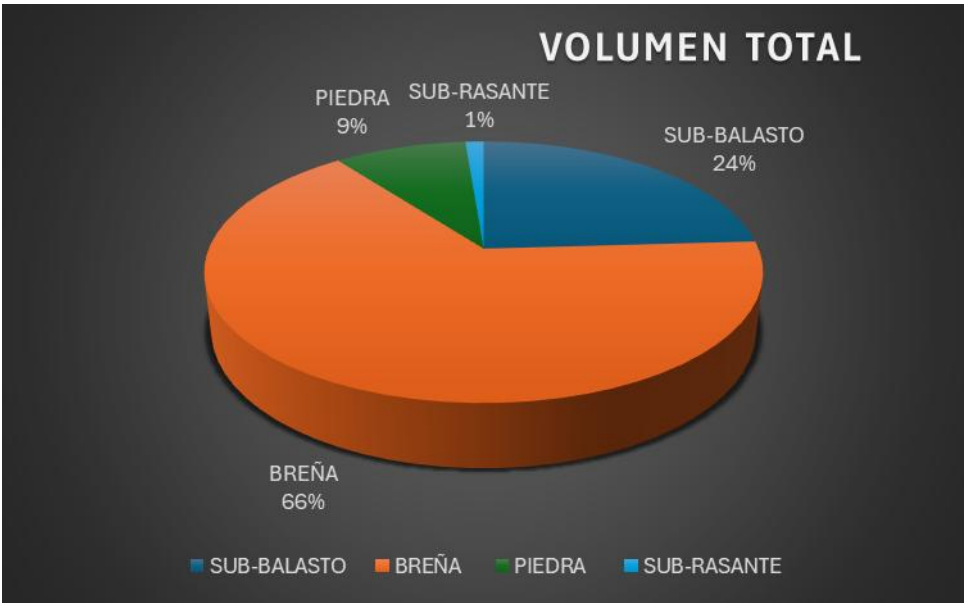
Total, de volumen producido

La tabla nos presenta el volumen total acumulado de distintos materiales procesados. BREÑA es el material con mayor volumen producido, con 38,753 m³, representando más de la mitad del total general. Le siguen SUB-BALASTO con 14,232 m³, y PIEDRA con 5,386 m³ y el SUB-RASANTE tiene el menor volumen con solo 740 m³. En resume el total producido por tipo de material, siendo la BREÑA el de mayor volumen.

MATERIAL	VOLUMEN TOTAL
SUB-BALASTO	14232
BREÑA	38753
PIEDRA	5386
SUB-RASANTE	740

Tabla 6. Total, de volumen producido

La grafica presenta la proporción de volumen total por tipo de material. El sector más grande del gráfico sería el de BREÑA, ocupando más de la mitad del círculo, lo que indica su gran peso en la producción total. SUB-BALASTO tendría el segundo sector más relevante. PIEDRA ocuparía una pequeña porción, pero aún significativa. SUB-RASANTE sería apenas visible en comparación con los otros materiales, reflejando su escasa participación. Distribución aproximada por porcentaje: BREÑA → 66%, SUB-BALASTO → 24%, PIEDRA → 9%, SUB-RASANTE → 1%. En resumen, el sector más grande del gráfico sería el de BREÑA, ocupando más de la mitad del círculo, lo que indica su gran peso en la producción total. SUB-BALASTO tendría el segundo sector más relevante. PIEDRA ocuparía una pequeña porción, pero aún significativa. SUB-RASANTE sería apenas visible en comparación con los otros materiales, reflejando su escasa participación.



Grafica 5. Total, de volumen producido

Logística

Optimización de la Logística y Cadena de Suministro

Eficiencia en el Transporte y Almacenamiento de Materiales:

- Optimización de rutas de transporte: Análisis de las rutas más eficientes para minimizar el tiempo de transporte y los costos operativos, considerando aspectos como las condiciones del terreno, la distancia y los medios de transporte disponibles.
- Gestión de inventarios: Implementación de sistemas de gestión de inventarios en tiempo real para controlar las existencias de materiales en los puntos de almacenamiento, garantizando que los materiales estén disponibles cuando se necesiten sin sobre stock ni desabastecimientos.
- Planificación de la distribución: Desarrollo de planes de distribución para asegurar que los materiales lleguen a las diferentes fases del proyecto sin demoras, evitando que la falta de materiales cause retrasos en la construcción.

Estrategias Logísticas para la Explotación:

Las estrategias logísticas para la explotación comprenden el conjunto de acciones planificadas y coordinadas que permiten optimizar el proceso de extracción, transporte y gestión de recursos materiales dentro de un sitio de explotación (como canteras, minas o bancos de materiales). Estas estrategias buscan garantizar la eficiencia operativa, reducir costos, mejorar la seguridad y asegurar el cumplimiento de los plazos establecidos en el proyecto.

Principales componentes logísticos

1.- Planificación del sitio de explotación:

- Delimitación de zonas de carga, descarga y acopio.
- Definición de rutas internas seguras y eficientes.
- Asignación estratégica de maquinaria y personal.

2.- Gestión de transporte:

- Elección del equipo adecuado (góndolas, tractocamiones, cargadores).
- Coordinación de horarios de acarreo para evitar tiempos muertos.
- Control del flujo de materiales hacia plantas de procesamiento o destino final.

3.- Programación y secuencia de extracción:

- Explotación por fases o bancos, priorizando el material más accesible.
- Control de calidad y homogeneidad del material extraído.
- Uso de sistemas GPS y topografía para precisión.
- Alianzas estratégicas con proveedores y transportistas locales para asegurar un suministro constante y eficiente.

Mantenimiento y disponibilidad de equipo:

- Programas de mantenimiento preventivo para maquinaria pesada.
- Control de combustible, refacciones y condiciones de operación.

Monitoreo y control logístico:

- Uso de software o bitácoras para seguimiento de volúmenes, tiempos y rendimientos.
- Indicadores de eficiencia (como viajes por jornada, m³/día, tiempos de carga/descarga).

Los objetivos clave para poder llevar y ejecutar con éxito las estrategias logísticas son las siguientes:

- Maximizar la productividad con un uso eficiente de recursos.
- Reducir costos operativos en combustibles, mantenimiento y mano de obra.
- Evitar cuellos de botella o interrupciones en el suministro de material.
- Asegurar la trazabilidad del material extraído hasta su destino final.
- Garantizar la seguridad de los trabajadores y la maquinaria.



Imagen 27. Super excellent performance.

Imagen 27. Super excellent performance: En términos técnicos, un rendimiento súper excelente en una excavadora SANY se traduciría en el cumplimiento o superación de sus especificaciones de diseño más allá de lo esperado, optimizando la combinación de potencia, eficiencia y durabilidad para lograr una productividad excepcional en el trabajo. Se podría medir a través de los siguientes indicadores técnicos y características: Alta eficiencia operativa y bajo consumo de combustible, fuerza de excavación super alta contribuyendo a una mayor eficiencia, controlabilidad suave.

En resumen, un rendimiento súper excelente en una excavadora SANY va más allá de simplemente cumplir con las especificaciones. Implica una combinación de eficiencia de combustible sobresaliente, una capacidad de producción que consistentemente excede las expectativas en términos de volumen y velocidad, y una fiabilidad excepcional que minimiza el tiempo de inactividad, todo ello respaldado por una ingeniería avanzada y componentes de alta calidad.

Super adaptability

By improving safety and heat dissipation capability, and using efficient filter system and "high corrosion-resistant" coating, the adaptability of SY215C to the environment, working condition and oils is improved.

High corrosion-resistant coating

With new coating system, service life of the paint is improved by 50%

50%

New-type engine system

High pressure common rail electronic controlled fuel injection system, water-cooled EGR and 4-valve structure

Large-size multi-stage filter system

In allusion to the problem of poor fuel quality in China, enable the machine to operate under severe working conditions

Standard working device connector

Over 20 kinds of special working devices including quartering hammer and scarifier etc. may be equipped optionally

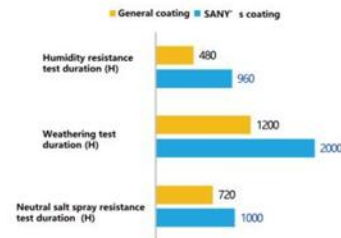
Over 20 kinds



High corrosion-resistant coating

By cooperating with world known paint brands, aging life of the paint reaches the level of competitor brands and is 40% higher than that of general excavator

Comparison of coating endurance test data



Coating distribution of SANY's high corrosion-resistant paint



Large-capacity multi-stage filter system

Domestically initiative self-circulation "large-capacity multi-stage filter system" is launched in allusion various oils and meets emission requirements of national III standard. Top-level protection



Classic Succession Value leader 05/06

Imagen 28. Super adaptability

New-type engine system

With new-type engine system, the efficiency improves by over 8% and fuel consumption declines by over 10%.

High pressure common rail electronic controlled fuel injection system

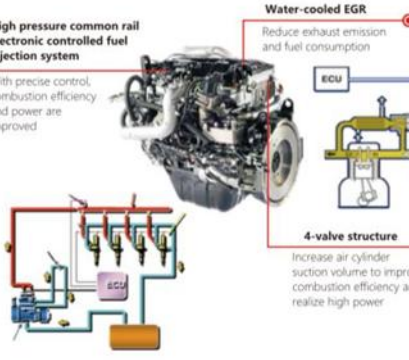
With precise control, combustion efficiency and power are improved

Water-cooled EGR

Reduce exhaust emission and fuel consumption

4-valve structure

Increase air cylinder suction volume to improve combustion efficiency and realize high power






The machine serves several purposes

In allusion to individual demands of the customer for this tonnage, this product may work with more than 20 working devices, and various modified products to improve the earning power of the customer

Configuration Table of Working Devices of SY215C Excavator

Model	SY215C			Remarks
Boom (m)	5.7	6.5		
Bucket rod (m)	2.9	2.4	6.02	
Bucket m³	0.35	-	-	Maximum material density (kg/m³): ■ ≤1200; ▲ ≤1800; ● ≤1500; ◆ ≤1200 - Unavailable
	0.93	■	-	
	0.9	-	-	
	1	■	-	
	1.2	-	■	-

Example of special working device of SY215



Classic Succession Value leader 07/08

Imagen 29. Super adaptability

Imagen 28.- Imagen 29. Super adaptability: En términos técnicos, la súper adaptabilidad de una excavadora SANY se refiere a su capacidad inherente para operar de manera eficiente y efectiva en una amplia gama de condiciones y aplicaciones de trabajo diversas y desafiantes, gracias a un conjunto de características de diseño, ingeniería y sistemas avanzados.

