CONTRATO NO. S-CON-16-2024-X-0

“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”

INFORME DE FUENTE DE MATERIALES



Kawsus

CONSULTORÍA Y ASESORÍA

Kawsus
CONSULTORÍA, ASESORÍA Y CONSTRUCCIÓN

PREFECTURA DEL GUAYAS

PROYECTO:

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS."

INFORME DE FUENTE DE MATERIALES

ABRIL-2025

Cliente:	**PREFECTURA DEL GUAYAS**
Proyecto:	“ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS.”
Documento:	KAW-PGY-INF-FMT-001
Título:	INFORME DE FUENTE DE MATERIALES

Preparó:	KAWSUS CIA LTDA.	Kawsus CONSULTORÍA Y ASESORÍA
Preparó:	Ing. Mario Almache ESPECIALISTA GEOTÉCNICO Y PAVIMENTOS	Firmado electrónicamente por: LUIS MARIO ALMACHE SANCHEZ Validar únicamente con FirmaEC
Revisó	Ing. Danilo Bustos DIRECTOR DE PROYECTO	Firmado electrónicamente por: CRISTIAN DANILO BUSTOS CABRERA Validar únicamente con FirmaEC
Aprobó:	Ing. Byron Chacha ADMINISTRADOR DEL CONTRATO	Firmado electrónicamente por: BYRON RODRIGO CHACHA CABRERA Validar únicamente con FirmaEC

CONTROL DE CAMBIOS	
Rev. 00	
Rev. 00	

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. GENERALIDADES 8
   1.1 Antecedentes 8
   1.2 Ubicación General 9
2. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS 11
   2.1 Objetivo General 11
   2.2 Objetivos Específicos 11
3. TRABAJOS REALIZADOS 11
   3.1 Identificación de posibles fuentes de materiales 11
   3.2 Inspección de campo 12
      3.2.1 Cantera “Juan Pablo 1 (Borcorns-Ordoñez)” 13
      3.2.2 Cantera “Paraíso” 14
      3.2.3 Cantera “Petrillo” 14
      3.2.4 Cantera “Jerusalén” 15
      3.2.5 Cantera “Cerro 4” 16
      3.2.6 Fuentes de libre aprovechamiento 16
   3.3 Toma de muestras y ensayos de laboratorio realizados 18
      3.3.1 Ensayo de Granulometría 19
      3.3.2 Ensayo de Contenido de Humedad 19
      3.3.3 Límites de Atterberg 20
      3.3.4 Ensayo de Proctor 20
      3.3.5 Ensayo de Índice de Soporte California (CBR) 20
      3.3.6 Ensayo de Clasificación del Suelo (SUCS) 20
      3.3.7 Ensayo de Abrasión 20
      3.3.8 Ensayo de Contenido Orgánico 21
      3.3.9 Ensayo de Sulfatos 21
   3.4 Aplicabilidad de los materiales según MOP-001-F 2002 21
      3.4.1 Mejoramiento de la subrasante 21
      3.4.2 Sub-bases 22
      3.4.3 Bases 23
4. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO 25
   4.1 Cantera “Juan Pablo 1 (Borcorns-Ordoñez)” 25
   4.2 Cantera “Paraíso” 27
   4.3 Cantera “Petrillo” 30
      4.3.1 Muestra de Base 31