En resumen, la súper adaptabilidad de una excavadora se logra a través de un diseño robusto y flexible, la incorporación de tecnologías hidráulicas y de control avanzadas, y la compatibilidad con una amplia gama de herramientas, lo que le permite sobresalir en una variedad de entornos y tareas, desde excavaciones pesadas en minas hasta trabajos de precisión en espacios urbanos confinados

Super long service life

Through the accumulation over 15 years, design life of SY215C exceeds 15,000h and surpasses competitor brands with the help of initiative "three-dimensional" design test system for large-scale excavator.

Five major structural members

As compared the product of previous generation, the service life of key structural members like boom, bucket rod, platform and undercarriage etc. is doubled

Hydraulic system

Delivery cleanliness of hydraulic system reaches NAS7 and is not only higher than competitor brands but also higher than industrial standard

Core parts

Core parts like main pump, main valve, oil cylinder and retarder etc. guarantee super long life

Key structural members

With most advanced international methods including optimization design of structural members, stress test, research of welds and plates, endurance test, 100% UT detection for key components and fatigue test for two axes, the service life of key structural members is improved comprehensively.

Core parts

Relying on the only endurance test system for excavator parts in China, and through joint research with world famous research institutions, the research on service life of the parts is carried out for improving the service life of core parts comprehensively. The service life of components including pump, valve, oil cylinder, retarder, fuel tank and cab etc. is doubled.

Oil cylinder impulse test bed

Oil cylinder impulse test bed

Pump-valve test bed

Pump-valve test bed

Vibration test bench and test bed

Vibration test bench and test bed

Classix Superlong Value leader

09/10

Imagen 30.super long service life

Imagen 30.super Long service life: En términos técnicos, la súper larga vida útil de una excavadora SANY se logra mediante un enfoque integral en el diseño, la selección de materiales, procesos de fabricación avanzados, pruebas rigurosas de componentes y un diseño pensado para la mantenibilidad, superando los estándares de la industria y la competencia. Esto resulta en una máquina con una durabilidad excepcional, capaz de operar por periodos prolongados incluso en las condiciones más exigentes.

Super low maintenance cost

Super low maintenance cost

SANY is developing long-life engine oil, diesel oil filter and hydraulic oil jointly with professional manufacturers. Through two years' market verification, maintenance cost of the product is reduced by 50%, and maintenance interval is extended by 1 time; as compared with competitor brands, the maintenance cost is reduced by 40%.

Super easy management

Four-dimensional construction management system developed by SANY independently is equipped to improve maintenance convenience of maintainable parts, and make equipment management easier and simpler.

Pilot transition block is moved from main valve to the platform below air filter for the convenience of maintenance.

Engine oil drain pipe is added to prevent engine oil splashing in the process of maintenance.

Tail plate of the platform is straightened and storage battery is placed in front of the radiator for the convenience of service and maintenance.

Maintenance convenience

In allusion severe working conditions of the mine, the design of maintenance convenience of the maintainable parts is improved. "Big space, Easy to operate". Maintenance space for various maintainable parts increases by 20%-30% and makes the operation easier!

Replace air filter element

Easy to replace air filter element

Replace diesel oil filter element

Easy to replace diesel oil filter element

Easy to inspect engine oil pump

Easy to inspect engine oil pump of by one push after engine goes off abnormally

Check the situation of engine oil

Pump oil by one push after engine goes off abnormally

Engine compartment

Water drain valve and check valve of fuel tank

Engine compartment volume increases by 20%, and water drain valve and diesel oil check valve are added

Classroom Succession Value leader 11/12

Imagen 31.super low maintenance cost

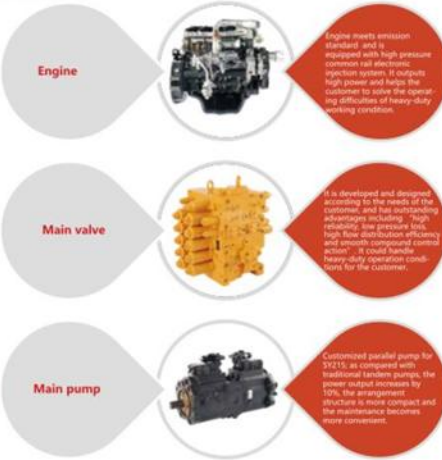
Imagen 31.super low maintenance cost: Super bajo costo de mantenimiento en términos técnicos para una excavadora SANY se refiere a un conjunto de características de diseño e ingeniería que minimizan la frecuencia y el costo de las intervenciones de servicio, el reemplazo de piezas y el consumo de fluidos, optimizando la rentabilidad operativa de la máquina a lo largo de su vida útil.

Esto es el resultado de una estrategia de ingeniería que prolonga la vida útil de los componentes y fluidos, simplifica el acceso para el servicio y utiliza sistemas de protección avanzados, lo que se traduce en menos tiempo de inactividad, menores gastos en piezas y mano de obra, y una mayor rentabilidad para el propietario de la máquina.

Product Introduction

Main configuration

Core components like pumps, valves and engine etc. are designed jointly with proprietary intellectual property rights, and are manufactured by world famous manufacturers to ensure high quality and satisfy professional demands of SANY's customers.



Construction cases



Classic Successor Value leader 13/14

Imagen 32. Product introduction

Technical specifications

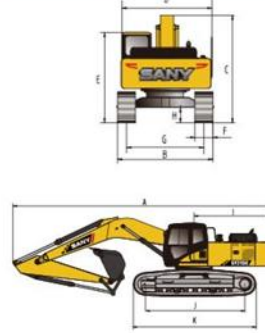
Specifications		Main performance	
Total weight	21900kg	Traveling speed (high/low)	5.4/3.3(km/h)
		Gradeability	70%/35°
		Ground pressure	47.4/45.9kPa
Engine		Digging force of bucket	158kN/1480N (autocharged in free boom)
Model	4M50	Digging force of arm	120kN/107kN (autocharged in free boom)
Type	4-cylinder, 4-stroke, water-cooled, electronic injection, common rail with turbocharger		
Rated power	118kW/2000rpm		
Maximum torque	580N.m/1600rpm		
Displacement	4.9L		
Capacity of oil and coolant		Traveling section	
Fuel tank	340L	Number of track shoes	47
Hydraulic oil	239L	Carrier wheel on each side	2
Coolant	29L	Thrust wheel on each side	8
Final drive	2×5.0L	Standard track	600mm
Engine oil	22L		

Table of Lifting Capacity

SY215C		Assessing capacity under the working condition		Assessing capacity under the maximum condition		Remained bucket weight, 770kg		Unit: kg		
Conditions	B	A				Maximum point position		max		
		3.0m	4.0m	5.0m	7.5m	8.0m				
Bucket and 287mm Boom Counterweight 170kg	7.5m									
	6.0m									
	4.5m									
	3.0m									
Bucket and 287mm Boom Counterweight 170kg	7.5m									
	6.0m									
	4.5m									
	3.0m									
Bucket and 287mm Boom Counterweight 170kg	7.5m									
	6.0m									
	4.5m									
	3.0m									

1. The lifting capacity is calculated in accordance with ISO 9550 and SAE J1097, where lift coefficient of hydraulic system is 0.87 and lifting force coefficient is 0.75.
2. The boom with the mark "A" is limited by hydraulic pressure and the boom without the mark "A" is limited by stability.
3. Lifting point is front support hole of bucket and including the weight of bucket. It is necessary to deduct from the above lifting capacity if additional accessory is installed with the bucket etc.
4. Lifting capacity of SY215C is improved by 1.04 times of the basis of SY215C.

Overall dimensions (mm)



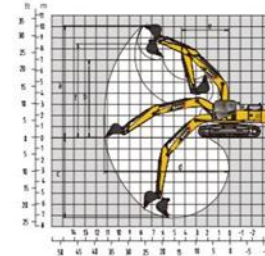
Overall dimensions: mm SY215C

- A. Overall length (in transportation state) 9030
- B. Overall width 2980
- C. Overall height (in transportation state) 3440
- D. Upper width 2875
- E. Overall height (cab top) 3075
- F. Width of standard track shoe 600
- G. Track gauge 2380
- H. Minimum ground clearance 440
- I. Slew radius of tail 2500
- J. Ground contact length of track 3445
- K. Track shoe length 4250

Performance Parameters SY215C

- Total weight, kg 21900
- Bucket capacity, m³ 0.93
- Rated power, kW/rpm 118/2000
- Traveling speed (high/low), km/h 5.4/3.3
- Slewing speed, rpm 11
- Gradeability 70%/35°
- Ground pressure, kPa 47.4
- Digging force of bucket, kN 138/148
- Digging force of bucket rod, kN 103/107

Operating range (mm)



Operating range: mm SY215C

- a. Maximum digging height 9600
- b. Maximum unloading height 8730
- c. Maximum digging depth 6000
- d. Maximum digging distance 10260
- e. Minimum slewing radius 2730
- f. Maximum height at minimum boom angle 7680

Classic Successor Value leader 15/16

Imagen 33. Product introduction

Imagen 32.- Imagen 33 Producto introduction: En términos técnicos, la "Introducción de Producto" para una excavadora SANY se refiere a la presentación de las especificaciones, tecnologías y capacidades de ingeniería inherentes a la máquina, destacando cómo estas características se traducen en un rendimiento superior, eficiencia, durabilidad y valor para el usuario final en diversas aplicaciones. Esencialmente, es una descripción técnica detallada que diferencia el producto en el mercado.

En resumen, es un compendio de sus especificaciones de ingeniería, innovaciones tecnológicas y atributos de diseño que subrayan su rendimiento, eficiencia, fiabilidad y las ventajas operativas y económicas que ofrece al cliente.