4.3.2 Muestra de Mejoramiento 33
4.4 Cantera “Jerusalén” 36
4.5 Cantera “Cerro 4” 39
4.6 Fuentes de libre aprovechamiento 43
5. VALIDACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS FUENTES 47
5.1 Cantera “Juan Pablo 1 (Borcorns-Ordoñez)” 47
5.2 Cantera “Paraíso” 48
5.3 Cantera “Petrillo” 49
5.3.1 Muestra de base 49
5.3.2 Muestra de mejoramiento 50
5.4 Cantera “Jerusalén” 50
5.5 Cantera “Cerro 4” 51
5.6 Cantera “Las Piedras” 53
5.7 Cantera “Jerusalén Dos” 55
5.8 Cantera “Las Palmas” 57
5.9 Cantera “Paraíso de Villao” 57
6. ANALISIS TÉCNICO ECONÓMICO 59
7. EVALUACIÓN DE FUENTE DE ASFALTO 62
8. CONCLUSIONES 64
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1. Geoportal de Catastro Minero. 12
Figura 3-2. Ubicación de fuentes de materiales. 13
Figura 3-3. Cantera "Juan Pablo 1"..... 14
Figura 3-4. Cantera "Petrillo"..... 15
Figura 3-5. Cantera "Jerusalén". 15
Figura 3-6. Cantera "Cerro 4"..... 16
Figura 3-7. Fuente Las Piedras. 17
Figura 3-8. Fuente Jerusalén Dos. 17
Figura 3-9. Fuente Las Palmas. 18
Figura 3-10. Fuente Paraíso de Villao. 18
Figura 4-1. Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Borcorns – Ordoñez. 26
Figura 4-2. Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Borcorns – Ordoñez. 26
Figura 4-3. Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación para la muestra Borcorns – Ordoñez. 27
Figura 4-4. Límite líquido para la muestra de Paraíso..... 29
Figura 4-5. Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Paraíso. 29
Figura 4-6. Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Paraíso. 30
Figura 4-7. Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación para la muestra Paraíso..... 30
Figura 4-8. Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra de base Petrillo. 32
Figura 4-9. Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra de base Petrillo. .. 32
Figura 4-10. Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra de base Petrillo..... 33
Figura 4-11. Límite líquido para la muestra de mejoramiento Petrillo. 35
Figura 4-12. Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra de mejoramiento Petrillo. 35
Figura 4-13. Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra de mejoramiento Petrillo. 36
Figura 4-14. Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra de mejoramiento Petrillo. 36
Figura 4-15. Límite líquido para la muestra Jerusalén. 38
Figura 4-16. Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Jerusalén. 38
Figura 4-17. Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Jerusalén..... 39
Figura 4-18. Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra Jerusalén. 39
Figura 4-19. Límite líquido para la muestra Cerro 4. 41
Figura 4-20. Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Cerro 4..... 41
Figura 4-21. Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Cerro 4. 42
Figura 4-22. Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra Cerro 4..... 42
Figura 5-1. Verificación de granulometría para la muestra Borcorns - Ordoñez. 47
Figura 5-2. Verificación de granulometría para la muestra Paraíso..... 48
Figura 5-3. Verificación de granulometría para la muestra de base Petrillo. 49
Figura 5-4. Verificación de granulometría para la muestra de mejoramiento Petrillo.. 50

Figura 5-5. Verificación de granulometría para la muestra de Jerusalén. 51
Figura 5-6. Verificación de granulometría como sub-base para la muestra de Cerro 4. 52
Figura 5-7. Verificación de granulometría como sub-base para la muestra de Cerro 4. 52
Figura 5-8. Verificación de granulometría para Base para la muestra de Las Piedras. 53
Figura 5-9. Verificación de granulometría como Base para la muestra de Las Piedras después del paso por tamiz 2". 54
Figura 5-10. Verificación de granulometría para Subbase para la muestra de Las Piedras. 54
Figura 5-11. Verificación de granulometría como mejoramiento para la muestra de Las Piedras. 55
Figura 5-12. Verificación de granulometría como subbase para la muestra de Jerusalén Dos. 56
Figura 5-13. Verificación de granulometría como mejoramiento para la muestra de Jerusalén Dos. 56
Figura 5-14. Verificación de granulometría como mejoramiento para la muestra de Las Palmas. 57
Figura 5-15. Verificación de granulometría como subbase para la muestra de Paraíso de Villao. 58
Figura 5-16. Verificación de granulometría como mejoramiento para la muestra de Paraíso de Villao. 59
Figura 7-1. Especificaciones para mezclas asfálticas según MOP - 001-F 2002. 62
Figura 7-2. Granulometría obtenida mediante combinación de áridos en contraste con límites establecidos por la MOP - 001-F 2002. 63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Coordenadas inicio-fin vía 10
Tabla 3-1. Posibles fuentes de materiales delimitadas en base a la información recolectada del Geoportal de Catastro Minero. 12
Tabla 3-2. Resumen de muestras recolectadas para ensayos de laboratorio. 19
Tabla 3-3. Clasificación de la Sub-base según Granulometría 22
Tabla 3-4. Clase de Base según el porcentaje de Trituración. 23
Tabla 3-5. Recomendación sobre el uso de las diferentes clases de Base. 23
Tabla 3-6. Porcentaje de peso de Base Clase 1, 2, 3 y 4 pasante a través de los tamices. 24
Tabla 4-1. Granulometría de la muestra Borcorns - Ordoñez 25
Tabla 4-2. Humedad natural de la muestra Borcorns - Ordoñez. 25
Tabla 4-3. Clasificación de la muestra de Borcorns – Ordoñez 26
Tabla 4-4. Resultados de desgaste mecánico para la muestra Borcorns – Ordoñez. 27
Tabla 4-5. Granulometría de la muestra Paraíso. 28
Tabla 4-6. Humedad natural de la muestra Paraíso. 28
Tabla 4-7. Límites de Atterberg de la muestra de Paraíso. 28
Tabla 4-8. Clasificación de la muestra de Paraíso 29
Tabla 4-9. Resultados de desgaste mecánico para la muestra Paraíso. 30
Tabla 4-10. Granulometría de la muestra de base Petrillo. 31
Tabla 4-11. Humedad natural de la muestra de base Petrillo 31
Tabla 4-12. Clasificación de la muestra de base Petrillo. 31
Tabla 4-13. Resultados de desgaste mecánico para la muestra de base Petrillo. 33
Tabla 4-14. Granulometría de la muestra de mejoramiento Petrillo. 34
Tabla 4-15. Humedad natural de la muestra de base Petrillo 34
Tabla 4-16. Límites de Atterberg de la muestra de mejoramiento Petrillo. 34
Tabla 4-17. Clasificación de la muestra de mejoramiento Petrillo. 35
Tabla 4-18. Resultados de desgaste mecánico para la muestra de mejoramiento Petrillo. 36
Tabla 4-19. Granulometría de la muestra Jerusalén 37
Tabla 4-20. Humedad natural de la muestra Jerusalén. 37
Tabla 4-21. Límites de Atterberg de la muestra Jerusalén. 37
Tabla 4-22. Clasificación de la muestra Jerusalén. 38
Tabla 4-23. Resultados de desgaste mecánico para la muestra Jerusalén. 39
Tabla 4-24. Granulometría de la muestra Cerro 4. 40
Tabla 4-25. Humedad natural de la muestra Cerro 4 40
Tabla 4-26. Límites de Atterberg de la muestra Cerro 4. 40
Tabla 4-27. Clasificación de la muestra Cerro 4. 41
Tabla 4-28. Resultados de desgaste mecánico para la muestra Cerro 4. 42
Tabla 4-29. Resumen de resultados de laboratorio para las muestras de canteras ensayadas. 45
Tabla 4-30. Resumen de resultados de laboratorio para las muestras de libre aprovechamiento ensayadas. 46
Tabla 5-1. Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra Borcorns - Ordoñez. 48
Tabla 5-2. Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra Paraíso 48

Tabla 5-3. Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra de base Petrillo. 49
Tabla 5-4. Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra de mejoramiento Petrillo. 50
Tabla 5-5. Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra de Jerusalén. 51
Tabla 5-6. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como sub-basepara la muestra de Cerro 4 52
Tabla 5-7. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como sub-base para la muestra de Cerro 4 53
Tabla 5-8. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como Base para la muestra de Las Piedras. 54
Tabla 5-9. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como Subbase para la muestra de Las Piedras 55
Tabla 5-10. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como mejoramiento para la muestra de Las Piedras. 55
Tabla 5-11. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como subbase para la muestra de Jerusalén Dos 56
Tabla 5-12. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como mejoramiento para la muestra de Jerusalén Dos. 57
Tabla 5-13. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como mejoramiento para la muestra de Las Palmas. 57
Tabla 5-14. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como subbase para la muestra de Paraíso de Villao. 58
Tabla 5-15. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como mejoramiento para la muestra de Paraíso de Villao. 59
Tabla 7-1. Combinación de áridos para ajustarse a una granulometría con TMN 3/4". 63
Tabla 7-2. Parámetros de la mezcla para un contenido óptimo de asfalto de 6%. 64
Tabla 7-3. Contraste de resultados para requerimientos de una carpeta diseñada para tráfico pesado. 64
Tabla 7-4. Distancias de acarreo a planta de asfalto Inductroc. 64
Tabla 8-1. Resumen distancias de acero Fase I 64

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

En cumplimiento de las funciones, competencias del gobierno autónomo descentralizado provincial y en alineación con objetivos de desarrollo sostenible, con el Plan Nacional de desarrollo y con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, la Prefectura del Guayas, requiere realizar los *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS"* con el objetivo de facilitar la conectividad entre los recintos, mejorar el transporte de las cosechas y asegurar la movilidad de los pobladores especialmente estudiantes.

Con Oficio OF. N° 149- ASOPAVET-2023, de fecha 02 de agosto de 2023, suscrito por representantes de la Asociación de Producción Agropecuaria Las Vegas Tecnológico (ASOPAVET), solicitan "construcción, él Mejoramiento y el mantenimiento del eje veranero desde paraíso de Villao (RIO) Hasta el Límite de Guayas Con Manabí (Recinto La Saiba, Recinto Culebrita), junto con los socios inspeccionando esta carretera veranera".

Con Memorando No. 2411-SG-GPG-2023, de fecha 08 de agosto de 2023, suscrito por el Ab. José Gálvez Valderrama, secretario general, remite al Coordinador General de Infraestructura, Ing. José Tenelema Chenche, la solicitud de informe técnico de la carretera Pedro Carbo – Manabí – Santa Elena.

Con Memorando No. 0031-DPEF-MAA-2023, de fecha 21 de agosto del 2023, suscrito por la Ing. Melanie Álvarez Alvarado, Analista senior Hidráulico – Hidrólogo, en el cual informa al Ing. Marco Chimborazo Angulo, Subdirector de Planificación de Estudios y Proyectos (E), Informe técnico sobre el estado actual de la carretera Pedro Carbo – Manabí (Fátima – Villao – Limite Provincial).