Imagen 34 -Imagen 35.ficha técnica de góndola: La imagen muestra la ficha técnica de una góndola de volteo con transición estándar de 30 m³, fabricada por la marca FRUEHAUF. Esta unidad está diseñada para cumplir con las normas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) en México y es utilizada principalmente para el transporte de materiales a granel como tierra, grava, breña, sub-balasto, etc.

Aportaciones técnicas relevantes

- La capacidad de 30 m³ permite transportar grandes volúmenes de material, lo que mejora la eficiencia en proyectos de construcción o minería.
- Su estructura de acero de alta resistencia asegura durabilidad ante cargas pesadas y condiciones difíciles.
- El sistema hidráulico de 5 etapas optimiza el proceso de descarga, aumentando la rapidez operativa.
- La puerta trasera neumática agiliza la apertura y cierre, mejorando la seguridad y reduciendo tiempos de operación.
- El diseño cumple con normas SCT, lo que la hace adecuada para uso en carreteras federales y proyectos públicos
- Este modelo está diseñado para transporte de materiales a granel, como tierra, piedra, arena, sub-balasto o breña.
- Su robusto sistema de suspensión y frenos lo hace adecuado para condiciones exigentes de obra o minería.
- La posibilidad de personalizar componentes como rines, salpicaderas, tipo de piso y suspensión permite adaptarlo a necesidades específicas.
- Las luces LED y elementos reflectantes mejoran la seguridad vial, cumpliendo con normativas de transporte.

A continuación, se presentan las imágenes 34-35.

Todas nuestras unidades cumplen con las normas vigentes aplicables según la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) para las carreteras.

FRUEHAUF®



VOLTEO CON TRANSICIÓN ESTÁNDAR 30M³

SE FABRICA EN 24M³ Y 30M³

DIMENSIONES

Altura total:	120 1/8" (3.051 m)
Altura frontal batea:	55" (1.397 m)
Altura posterior batea:	63" (1.600 m)
Ancho interior:	94 1/4" (2.394 m)
Ancho total:	102 3/8" (2.60 m)
Longitud total:	364" (9.245 m)
Capacidad:	30 m ³
Peso aproximado:	7,200 kg

BATEA

Cuerpo: Acero alta resistencia calibre 10" y esquinas redondeadas con 12" de radio y doble guía a cuerpo en batea.

Costillas: De canal sombrero en acero de alta resistencia.

Reborde: (2) tubo PTR calibre 3/16" x 4" x 6".

Largueros inferiores: (2) de ángulo de acero alta resistencia de 1/4".

Frente: Inclinado con alojamiento para el pistón hidráulico.

Puerta trasera: A todo lo ancho y alto con refuerzos transversales con panel calibre 10. Con seguros neumáticos.

Pistón hidráulico: De 5 etapas y acción sencilla de 220" de carrera.

BASTIDOR

Vigas principales: (2) viga "I" formada con alma de 1/4" acero de alta resistencia, patines en acero de alta resistencia de 1/2" x 6" soldada automáticamente.

Puentes travesaños: Canal formada de acero alta resistencia calibre 1/4".

Acoplador superior: Fijo soldado entre las vigas principales con perno localizado a 16".

Bisagra trasera: Fundida con perno de 2 1/2" a todo lo ancho.

Armadura pistón: Integrado al acoplador superior.

VOLTEO CON TRANSICIÓN ESTÁNDAR 30M³

MODELO: DBTN-ND-HT3-30W

SUSPENSIÓN

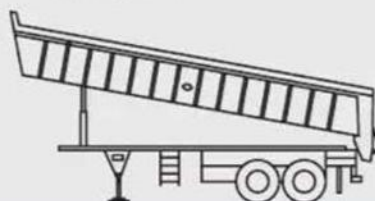
Suspensión: Hendrickson de 30,000 libras
Ejes: (3) Hendrickson de 30,000 libras
Mazas: (6) de hierro nodular, tipo disco 10 birlos
Tambores: (6) de hierro gris
Frenos: De 16 1/2"X7", cámaras de doble diafragma, tanque de aire y conectores frontales
Sistema ABS: Bendix 4S/2M, matracas auto ajustables

ESPECIFICACIONES GENERALES

Rines: Adicional, indicar medida y marca
Llantas: Adicional, indicar medida y marca
Salpicaderas: Opcional
Patín: (1) Marca Saf Holland, Modelo Atlas 65
Portallanta: Tipo canastilla
Loderas: 2 de plástico colocados atrás de la suspensión

LUCES Y PINTURA

Enchufe: 7 Vías, 12Volts
Arnés: Sellado
Plafones: Led
- Laterales: 2 ámbar con direccional al centro y 2 rojos por costado
- Traseros: 2 direccionales, 4 cuartos, 2 alto, 1 portaplaca, 3 rojos en el marco trasero
Cinta reflejante: En costados, defensa, puertas traseras en esquinas superiores y parte inferior
Pintura: Esmalte automotivo aplicado sobre base primario, color indicado por el cliente
(1) Lámpara destellante en cada extremo del marco compuerta



OPCIONES ADICIONALES

MISCELÁNEOS

- Arcos caballete
- Batea de acero inoxidable
- Body clamp
- Conexión trasera
- Doble portallanta
- Escalera sobre batea
- Gancho de arrastre
- Gata con cadenas
- Pintura en poliuretano
- Puerta bandera
- Rines de aluminio
- Seguros mariposa, clamp cierre

MISCELÁNEOS

- Salpicaderas delanteras de aluminio
- Salpicaderas traseras de aluminio
- Sello en puerta

PISOS

- Acero inoxidable 3/16"
- Acero inoxidable 1/4"
- Acero negro 3/16"
- Acero negro en 1/4"

SUSPENSIÓN

- Intraax
- Mecánica (muelles)

EJES

- Mantenimiento extendido
- Retráctil

IPESA
CAMIONES



KENWORTH.
The World's Best.

T800

El verdadero legado americano



IPESA
CAMIONES



KENWORTH.
The World's Best.

T800

www.ipesacamiones.com.pe



	T800 ES
MOTOR	
Marca	Cummins
Modelo	ISX15 E5
Alimentación	Turbo alimentado pos enfriado
Potencia (hp)	450
Cilindrada (cm ³)	14,800
Nro. y disposición de los cilindros	6 en línea
Torque (lb.ft)	1650
Radiador (in ²)	1,440
Tubo de escape	1 vertical
Alternador (A)	130 A
Arracandor (V)	12 V
Baterías	4 de 12V libre de mantenimiento
TRANSMISIÓN Y EMBRAGUE	
Embrague	Fuller
Tipo	Bi Disco de 06 paletas
Marca / Tipo / # de velocidades	Fuller / Mecánica / 18 Velocidades
Cardán	Heavy Duty
Enfriado de aceite de transmisión	s
Tipo de aceite	Aceite sintético
EJE DELANTERO Y EQUIPO	
Marca	Meritor
Capacidad (lb)	14,600 lbs
Suspensión	Muelles 14,600 lbs
Dirección	Hidráulica con enfriador
Quinta rueda	Jost JSK37CX. 2"
EJE POSTERIOR Y EQUIPO	
Marca	Meritor
Capacidad (lb)	46,000 lbs
Capacidad Máxima de Arrastre (kg)	72,000
Relación de coronas	4.56:1
Suspensión (lb)	Bolsas de aire KW 46,000
Traba diferencial	Completa
Tipo de aceite	Aceite sintético
FRENOS	
Marca	Bendix
Tipo	100% Aire / Tambor
Sistema ABS / ATC	4 sensores / 4 módulos
TANQUE DE COMBUSTIBLE	
Cantidad	3
Capacidad (US gal) C/U	135 gls / 75 gls / TQ Def 20.7 gls
Sistema ABS / ATC	4 sensores / 4 módulos
CABINA Y EQUIPAMIENTO	
Tipo	Convencional Dormitorio
Aire acondicionado	En cabina y litera
Asientos	Neumático Ambos
Indicadores	Ergonómicos en sistema Métrico
Cierre de puerta	Centralizado
Claxon cometa	Cromado en el techo de cabina
Espejos	Aerodinámicos Cromados
Quinta rueda	Jost JSK37CX. 2"
Llantas y aros delanteros	295/80R 22.5, Aros de aluminio 22.5 x 8.25
Llantas y aros posteriores	11R22.5, Aros de aluminio 22.5 x
MEDIDAS Y DIMENSIONES	
Número de ejes	3
Distancia entre Ejes (mm)	5105.4
Largo total (mm)	7835.9
Ancho, sin espejos (mm)	2,540
Altura, descargado con escotilla (mm)	3,429
Peso Bruto Vehicular - PBV (kg)	48,000
PRINCIPALES APLICACIONES	

Sede Principal: Panamericana Sur Km. 30.5, Lurin. T. 748-6000. Cel. 966-254-742.

Contacta a:

IPESA
CAMIONES

Imagen 36.-Imagen 37.ficha técnica de tracto camión: La imagen muestra la ficha técnica del tractocamión Kenworth T800 E5, distribuido por IPESA Camiones, con información detallada de sus características mecánicas, estructurales y operativas. Este vehículo es ideal para transporte de carga pesada, como plataformas, góndolas, tanques o tolvas, comúnmente usado en construcción, minería y logística.

Aplicaciones principales

El Kenworth T800 E5 está diseñado específicamente para el transporte de materiales pesados. Es ideal en trabajos de construcción, minería y acarreo a largas distancias, gracias a su robustez y capacidad de arrastre. Su diseño versátil permite una excelente combinación con góndolas, plataformas, tanques, tolvas y otras soluciones de carga, adaptándose a distintas exigencias operativas.

Aportaciones técnicas y valor práctico

- El Kenworth T800 es uno de los modelos más versátiles y confiables dentro del mercado de transporte pesado. Su ingeniería combina potencia, rendimiento y durabilidad, lo que lo hace altamente eficiente en entornos exigentes.
- Está diseñado para acoplarse con diversos tipos de remolques, lo que facilita su implementación en sectores como la construcción, acarreo de materiales, minería y logística industrial.
- Además, su cabina espaciosa y ergonómica brinda mayor comodidad y seguridad al operador, especialmente en trayectos prolongados. Su presencia consolidada en América del Norte y América Latina lo posiciona como un referente de eficiencia operativa y confiabilidad en campo.