Con estas premisas la prefectura del Guayas, mediante concurso público a través del proceso CPC-PG-2023-002 subido al portal de compras públicas adjudica a KAWSUS CÍA. LTDA mediante contrato No. S-CON-16-2024-X-0 la ejecución de consultoría que se compone de los siguiente entregables:

- Informe Ejecutivo
- Estudio Topográfico
- Diseño Geométrico
- Estudio de Tráfico y Proyecciones
- Estudio Geotécnico
- Informe de Estudios y Suelo
- Diseño Estructural
- Estudio de Hidrología e Hidráulica
- Componente Ambiental

- Estudio de Seguridad y Señalización Vial
- Estudio socio económico
- Informe de expropiaciones
- Informe de mantenimiento vial, preventivo y rutinario
- Informe eléctrico
- Presupuesto de Obra

En los anexos de los Términos de Referencia, **capítulo 7. FUENTES DE MATERIALES** de la consultoría *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS",* se establece los trabajos en campo laboratorio y gabinete, además de las normas necesarias para establecer las características físico-mecánicas del material de las fuentes.

Para cumplir el objeto del contrato, como parte de los estudios viales que contempla la consultoría, se ejecutaron ensayos de índole geotécnica de diferentes fuentes de materiales; entre los ensayos ejecutados constan: Porcentaje que pasa el tamiz #200, Contenido de humedad, Análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor, CBR, Clasificación de suelos SUCS, Abrasión de los Ángeles en base a las normas ASTM D-1140, ASTM D-2216, ASTM D-421/ASTM D-422, ASTM D-4318, ASTM D-698/ ASTM D-1557, ASTM D-1883, ASTM D-2487 y ASTM C-131 respectivamente.

1.2 Ubicación General

El proyecto *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA VÍA SECTOR FÁTIMA-VILLAO-LÍMITE PROVINCIAL, INCLUYE PUENTES EN EL CANTÓN PEDRO CARBO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS"* geográficamente se encuentra ubicado en la provincia del Guayas, cantón Pedro Carbo, parroquia Pedro Carbo tiene una longitud aproximada de 21 km iniciando desde el poblado cercano Fátima hasta el poblado de Las Vegas.

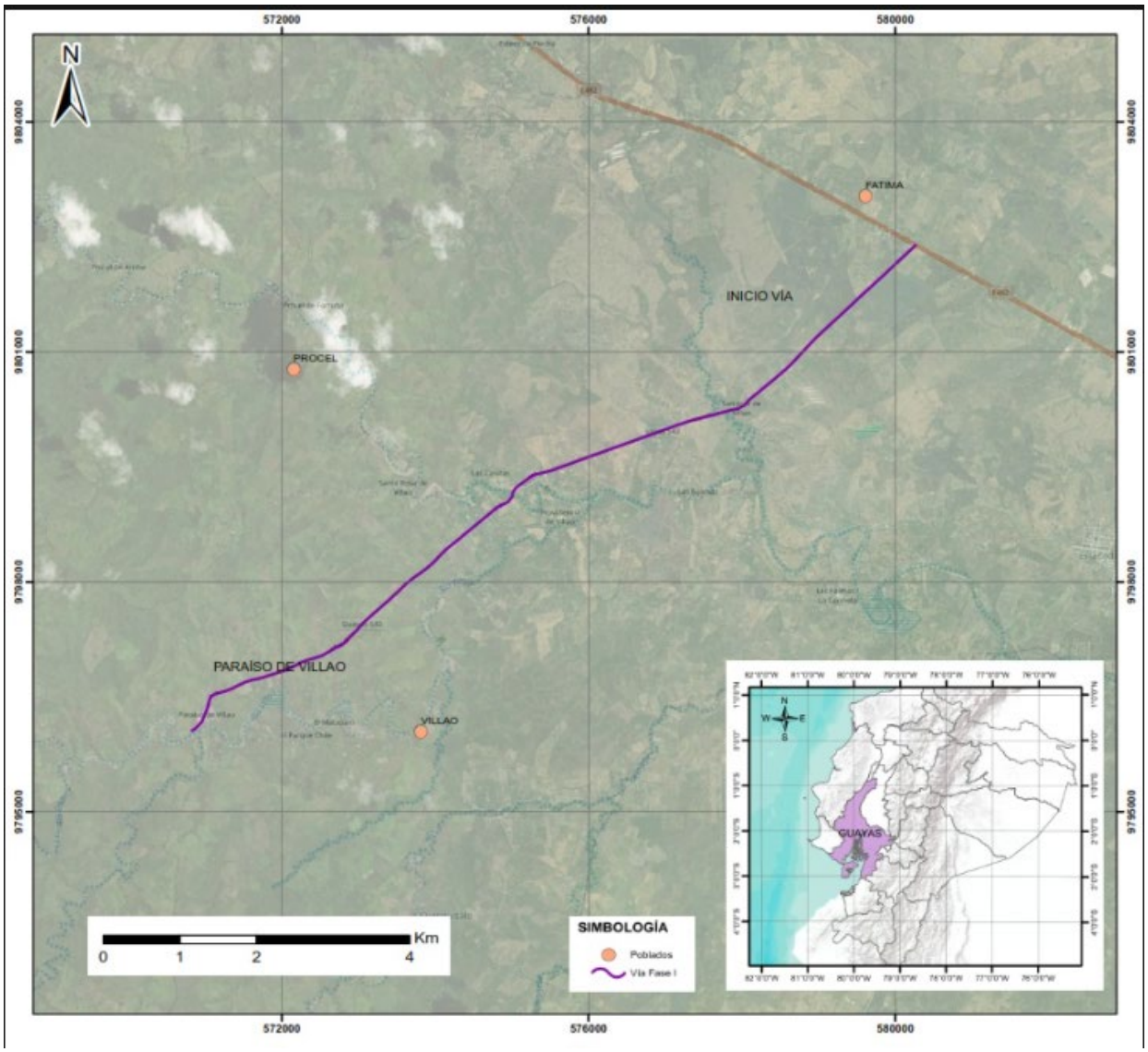


Figura 1-1: Ubicación general del proyecto

Tabla 1-1. Coordenadas inicio-fin vía

Sistema de coordenadas UTM WGS84 17S			
Punto	**Este**	**Norte**	**Poblado**
Inicio	580,262.49	9'802,394.03	Fátima
Fin	571,057.93	9'796,491.80	Paraíso

2. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS.

2.1 Objetivo General

Identificar, evaluar y clasificar las fuentes de materiales necesarias para la estructura del pavimento y la producción de agregados, asegurando su calidad y capacidad de suministro, conforme a las especificaciones técnicas y normativas vigentes.

2.2 Objetivos Específicos

- Localizar y seleccionar las fuentes de materiales (minas o canteras) que cumplan con los requisitos de calidad y cantidad.
- Clasificar y caracterizar los materiales disponibles en las fuentes seleccionadas, asegurando que sean adecuados para las distintas capas de la estructura del pavimento.
- Evaluar la capacidad de suministro y viabilidad logística de las fuentes seleccionadas, priorizando aquellas que se encuentren dentro del sector del proyecto para optimizar costos y tiempos de transporte.
- Realizar ensayos de laboratorio conforme a las normativas ASTM y AASHTO vigentes, para verificar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, garantizando su idoneidad para los usos previstos en la obra.
- Proponer alternativas de fuentes de materiales en caso de que las fuentes iniciales no cumplan con los requisitos técnicos o logísticos, asegurando siempre la viabilidad técnica y económica de las opciones sugeridas.

3. TRABAJOS REALIZADOS

3.1 Identificación de posibles fuentes de materiales

La selección inicial de las fuentes de materiales se basa en la identificación de áreas de extracción incluidas en el Geoportal de Catastro Minero. De cada predio, se ha recopilado información relevante sobre los titulares, ubicación, extensión, y, fundamentalmente, sobre los minerales de interés disponibles.

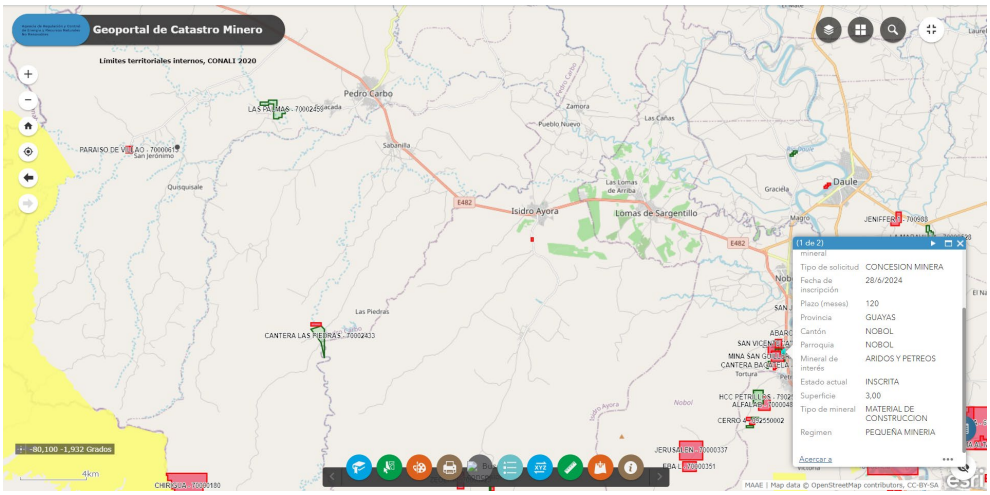


Figura 3-1. Geoportal de Catastro Minero.