Relación de maquinaria y equipo de construcción

NOMBRE DE MAQUINARIA / EQUIPO	MODELO
Excavado sobre orugas	Caterpillar 5YM00077,330L
Planta trituradora de impacto horizontal con criba montada sobre orugas	R1100 RD
Excavadora sobre orugas	John deere 350 GLC
Planta trituradora de mandíbulas montada sobre orugas	Rockster RS1200
Tractor sobre orugas	Caterpillar 14Y00764 D9L
Cargador frontal	Caterpillar 33Z04717 936E
Excavadora sobre orugas	Caterpillar 320C
Martillo hidráulico para excavar	V805
Topador bulldozer	Caterpillar 2HR00819 D7R

Tabla 7. Relación de maquinaria y equipo de construcción

La Tabla 7 presenta maquinaria pesada utilizada en actividades como movimiento de tierra, excavación, trituración y nivelación. Predominan marcas reconocidas como Caterpillar, John Deere y Rockster, lo que garantiza confiabilidad y alto rendimiento. Se incluyen excavadoras, trituradoras y tractores, cuyo uso cubre desde la extracción hasta el procesamiento de materiales. Esta información es útil para el control de inventario, logística de maquinaria, la planeación operativa y la asignación eficiente del equipo según las necesidades del proyecto.

Control operativo

Podría tener un enfoque integral que aborde no solo la eficiencia de los procesos, sino también los aspectos sostenibles, la mejora en la productividad y los beneficios sociales y económicos derivados de una gestión adecuada de los recursos. A continuación, se detallan las aportaciones clave que este tipo de estudio podría ofrecer, ampliando la información en cada uno de los aspectos:

Control de Calidad en la Explotación de Bancos de Materiales

Implementación de un Sistema de Control de Calidad Rigurosos:

- Inspecciones y pruebas constantes de los materiales extraídos, asegurando que cumplan con las especificaciones requeridas para la construcción ferroviaria (como granulometría, resistencia a la compresión, dureza, etc.).
- Desarrollo de protocolos de calidad que incluyan la toma de muestras, pruebas en laboratorio, y auditorías periódicas para asegurar que los materiales extraídos sean aptos para la construcción.
- Cumplimiento de Normativas y Estándares Internacionales:
- Aplicación de las normativas internacionales de calidad (como ASTM, ISO y normas nacionales) que aseguren la durabilidad y seguridad de los materiales utilizados.
- Evaluación constante del desempeño de los materiales a lo largo del tiempo para garantizar que los materiales no solo cumplen con las especificaciones iniciales, sino que también sean aptos para resistir las condiciones climáticas y de tráfico del Tren Maya.
- Automatización y Digitalización del Control de Calidad:
- Uso de tecnologías avanzadas como sensores IoT (Internet de las Cosas) para monitorear la calidad en tiempo real y tecnologías de análisis de datos que permitan prever posibles fallas y mejorar la toma de decisiones.

Sostenibilidad y Minimización de Impacto Ambiental

Manejo Ambiental en la Explotación de Materiales:

- Restauración ecológica de áreas explotadas: Implementación de programas de rehabilitación de los sitios donde se extraen los materiales, promoviendo la reforestación, el manejo adecuado del suelo y la restauración de los ecosistemas afectados.
- Minimización de la erosión y contaminación: Aplicación de prácticas para controlar la erosión en las áreas explotadas, utilizando barreras naturales o técnicas de control de aguas pluviales para evitar la contaminación de los cuerpos de agua cercanos.

Prácticas de Extracción Sostenible:

- Optimización de la extracción para reducir el impacto en el medio ambiente, como la extracción selectiva de materiales y el uso de maquinaria eficiente que minimice el daño a la biodiversidad.
- Uso de energías limpias y técnicas de explotación que reduzcan las emisiones de gases contaminantes, como el uso de maquinaria eléctrica o híbrida.

Cumplimiento de Normativas Ambientales:

- Asegurarse de que todas las actividades de explotación cumplan con las normas ambientales locales, nacionales e internacionales, como la normativa mexicana sobre la protección de recursos naturales y los acuerdos internacionales sobre el cambio climático.

Monitoreo y Supervisión de la Explotación

Implementación de Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real:

- Uso de drones para la supervisión aérea de las zonas de extracción, permitiendo un control preciso sobre la cantidad de materiales extraídos y el estado del terreno.
- Geolocalización avanzada mediante el uso de sistemas GPS y GIS (Sistema de Información Geográfica) para realizar un seguimiento detallado de las actividades en tiempo real y asegurar que los materiales se extraigan de las zonas autorizadas.

Inspecciones y Auditorías Constantes:

- Auditorías periódicas tanto internas como externas para asegurar que los procesos de extracción se realicen conforme a los estándares de calidad y normativas ambientales.
- Tecnologías de inspección remota, como cámaras termográficas y sensores para verificar la calidad de los materiales y la seguridad en las zonas de trabajo.
- Gestión de Datos y Reportes en Tiempo Real:
- Desarrollo de plataformas digitales para la gestión de datos de explotación, lo que facilita la toma de decisiones rápidas y la solución de problemas antes de que se conviertan en cuellos de botella.

Mejoramiento de la Productividad en la Explotación

Optimización de Procesos de Extracción:

- Implementación de maquinaria más eficiente que permita aumentar la productividad y reducir los costos operativos. Por ejemplo, el uso de excavadoras y cargadoras de mayor capacidad o la automatización de procesos de trituración y clasificación de materiales.
- Análisis de la cadena de producción para identificar y eliminar cuellos de botella, como el uso de más recursos humanos o la mejora de la sincronización entre la extracción, el transporte y el almacenamiento.

Técnicas Innovadoras en la Explotación:

- Introducción de nuevas tecnologías como robotización y minería 4.0 (uso de sensores, big data, inteligencia artificial) para predecir la demanda de materiales y mejorar los procesos de extracción.

Reducción de Tiempos de Inactividad:

- Desarrollo de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo para la maquinaria utilizada en la extracción, evitando tiempos de inactividad no planificados.

Desarrollo de Capacidades Locales

Capacitación en Técnicas de Extracción y Seguridad:

- Programas de capacitación continua para los trabajadores locales en temas relacionados con la extracción eficiente y segura de materiales pétreos, control de calidad y monitoreo ambiental.
- Mejoramiento de habilidades laborales para aumentar la productividad y reducir los accidentes laborales en la explotación.

Generación de Empleo Local:

- Promoción de empleo local en las comunidades cercanas a los bancos de materiales, lo que contribuye al desarrollo económico y social de la región.
- Implementación de programas de inclusión social y empleo para grupos vulnerables, como mujeres y jóvenes.

Gestión Integral de Proyectos

Planificación y Coordinación Eficiente de Proyectos:

- Uso de herramientas de gestión de proyectos (como PMI, Agile, Lean Construction) para asegurar que todos los recursos materiales y humanos estén alineados con los objetivos del Tren Maya.
- Análisis de riesgos para prevenir y mitigar posibles inconvenientes en la cadena de suministro de materiales.

Impacto Socioeconómico y Social

Evaluación de los Beneficios Locales:

- Impacto económico en las comunidades cercanas, a través de la creación de empleo y el desarrollo de infraestructura.
- Mejoramiento de las condiciones de vida en las áreas rurales, con acceso a nuevos empleos y la mejora de servicios públicos derivados del desarrollo del proyecto.
- Mitigación de Impactos Negativos:
- Planificación para mitigar los efectos negativos de la explotación de materiales, como el desplazamiento de comunidades o la alteración de los ecosistemas locales.

Este trabajo, al ser desarrollado, puede ofrecer un enfoque integral sobre cómo la supervisión, logística y control de calidad en la explotación de los bancos de materiales pétreos, además de mejorar la eficiencia operativa, puede contribuir de manera significativa al éxito del Tren Maya Tramo 7 Frente 3, generando beneficios tanto en términos de productividad, sostenibilidad y responsabilidad social como en la creación de empleos y el desarrollo regional.

Imagen 38: La siguiente imagen nos muestra una vista aérea de uno de los bancos de explotación de materiales, donde se sacaba breña (terraplén con explosivo) y piedra, ubicada en una región selvática. También se puede observar la delimitación permitida para la

explotación de material. En el centro de la imagen se observa un área despejada y excavada, con irregularidades en el terreno, taludes y depresiones, lo que indica una actividad de extracción de material.

Existen pequeñas lagunas o charcas con agua estancada, típicas de zonas donde se extrae material como breña, arena o sub-balasto. La vegetación densa que rodea el terreno completamente la zona explotada, nos sugiere que la intervención fue planificada y limitada al área autorizada. Podemos distinguir una vía de acceso por la carretera Chetumal-Villa hermosa, utilizado para el acarreo de material por maquinaria pesada (camiones de volteo, tractocamiones).



Imagen 38. Despues de la extracción asi es como se ve el banco de material imagen tomada por un dron

Imagen 39: En siguiente imagen podemos observar que la parte de frente hay explotación en banco de préstamo, donde se observa material pétreo breña expuesto tras trabajos de explotación y excavación. El terreno presenta una conformación irregular y fracturada, característico de procesos mecánicos de extracción. Al fondo, se mantiene la cobertura vegetal, delimitando el área intervenida y asegurando la conservación del entorno natural.



Imagen 39. Volumen de material almacenado en este caso piedra y breña (terraplén con explosivos)

Imagen 40: La imagen nos muestra actividad nocturna en zona de carga de material pétreo, donde se observa el trabajo simultáneo de cargadores frontales y camiones de volteo para el acarreo de material. La operación se desarrolla en condiciones de baja visibilidad, empleando iluminación artificial como parte de las estrategias logísticas para mantener la continuidad de la explotación, acarreo y suministro de material.



Imagen 40. Carga de materiales sub-balasto

Imagen 41: En la imagen podemos observar una excavadora hidráulica realizando labores de carga sobre acopios de material triturado en cantera. La imagen evidencia el proceso operativo en sitio, mostrando tanto el volumen de producción como la intervención mecánica directa en la manipulación del material.

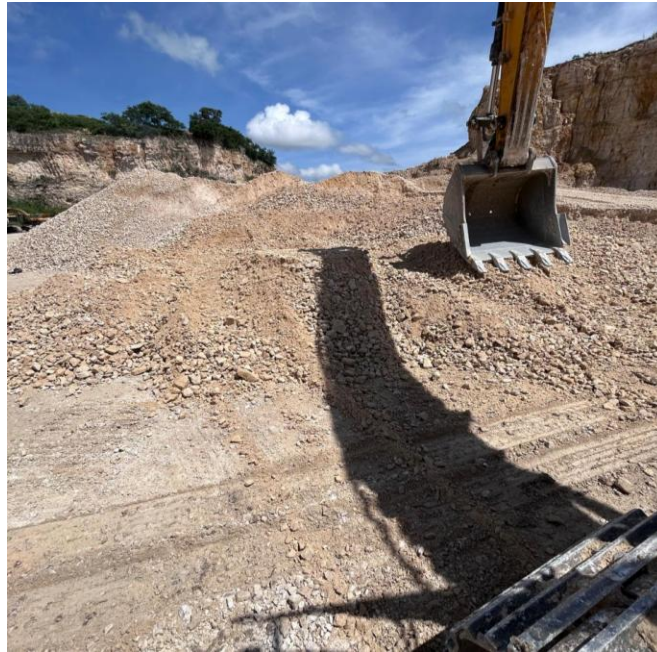


Imagen 41. almacén de sub-rasante

Imagen 42: En la imagen podemos observar la operación en banco de material destinado al suministro de agregados pétreos para el proyecto del Tren Maya, donde se observa el proceso de trituración, selección y carga mediante maquinaria pesada, como parte de las actividades de explotación y logística en obra.

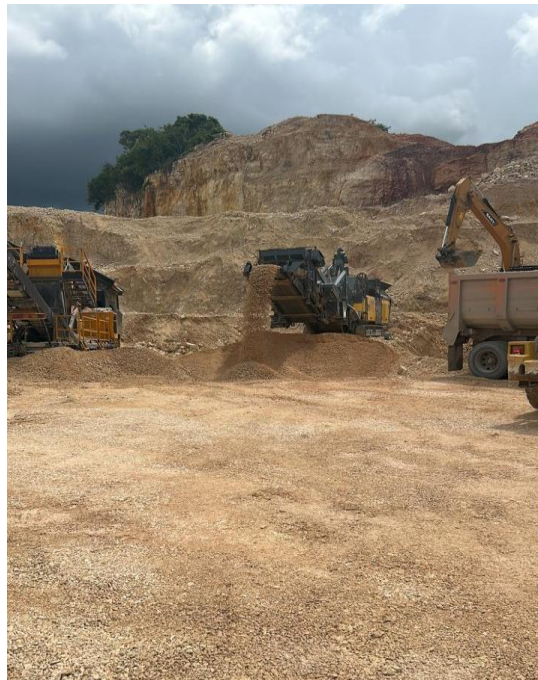


Imagen 42. Producción de sub-rasante

Imagen 43: Podemos observar la extracción y carga de material pétreo en banco de suministro para el proyecto del Tren Maya, mediante excavadora y tractocamiones tipo góndola, como parte del proceso logístico de acopio y acarreo hacia los frentes de obra.



Imagen 43. Carga de material de piedra y breña

Imagen 44: Vista general del banco de material durante actividades de extracción al atardecer, en apoyo a los trabajos de suministro pétreo para el frente. Se observa el tránsito de camiones de acarreo sobre la plataforma superior esperando su turno para poder cargar material de manera ordenada como se tenía planeado en la logística.



Imagen 44. Organización de camiones para evitar accidentes, percances, contratiempos y retrasos

Imagen 45: Proceso simultáneo de trituración y carga en banco de material, donde se observa maquinaria especializada alimentando y operando plantas trituradoras móviles. El material procesado se acopia en sitio o se carga directamente en camiones para su traslado, optimizando el flujo de producción.



Imagen 45. Producción de sub-balasto

Imagen 46: Zona de acopio de material triturado clasificado por granulometría. Las pilas reflejan una organización operativa para su posterior carga y transporte, permitiendo mantener un flujo constante y controlado en la producción.



Imagen 46. Almacén de sub-balasto

Imagen 47: Vista panorámica de un banco de materiales en plena operación, donde se evidencia la coordinación logística entre maquinaria de carga, trituración y acarreo. La fila de camiones de volteo en espera destaca la eficiencia del sistema de extracción y transporte de materiales.



Imagen 47. Carga y organización de góndolas y volteos para un trabajo eficiente

Conclusiones

El Tren Maya es un proyecto de infraestructura ferroviaria de gran magnitud que tiene como objetivo primordial mejorar la conectividad en el sureste de México, específicamente en los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Este proyecto busca impulsar el desarrollo económico, turístico y social de una región históricamente menos favorecida en términos de infraestructura. Su construcción no solo requiere soluciones técnicas avanzadas, sino también un enfoque integral que minimice los impactos ambientales y sociales, garantizando que los beneficios de la obra se distribuyan equitativamente entre las comunidades locales. La construcción de este tren presenta múltiples desafíos desde el punto de vista de la ingeniería civil, especialmente en lo que respecta a la construcción de las vías férreas en terrenos kársticos. El suelo de la península de Yucatán, caracterizado por formaciones de rocas calizas, presenta retos geotécnicos significativos debido a su permeabilidad y propensión a la formación de cavernas y sumideros. Esto requiere un enfoque innovador en la planificación y construcción de las vías, así como el uso de tecnologías específicas para garantizar la estabilidad de la infraestructura. Uno de los aspectos más relevantes del proyecto es la explotación de materiales pétreos que serán utilizados para la construcción de las vías. Estos materiales son esenciales para garantizar la estabilidad, seguridad y durabilidad de las vías, así como para minimizar las deformaciones y la necesidad de mantenimiento. La calidad de estos materiales debe ser óptima, ya que las propiedades físicas y mecánicas de los agregados afectan directamente la resistencia y la capacidad de absorción de agua, especialmente en suelos kársticos. La identificación, evaluación y explotación responsable de los bancos de materiales en la región son fundamentales para asegurar que estos recursos cumplan con los estándares requeridos. El Tren Maya enfrenta además desafíos logísticos significativos debido a la magnitud del proyecto y la ubicación remota de algunas zonas, lo que requiere una planificación detallada y una gestión eficaz de los recursos. La logística es crucial para garantizar que los materiales necesarios para la construcción lleguen a tiempo y en las condiciones adecuadas, evitando retrasos que puedan afectar el cronograma general del proyecto. En este sentido, el manejo adecuado de las rutas de transporte y la coordinación de los tiempos de entrega son factores determinantes para el éxito de la obra.

La Explotación de Bancos de Materiales

Uno de los aspectos clave en la construcción de la infraestructura del Tren Maya es la extracción y suministro de materiales pétreos de alta calidad. Los bancos de materiales en la región de Quintana Roo son una fuente vital para el proyecto, ya que proporcionan los insumos necesarios para la construcción de las vías. Sin embargo, la explotación de estos recursos no está exenta de desafíos logísticos, ambientales y sociales. El acceso a los bancos de materiales es uno de los factores más importantes para garantizar la eficiencia del proyecto. La ubicación de estos bancos de materiales y las rutas de acceso deben ser cuidadosamente planificadas, especialmente en una región donde la infraestructura vial es limitada. La falta de caminos adecuados puede generar retrasos, aumentar los costos de transporte y aumentar el riesgo de accidentes durante el traslado de materiales. Es necesario contar con rutas alternas que permitan una circulación segura y eficiente, minimizando el impacto en las comunidades cercanas y reduciendo el tiempo de traslado de los materiales. El cumplimiento de las normativas de calidad es crucial en la explotación de bancos de materiales, ya que las propiedades físicas y químicas de los materiales pétreos deben cumplir con ciertos estándares para asegurar la durabilidad y resistencia de la infraestructura del tren. Las propiedades de los materiales, como su resistencia a la fragmentación y abrasión, son determinantes para garantizar la estabilidad de las vías a largo plazo. Además, es necesario que las operaciones de extracción estén sujetas a un monitoreo constante para verificar que los materiales extraídos cumplan con las especificaciones requeridas, y que la actividad se realice de manera sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Clima y Comportamiento de los Materiales

El clima tropical de Quintana Roo, caracterizado por altas temperaturas, alta humedad y lluvias constantes, tiene un impacto significativo sobre el comportamiento de los materiales pétreos. Las condiciones climáticas aceleran la meteorización de las rocas, lo que puede alterar sus propiedades físicas y químicas. Es necesario tomar medidas preventivas para conservar la calidad de los materiales durante su extracción, almacenamiento y transporte, garantizando que los mismos mantengan sus propiedades óptimas para su uso en la construcción.

Logística de Transporte

El transporte de los materiales desde los bancos de extracción hasta los sitios de construcción es uno de los mayores desafíos logísticos del proyecto. La infraestructura vial limitada en muchas zonas de la región aumenta los tiempos de traslado y los costos asociados. Para optimizar la logística, es esencial identificar las rutas más eficientes que minimicen el tiempo y el costo de transporte, al mismo tiempo que se eviten daños a las comunidades y al medio ambiente. Durante la temporada de lluvias, el clima puede complicar aún más las operaciones de transporte, lo que requiere una planificación flexible y adaptativa para asegurar que los materiales lleguen a tiempo. La explotación de bancos de materiales en la región de Quintana Roo es una necesidad técnica y económica para el desarrollo del Tren Maya. La proximidad de los bancos de materiales a los sitios de construcción permite reducir los costos de transporte y optimizar el tiempo de entrega, lo que tiene un impacto directo en el presupuesto y los plazos del proyecto. Además, la disponibilidad local de estos materiales de alta calidad reduce la dependencia de recursos externos, lo que resulta en una mayor eficiencia económica y menor huella de carbono. Desde el punto de vista social, la explotación de materiales puede generar empleo directo e indirecto en las comunidades cercanas, impulsando la economía local. Además, la construcción de infraestructura vial y servicios asociados a la extracción de materiales beneficia a las comunidades en términos de desarrollo y conectividad. La explotación de bancos de materiales no solo tiene beneficios técnicos y económicos, sino también sociales. La creación de empleos en las comunidades locales es uno de los aspectos más importantes. Además, el aumento de la actividad económica derivada de la extracción de materiales beneficia a las empresas proveedoras locales y a los servicios asociados, como transporte, maquinaria y alimentación. El Tren Maya, como proyecto estratégico para el desarrollo del sureste de México, representa una oportunidad única para mejorar la conectividad regional, impulsar el turismo, el comercio y la integración de comunidades. La explotación de los bancos de materiales en la región contribuye al éxito de este proyecto al asegurar el suministro de recursos locales que son esenciales para la construcción de la infraestructura ferroviaria.