En base a la identificación de las posibles zonas de extracción se ha delimitado las opciones a nueve posibles alternativas, entre las cuales se encuentran cuatro canteras de libre aprovechamiento que marcan una referencia de la calidad del material disponible. Las fuentes fueron seleccionadas en base a los materiales disponibles y la distancia a la vía. Las canteras seleccionadas se presentan en la **Tabla *3-1***.

Tabla 3-1. Posibles fuentes de materiales delimitadas en base a la información recolectada del Geoportal de Catastro Minero.

Cantera/Mina	Estado de regulación	Ubicación (UTM)		Área (Ha)
		E	N	
Juan Pablo 1	Inscrita	609887	9783972	3
Paraíso	Inscrita	609702	9784280	6
Petrillo	Trámite	609176	9782284	48
Jerusalén	Trámite	603960	9777643	154
Cerro 4	Inscrita	607564	9779960	15
Las Piedras	Trámite	582747.8	9783594	16
Jerusalén Dos	Trámite	581624.9	9811757	87
Las Palmas	Trámite	579590	9797563	59
Paraíso de Villao	Inscrita	570927	9796045	16

3.2 Inspección de campo

Cada una de las fuentes de material presentadas en la **Tabla *3-1*** se visitaron en campo, las ubicaciones de cada una de ellas se presentan en la **Figura 3-2**.