El Tren Maya es un proyecto de gran trascendencia para México, y su éxito depende en gran medida de la correcta planificación, ejecución y supervisión de las distintas fases del proyecto, incluida la explotación de materiales pétreos. La extracción responsable de estos recursos, con un enfoque en la sostenibilidad y el cumplimiento de las normativas ambientales, es esencial para garantizar que el proyecto no solo sea exitoso desde el punto de vista técnico y económico, sino que también beneficie a las comunidades locales y respete el entorno natural. La clave para el éxito de la explotación de bancos de materiales en la región radica en una planificación integral que considere la ubicación, el acceso, la calidad de los materiales, el impacto ambiental, la logística de transporte y el cumplimiento de las normativas de calidad. Al aplicar estas estrategias de manera responsable y eficiente, el Tren Maya puede convertirse en un motor de desarrollo para el sureste de México, promoviendo el progreso económico, la conectividad regional y la integración de las comunidades a través de una infraestructura ferroviaria moderna y sostenible.

Anexos

Anexo 1 Estudio Técnico del Banco de Materiales – Banco Juan Sarabia

1. Identificación del Banco

Nombre del banco: Banco Juan Sarabia

Ubicación: Municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo

Coordenadas UTM:

- Latitud: 18°30'58.98"N

- Longitud: 88°28'58.37"O

Localidad: Juan Sarabia

Propietario o tenedor legal del predio: Ejido Juan Sarabia

Superficie estimada del banco: 8.5 hectáreas

Altura promedio de corte: 20 m

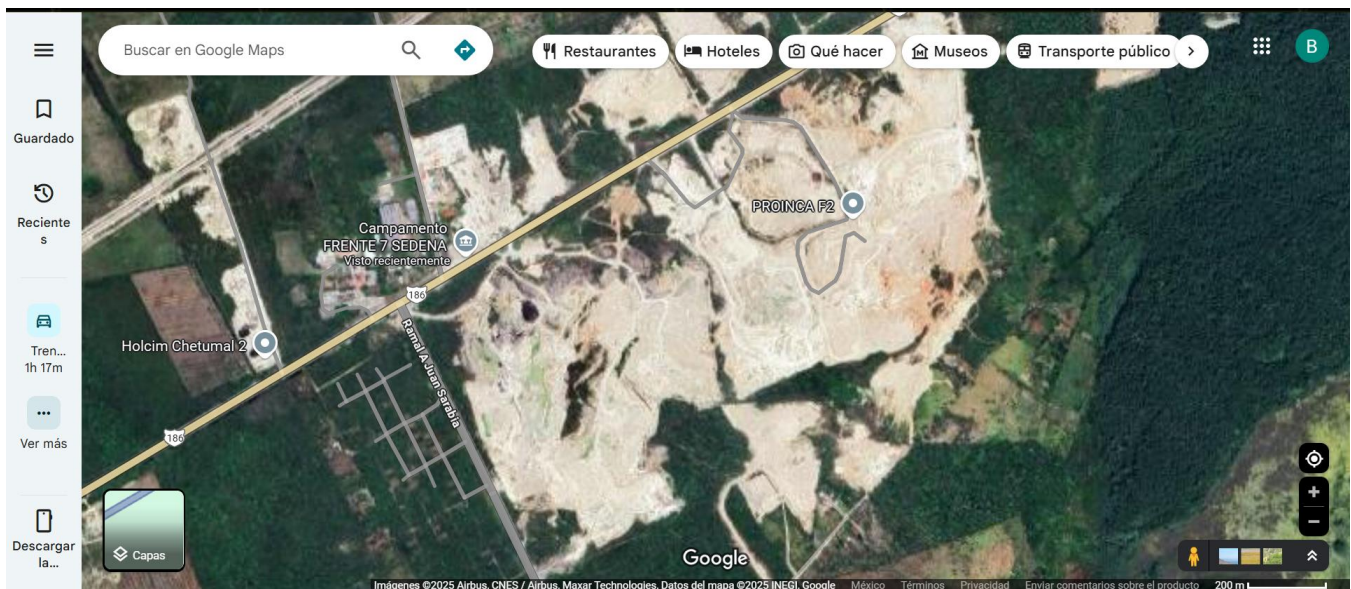


Imagen 48. Imagen satelital del banco Juan Sarabia

2. Características Geológicas

Tipo de material predominante: Caliza compacta y parcialmente fracturada

Textura: Granular media, adecuada para procesos de trituración y cribado

Color: Gris claro a blanco

Humedad natural promedio: 6.2%

Material orgánico: Presencia mínima, menor al 1%

Presencia de inclusiones: Algunas vetas de arcilla calcárea sin afectación significativa

3. Calidad del Material

Pruebas de laboratorio en muestras representativas:

- Granulometría: Bien graduada (N-CMT-4-04-002/02)

- Equivalente de arena: 62% (N-CMT-4-04-008/02)

- Desgaste de Los Ángeles: 28% (N-CMT-4-04-005/02)

- Límite líquido: 22% (NMX-C-077-ONNCCE)

- Contenido de finos (<0.075mm): 5.3% (NMX-C-111-ONNCCE)

Conclusión: Material apto para terracerías, bases hidráulicas y capas estructurales de pavimento.



Imagen 49. Imagen del material producido

4. Estimación de Volumen Aprovechable

Área útil de explotación: 7.2 hectáreas

Profundidad promedio de extracción: 20 m

Volumen estimado total: 252,000 m³

(Suficiente para cubrir la demanda por 8 a 10 meses)

5. Método de Explotación

Tipo: A cielo abierto, con frentes descendentes

Equipamiento:

- Retroexcavadora y cargador frontal (3–4 m³)
- Trituradora móvil, cribas vibratorias
- Camiones tipo torton y doble remolque

Proceso:

1. Despalme y retiro de capa vegetal
2. Corte y extracción
3. Carga y acarreo
4. Cribado/triturado

6. Accesibilidad y Logística

Distancia al frente de obra : 14.8 km

Tipo de camino: Terracería compactada con conexión a vía federal

Tiempo estimado de acarreo: 10–20 minutos por viaje.

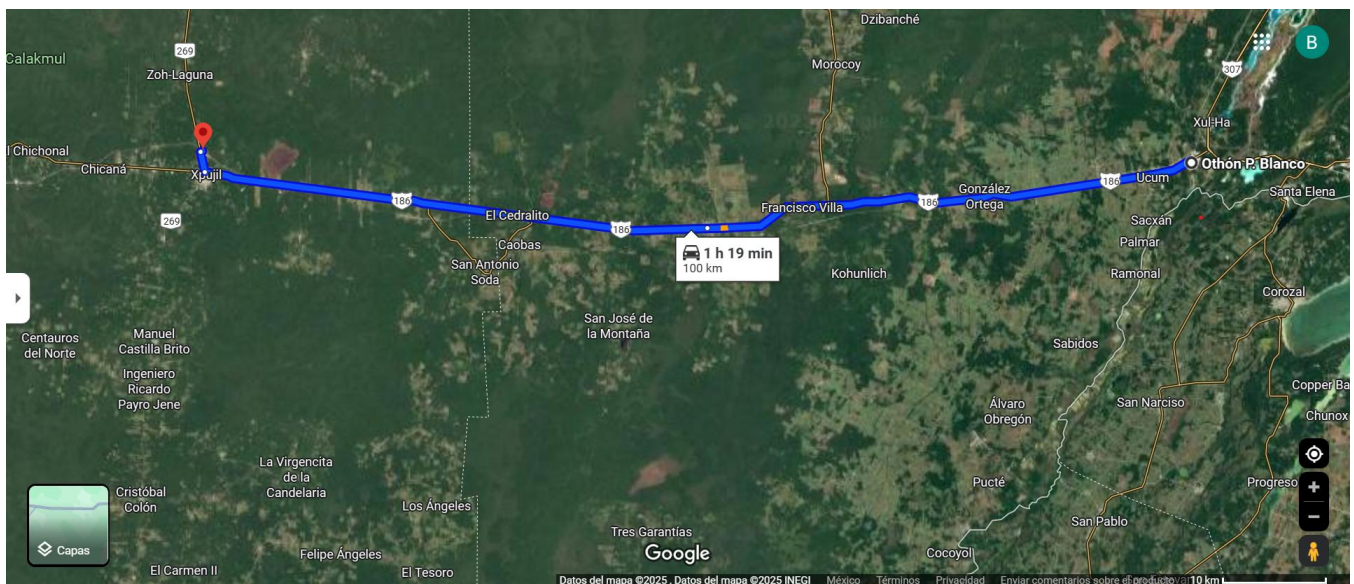


Imagen 50. Imagen satelital de ruta de camiones

Medidas:

- Control de polvo con riego
- Acopio de capa vegetal para reforestación
- Protección de fauna local
- Reposición de vegetación al finalizar

7. Conclusiones Técnicas

El banco Juan Sarabia cumple con los requisitos técnicos, normativos y ambientales para su uso. Material de buena calidad, cercano al frente de obra, con logística viable y permisos vigentes.