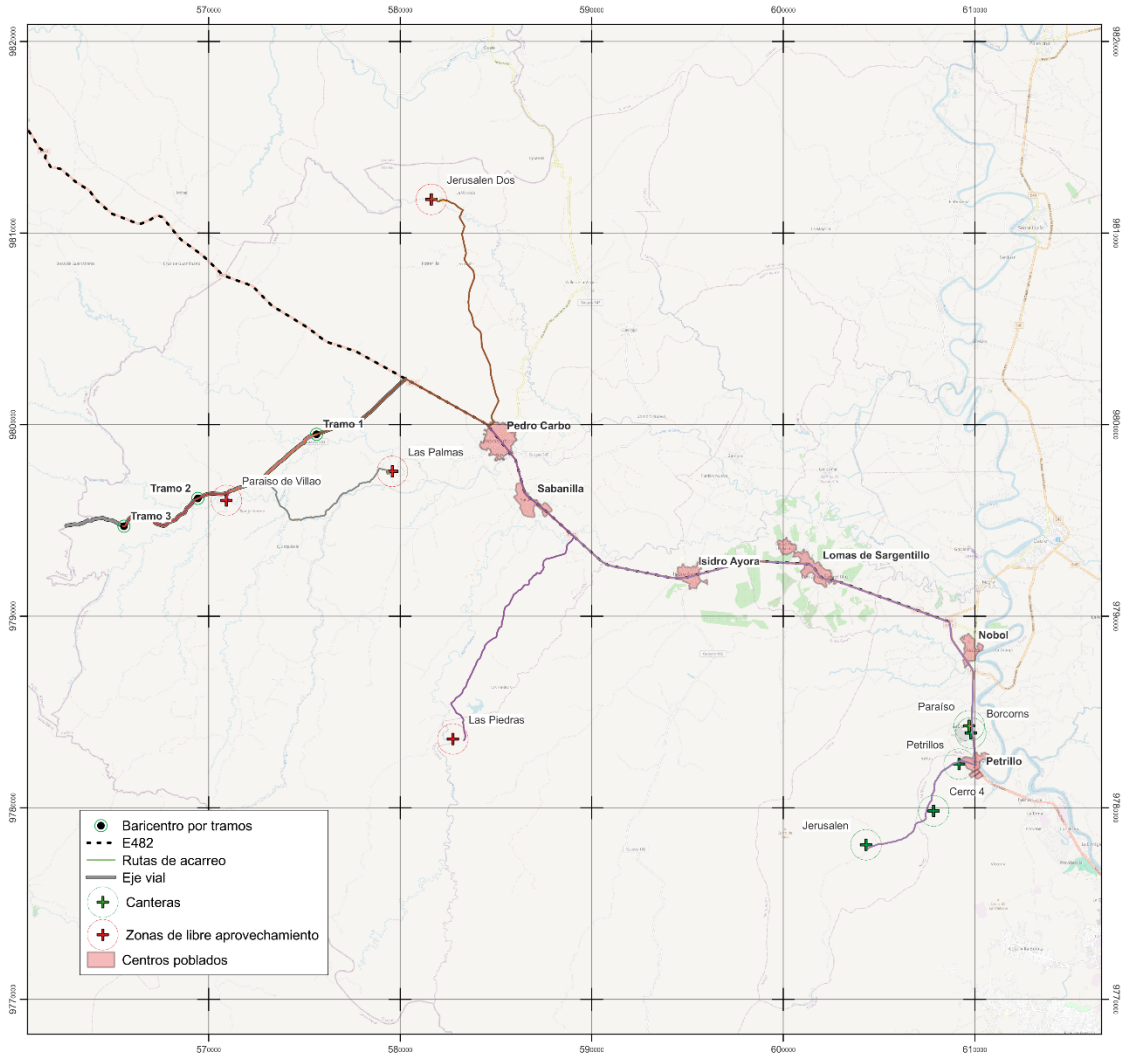


Figura 3-2. Ubicación de fuentes de materiales.

3.2.1 Cantera “Juan Pablo 1 (Borcorns-Ordoñez)”

La fuente de material "Juan Pablo 1", ubicada en el cantón Nobol, provincia del Guayas, está inscrita bajo el régimen de pequeña minería con el código catastral 790719. El titular de la concesión es Ordoñez Quezada Juan Pablo. Esta concesión minera tiene un plazo de 120 meses desde su inscripción el 28 de junio de 2024. La concesión se encuentra en la fase de explotación y se dedica principalmente a la extracción de áridos y pétreos, clasificados como materiales de construcción. La concesión cubre una superficie de 3 hectáreas y su estado actual es inscrito.



Figura 3-3. Cantera "Juan Pablo 1"

Según información facilitada por los propietarios esta fuente dispone de materiales destinados a base con un rendimiento de extracción aproximado es de 1500 m^3/día mediante metodos de extracción Diller-Dinamita. La distancia de acarreo hasta el baricentro de la vía es de 50.15 km. El volumen aprovechable estimado es de 600000 m^3.

3.2.2 Cantera “Paraíso”

La fuente de material "Paraíso", ubicada en el cantón Nobol, en la parroquia del mismo nombre de la provincia del Guayas, está inscrita bajo el régimen de minería artesanal con el código catastral 790885. El titular de la concesión es Castro Noboa Alfredo Gilberto. Esta concesión minera tiene un plazo de 120 meses desde su inscripción el 2 de diciembre de 2014. La concesión se encuentra en la fase de explotación y se dedica principalmente a la extracción de cascajo, clasificados como materiales de construcción. La concesión cubre una superficie de 6 hectáreas y su estado actual es inscrito.

Según información facilitada por los propietarios esta fuente dispone de materiales destinados a base, subbase y mejoramiento con un rendimiento de extracción aproximado de 600 m^3/día mediante metodos de extracción Diller-Dinamita. La distancia de acarreo hasta el baricentro de la vía es de 49.93 km. El volumen aprovechable estimado es de 4000000 m^3.

3.2.3 Cantera “Petrillo”

La fuente de material "Petrillo" se encuentra en el cantón Guayaquil, parroquia Chongón, en la provincia del Guayas. Actualmente la concesión no se encuentra inscrita dentro del catastro minero, sin embargo, se encuentra el trámite de renovación.



Figura 3-4. Cantera "Petrillo"

Esta fuente dispone de materiales destinados a base y material de mejoramiento, además de materiales adicionales como cascajo, base, subase y mejoramiento. El rendimiento de extracción aproximado es de 2400 m^3/día mediante metodos de extracción Diller-Dinamita. El volumen aprovechable del total extraído por día es de aproximadamente 1920 m^3. La distancia de acarreo hasta el baricentro de la vía es de 52.8 km. El tiempo de vida estimado es de 30 años considerando el rendimiento diario estimado.

3.2.4 Cantera “Jerusalén”

La fuente de material "Jerusalén", ubicada en el cantón Nobol, provincia del Guayas, tiene el código catastral 70000337. El titular de la concesión es Goyes Sánchez Marcia Adriana. Esta concesión minera está inscrita bajo el régimen de pequeña minería y se encuentra en la fase de exploración-explotación. La concesión, con una superficie de 154 hectáreas, se encuentra registrado como fuente de extracción de arcilla, sin embargo, en varios afloramientos se observa gran cantidad de material petreo. La inscripción se realizó el 7 de junio de 2017, con un plazo de 300 meses para la concesión.



Figura 3-5. Cantera "Jerusalén".

Esta fuente dispone de materiales con posibilidad de aplicación como material de mejoramiento. El rendimiento de extracción aproximado es de 300 m^3/día mediante metodos de extracción con excavadora. La distancia de acarreo hasta el baricentro de la vía es de 60.1 km. Pese a que no fue posible determinar un volumen aproximado del material aprovechable se estima que se tiene cantidad suficiente en base a la extensión de la cantera.