Anexo 2. Estudio Técnico del Banco de Materiales – Campo de Tiro Ucum

1. Identificación del Banco

Nombre del banco: Banco Campo de Tiro Ucum

Ubicación: Municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo

Coordenadas UTM:

- Latitud: 18°30'29.15" N

- Longitud: 88°30'24.76" O

Localidad cercana: Ucum

Propiedad del predio: Privado

Superficie total estimada del banco: 6.7 hectáreas

Área útil de explotación: 5.9 hectáreas

Altura promedio de corte: 12 m



Imagen 51. Imagen aérea de banco campo de tiro Ucum

2. Características Geológicas

Tipo de material predominante: Caliza blanda y arcillosa

Textura: Fina a media, de fácil extracción y manejo

Color: Blanco amarillento a beige

Humedad natural promedio: 5.7%

Material orgánico: Menor al 2%

3. Calidad del Material

Pruebas de laboratorio reflejan:

- Granulometría: Mal gradada (N-CMT-4-04-002/02)
- Equivalente de arena: 54% (N-CMT-4-04-008/02)
- Desgaste de Los Ángeles: 34% (N-CMT-4-04-005/02)
- Límite líquido: 29% (NMX-C-077-ONNCCE)
- Contenido de finos (<0.075mm): 7.2% (NMX-C-111-ONNCCE)

Conclusión: Útil para capas inferiores, subrasantes y rellenos compactados. Se sugiere mezcla para bases.



Imagen 52. Imagen del material del banco

4. Estimación de Volumen Aprovechable

Área útil de explotación: 59,000 m²

Profundidad promedio: 12 m

Volumen estimado total: 165,200 m³

5. Método de Explotación

Extracción con voladura, por bancos horizontales.

Equipamiento:

- Retroexcavadoras, palas mecánicas, cargadores
- Camiones de volteo
- Cribas y acopios temporales

Fases operativas:

1. Despalme y limpieza
2. Extracción directa
3. Clasificación o mezcla
4. Acarreo



Imagen 53. Imagen de maquinaria laborando

6. Accesibilidad y Logística

Distancia al frente de obra: 11.3 km

Acceso: Terracería compactada con conexión a vía federal

Tiempo de carga promedio: 15–18 minutos por unidad

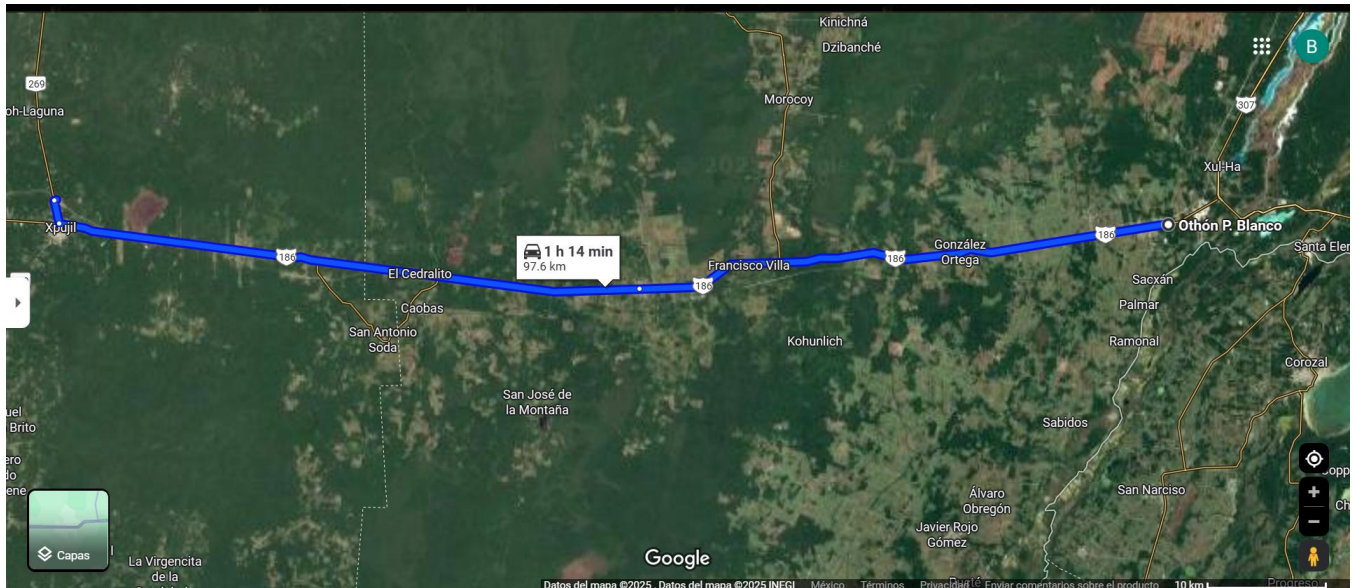


Imagen 54. Imagen de ruta de banco campo de tiro Ucum – frente 3

7. Conclusiones Técnicas

Banco viable para materiales de relleno y capas inferiores del Tren Maya.

Cercano al frente de obra y de fácil explotación.

Se recomienda mezcla para materiales estructurales.

Medidas:

- Control de polvo con riego
- Acopio de capa vegetal para reforestación
- Protección de fauna local
- Reposición de vegetación al finalizar

Conclusión

El banco campo de tiro Ucum cumple con los requisitos técnicos, normativos y ambientales para su uso. Material de buena calidad, cercano al frente de obra, con logística viable y permisos vigentes.

Anexo 3. Proceso Técnico de la Voladura en Bancos de Materiales

1. Objetivo

Realizar una voladura controlada en el banco de materiales con el fin de fragmentar la roca caliza compacta, optimizando la extracción, carga y acarreo del material pétreo requerido para los frentes de obra.

2. Condiciones Geotécnicas del Banco

- Tipo de roca: Caliza compacta (alta densidad, baja porosidad)
- Resistencia a la compresión: 90–120 MPa
- Fracturamiento natural: Escaso, bloques grandes
- Profundidad promedio de corte: 3.5 m
- Altura del banco: 6 m
- Inclinação del talud: 70°–75°

3. Diseño de Voladura

Parámetros típicos:

- Diámetro de barreno: 2" (50 mm)
- Profundidad del barreno: 5.5 – 6.0 m
- Espaciamiento entre barrenos (S): 1.5 – 2.0 m
- Distancia entre filas (B): 2.0 – 2.5 m
- Número de filas: 2 a 4 según el frente
- Carga específica: 0.25 – 0.35 kg/m³
- Burden: 1.2 – 1.5 m

4. Explosivos Utilizados

- Tipo principal: ANFO (Nitrato de Amonio y Fuel Oil)
- Iniciadores: Detonadores eléctricos No. 8 y cordón detonante 10–15 g/m
- Cebo primario: Emulsión encartuchada de alta potencia
- Distribución: Carga columna + carga de fondo

5. Fases del Proceso de Voladura

a. Perforación

- Se ejecuta con perforadora neumática o hidráulica montada en orugas
- Patrón establecido según diseño
- Se verifica profundidad y alineación con varilla de medición

b. Carga

- El explosivo se introduce en el barreno de forma controlada
- Se coloca la carga de fondo (cebo) y el resto se rellena con ANFO
- Se sella con taco de arcilla o grava

c. Conexionado

- Se instalan retardos eléctricos o NONEL por fila
- Se revisan conexiones y continuidad eléctrica con galvanómetro

d. Voladura

- Se evacúa personal a zona segura (300–500 m según carga)
- Se realiza conteo regresivo con bocina o megáfono
- Se detona de forma controlada y se verifica disipación de polvo

e. Post-voladura

- Inspección del área por seguridad
- Recolección de material sin fragmentar (bloques)
- Verificación de fragmentación promedio (ideal: <30 cm)
- Inicio de carga de material con maquinaria

6. Medidas de Seguridad

- Personal capacitado y autorizado
- Señalización y delimitación de zona de peligro
- Coordinación con autoridades locales y protección civil
- Bitácora de voladura y reporte diario con firma responsable
- Uso obligatorio de EPP

7. Control de Impactos

- Vibración: retardos y patrón en zigzag

- Proyecciones: burden correcto y taco adecuado

- Polvo: riego antes y después

- Monitoreo sísmico en zonas sensibles

8. Conclusión Técnica

La voladura controlada es indispensable en bancos con roca caliza de alta resistencia. Su correcta ejecución permite una extracción segura y eficiente, reduciendo costos y riesgos.

- Fragmentación adecuada del material
- Aumento de la productividad en la carga
- Optimización de costos por tonelada extraída
- Seguridad del personal y del entorno

Parámetro	Valor típico
Diámetro de barreno	2" (50 mm)
Profundidad de barreno	5.5 – 6.0 m
Espaciamiento entre barrenos (S)	1.5 – 2.0 m
Distancia entre filas (B)	2.0 – 2.5 m
Burden	1.2 – 1.5 m
Carga específica	0.25 – 0.35 kg/m ³
Número de filas	2 a 4

Tabla 8. Parámetros de Diseño de Voladura

Anexo 4. Medidas de Seguridad en Voladuras y Explotación de Bancos de Materiales

1. Objetivo

Establecer las medidas de seguridad necesarias para garantizar la integridad del personal, equipo y medio ambiente durante las actividades de perforación, voladura y explotación de bancos de materiales pétreos en el marco del proyecto.

2. Identificación de Riesgos

- Proyección de fragmentos de roca (flyrock)
- Vibraciones excesivas y ondas expansivas
- Presencia de gases tóxicos tras la detonación
- Ruido y polvo suspendido
- Acceso no autorizado a la zona de voladura
- Riesgo de incendio o detonación accidental

3. Medidas de Seguridad Generales

- Capacitación del personal involucrado en técnicas de voladura y primeros auxilios.
- Señalización visible de la zona de voladura, incluyendo letreros de “Peligro”, “Zona de Exclusión” y rutas de evacuación.
- Uso obligatorio de equipo de protección personal (EPP): casco, lentes, tapones auditivos, chaleco reflejante, botas con casquillo y guantes.
- Bitácora diaria de actividades y condiciones del banco firmada por el responsable técnico.

4. Procedimientos Previos a la Voladura

- Verificación del diseño del patrón de perforación y carga.
- Revisión eléctrica de detonadores y líneas de conexión.
- Asegurar que no haya personal ajeno en un radio mínimo de 300 m.
- Coordinación con cuerpos de seguridad y protección civil si el banco se encuentra cerca de comunidades.

5. Durante la Voladura

- Uso de megáfono o sirena para anunciar la detonación con cuenta regresiva (ej. 5 minutos – 1 minuto – 10 segundos).
- Observación desde un punto seguro con visibilidad completa del frente.
- Realización de disparo únicamente por personal autorizado.

6. Posterior a la Voladura

- Verificación del área para detectar explosivos no detonados.
- Permitir el acceso hasta que los gases hayan sido disipados completamente.
- Documentar el resultado: fragmentación, vibraciones y seguridad observada.
- Retiro de testigos, revisión del entorno, y validación del diseño de la próxima voladura.

7. Seguridad en la Explotación del Banco

- Mantenimiento constante de taludes y bermas para evitar deslizamientos.
- Supervisión de zonas inestables y desmonte de rocas sueltas.
- Separación de rutas de maquinaria de carga y acarreo.
- Operación de equipos únicamente por personal capacitado.

8. Supervisión y Normatividad

- Cumplimiento con la NOM-023-STPS-2012
- Supervisión continua por parte del residente de obra y el técnico en seguridad.
- Auditorías internas para detectar desviaciones y establecer acciones correctivas.

Anexo 5. Reporte de acarreo de material (semanal)

Nombre del proyecto: suministro de material para tren maya tramo 7 frente 3

Fecha del reporte: 15 de julio al 20 de julio 2024

Nombre del encargado:-----

Nombre del banco: campo de tiro

Localidad: Ucum

Material: piedra y terraplén con voladura (breña)

Fecha	Volumen de material	Volumen de material
	Piedra	Terraplén con voladura (breña)
15/07/24	28	-
16/07/24	294	-
17/07/24	-	-
18/07/24	-	576
19/07/24	-	268
20/07/24	-	-
total	322	844

Tabla 9. Reporte semanal

Volumen total acarreados : 1166 m³

Incidentes reportados : sin novedad

Observaciones:

Anexo 6. Reporte de acarreo de material (semanal)

Nombre del proyecto: suministro de material para tren maya tramo 7 frente 3

Fecha del reporte: 05 de agosto al 10 de agosto 2024

Nombre del encargado:-----

Nombre del banco: Juan Sarabia

Localidad: Juan Sarabia

Material: sub-balasto y sub-rasante

Fecha	Volumen de material	Volumen de material
	Sub-balasto	Sub-rasante
05/08/24	496	176
06/08/24	330	160
07/08/24	198	-
08/08/24	-	-
09/08/24	394	164
10/08/24	154	-
total	1572	500

Tabla 10 . Reporte semanal

Volumen total acarreados : 2072 m³

Incidentes reportados : fallas mecánicas de la excavadora el día jueves 8 de agosto del 2024.

Observaciones:

Anexo 7. Control de acarreo de material

Nombre del proyecto: suministro de material para tren maya tramo 7 frente 3

Fecha del reporte: 12 de agosto 2024 N° de hojas: 4

Nombre del encargado:-----

Nombre del banco: campo de tiro

Localidad: Ucum

Material: piedra

Nombre del operador	Destino	N° volquete	N° de placas	Material	Volumen m³	Hora de salida
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	07:21
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	07:29
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	07:37
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	07:39
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	08:15
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	08:19
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	08:26
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	08:31
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	08:38
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	09:00
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	09:31
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	09:36
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	09:44
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	09:48
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	09:56
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	10:05
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	10:15
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	10:29
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	10:32
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	10:40
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	10:48
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	11:02
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	11:08
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	11:13

Tabla 11 . control de material

Nombre del operador	Destino	N° volquete	N° de placas	Material	Volumen m³	Hora de salida
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	11:16
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	11:21
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	11:28
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	11:39
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	11:49
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	11:55
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	12:04
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	12:10
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	12:20
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	12:25
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	12:34
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	12:41
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	12:45
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	12:53
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	13:02
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	13:08
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	13:13
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	13:25
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	13:31
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	13:39
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	13:46
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	13:55
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	13:58
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	14:04
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	14:11
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	14:17
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	14:23
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	14:27
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	14:43
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	14:49
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	15:00
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	15:11
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	15:15
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	15:21

Tabla 12 . control de material

Nombre del operador	Destino	N° volquete	N° de placas	Material	Volumen m³	Hora de salida
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	15:31
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	15:45
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	15:55
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	15:59
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	16:18
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	16:27
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	16:30
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	16:37
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	16:46
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	16:46
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	16:52
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	17:02
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	17:08
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	17:28
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	17:30
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	17:35
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	17:41
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	17:50
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	17:59
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	18:05
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	18:11
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	18:16
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	18:23
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	18:25
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	18:41
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	18:47
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	18:47
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	18:49
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	18:49
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	18:58
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	19:04
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	19:21
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Piedra	14	19:23

Tabla 13 . control de material

Volumen total acarreados : 1260 m³

Incidentes reportados : ninguno

Observaciones: carga constante

Anexo 8. Control de acarreo de material

Nombre del proyecto: suministro de material para tren maya tramo 7 frente 3

Fecha del reporte: 12 de agosto 2024 N° de hojas: 2

Nombre del encargado:-----

Nombre del banco: campo de tiro

Localidad: Ucum

Material: breña

Nombre del operador	Destino	N° volquete	N° de placas	Material	Volumen m³	Hora de salida
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	08:12
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	8:13
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	8:18
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	8:21
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	8:39
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	8:44
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	9:12
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	9:42
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	10:37
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	10:42
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	10:43
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	10:53
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	11:06
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	11:06
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	11:55
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	12:30
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	12:40
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	13:00
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	13:05
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	13:11
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	13:15
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	14:18
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	14:22
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	14:23

Tabla 14 . control de material

Nombre del operador	Destino	N° volquete	N° de placas	Material	Volumen m³	Hora de salida
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	14:44
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	14:49
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	14:56
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	15:13
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	15:30
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	16:14
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	16:17
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	16:25
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	17:09
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	17:12
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	17:32
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	17:40
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	17:48
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	18:00
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	18:04
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	18:10
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	18:19
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	18:19
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	18:22
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	18:24
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Breña	14	18:35

Tabla 15 . control de material

Volumen total acarreados : 630 m³

Incidentes reportados : ninguno

Observaciones: carga constante

Anexo 8. Control de acarreo de material

Nombre del proyecto: suministro de material para tren maya tramo 7 frente 3

Fecha del reporte: 05 de Septiembre 2024 N° de hojas:

Nombre del encargado:-----

Nombre del banco: Juan Sarabia

Localidad: Juan Sarabia

Material: sub-balasto

Nombre del operador	Destino	N° volquete	N° de placas	Material	Volumen m³	Hora de salida
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	7:43
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	35	8:23
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	8:36
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	8:46
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	8:56
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	9:06
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	9:16
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	9:26
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	9:36
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	9:46
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	9:56
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	10:06
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	10:10
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	10:28
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	10:40
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	12:17
Reservado	F3	Reservado	Reservado	Sub-balasto	30	14:27

Tabla 16 . control de material

Volumen total acarreados : 515 m³

Incidentes reportados : ninguno

Observaciones: carga constante por la mañana y por la tarde no hubo movimiento

bibliografías

Guía del Tren Maya. (Dakota del Norte). *Tramo 7 del Tren Maya*. <https://gu.do/tra-7-del-tren-maya/>

Google Earth

E., López Jimeno, C., & García Jimeno, J. (1995). *Voladura de rocas: Principios y aplicaciones* (3ra ed.). McGraw-Hill. APA BIEN

Hernández, J., & López, M. (2015). *Gestión de la maquinaria pesada en proyectos de construcción*. Editorial Técnica Mexicana.

González, F., & Rivera, A. (2017). *Maquinaria y equipos para la construcción de grandes obras de infraestructura*. Editorial Universitaria.

Ramos, P. (2016). *Control de calidad en la minería y la explotación de materiales pétreos*. Editorial Ingeniería.

Artículos Académicos:

Martínez, P. (2019). "Impacto del movimiento de maquinaria en la eficiencia de proyectos de construcción: un análisis de casos." *Revista de Ingeniería Civil*, 45(2), 112-130. <https://doi.org/10.1002/j.eng.2019>

Ramírez, C., & García, V. (2020). "Logística de la maquinaria en grandes obras de infraestructura: el caso del Tren Maya." *Journal of Construction Management*, 32(4), 275-289. <https://doi.org/10.1002/j.jcm.2020>

Pérez, L., & Torres, S. (2018). "Control de calidad en la extracción de materiales pétreos para obras de infraestructura." *Revista de Materiales y Construcción*, 67(3), 151-162. <https://doi.org/10.1016/j.matcon.2018.04.008>

Normativas y Regulaciones Oficiales:

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). (2020). *Normas Técnicas para la construcción y operación de infraestructura ferroviaria*. Gobierno de México.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2019). *Reglamento de impacto ambiental para grandes proyectos de infraestructura*. Gobierno de México.

Dirección General de Normas (DGN). (2021). *Norma Oficial Mexicana NOM-140-SEMARNAT-2003, que establece los criterios para la explotación de materiales pétreos*. Diario Oficial de la Federación.

Informes y Documentos de Proyectos:

Tren Maya. (2021). *Informe de avances y planificación en la construcción del Tren Maya*. Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), México.

Gobierno de México. (2021). *Estudio de impacto ambiental del Tren Maya*. SEMARNAT.

Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA). (2021). *Estudio de factibilidad y logística para la explotación de bancos de materiales para el Tren Maya*. Informe Técnico.

Tesis y Documentos de Investigación:

Rodríguez, M. (2020). Evaluación logística en el manejo de maquinaria pesada para grandes proyectos de infraestructura. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de México.

Torres, L. (2021). Análisis de la planificación y movimiento de maquinaria en proyectos ferroviarios. Tesis doctoral, Instituto Politécnico Nacional.

Sánchez, V. (2021). Control de calidad en la explotación de bancos de materiales: Caso Tren Maya. Tesis de ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Sitios Web y Fuentes en Línea:

FONATUR. (2021). "Avances y planificación del Tren Maya." Recuperado de: www.fonatur.gob.mx

Gobierno de México. (2021). "Impacto ambiental y regulación en proyectos ferroviarios." Recuperado de: www.gob.mx

INEGI. (2021). "Estadísticas sobre explotación de materiales pétreos en México." Recuperado de: www.inegi.org.mx