3.2.5 Cantera “Cerro 4”

La fuente de material "Cerro 4", con el código catastral 092550002, se encuentra en el cantón Nobol, provincia del Guayas. El titular de la concesión es Viteri Swett Oscar Fernando. Esta concesión está inscrita bajo el régimen de pequeña minería y se dedica a la explotación de áridos y pétreos, utilizados como materiales de construcción. La concesión, inscrita el 14 de agosto de 2017, tiene un plazo de 60 meses y cubre una superficie de 1500 hectáreas. Actualmente, la concesión requiere actualizar su inscripción.



Figura 3-6. Cantera "Cerro 4".

Esta fuente dispone de materiales destinados a sub-base y mejoramiento, además de materiales como cascajo y piedra azul. El rendimiento de extracción aproximado es de 1000 m^3/día mediante metodos de extracción Diller-Dinamita. La distancia de acarreo hasta el baricentro de la vía es de 56 km. El tiempo de vida estimado es de 30 años.

3.2.6 Fuentes de libre aprovechamiento

Adicionalmente se han tomado muestras de cuatro fuentes de libre aprovechamiento correspondientes a las minas Las Piedras, Jerusalén Dos, Las Palmas y Paraíso de Villao.

La fuente de material "Las Piedras", con el código catastral 70002460, se encuentra en el cantón Pedro Carbo, provincia del Guayas, parroquia Sabanilla. El titular de la concesión es el Gobierno Autónomo Descentralizado de Pedro Carbo. Esta concesión está destinada a la explotación de piedra de río, utilizados como materiales de construcción. La concesión cubre una superficie de 57 hectáreas y se encuentra en estado de trámite.



Figura 3-7. Fuente Las Piedras.

La fuente de material "Jerusalén Dos", con el código catastral 70002460, se encuentra en la provincia del Guayas, cantón Pedro Carbo, parroquia Pedro Carbo. El titular de la concesión es Gobierno Autónomo Descentralizado de Pedro Carbo. Esta concesión está destinada a la explotación de piedra de río, utilizados como materiales de construcción. La concesión cubre una superficie de 31 hectáreas y se encuentra en estado de trámite.



Figura 3-8. Fuente Jerusalén Dos.

La fuente de material "Las Palmas", con el código catastral 70002459, se encuentra en la provincia del Guayas, cantón Pedro Carbo, parroquia Sabanilla. El titular de la concesión es el Gobierno Autónomo Descentralizado de Pedro Carbo. Esta concesión está destinada a la explotación de piedra de río, utilizados como materiales de construcción. La concesión cubre una superficie de 59 hectáreas y se encuentra en estado de trámite.



Figura 3-9. Fuente Las Palmas.

Finalmente, fuente de material "Paraíso de Villao", con el código catastral 70002459, se encuentra en la provincia del Guayas, cantón Pedro Carbo, parroquia Pedro Carbo. El titular de la concesión es el Gobierno Autónomo Descentralizado de Pedro Carbo. Esta concesión está destinada a la explotación de piedra de río, utilizados como materiales de construcción. La concesión cubre una superficie de 16 hectáreas y se encuentra inscrita en el catastro minero.



Figura 3-10. Fuente Paraíso de Villao.

3.3 Toma de muestras y ensayos de laboratorio realizados

De cada una de las cuatro fuentes visitadas se obtuvo una muestra representativa en base a las directrices planteadas por la norma ASTM D75 "Standard Practice for Sampling Aggregates", cuyo objetivo es garantizar que las muestras recolectadas sean representativas del material total, permitiendo así realizar ensayos de laboratorio que aseguren la calidad y uniformidad de los agregados utilizados en proyectos de construcción. Así de cada una de las canteras se extrajeron muestras de aproximadamente 50 kg, dichos materiales se obtuvieron en base a las recomendaciones dadas por el proveedor, de modo que para la cantera Petrillo se extrajeron dos muestras destinadas al análisis de conveniencia para su uso como base y mejoramiento. La **Tabla 3-2** presenta las muestras que fueron recolectadas y ensayadas en laboratorio.

Tabla 3-2. Resumen de muestras recolectadas para ensayos de laboratorio.

Peso (kg)	Nombre de la Fuente	Uso	Coordenadas WGS84 17S	
50	Juan Pablo 1 (Borcorns-Ordoñez)	Base	609888	9783973
50	Paraíso	Sub-base	609702	9784280
100	Petrillo	Mejoramiento	609176	9782284
		Base		
50	Jerusalén	Mejoramiento	603960	9777643
50	Cerro 4	Sub-base	607564	977960
		Mejoramiento		
50	Las Piedras	Analizar	582747.8	9783594
50	Jerusalén Dos	Analizar	581624.9	9811757
50	Las Palmas	Analizar	579590	9797563
50	Paraíso de Villao	Analizar	570927	9796045

Para evaluar la calidad y adecuación de los materiales provenientes de las diferentes fuentes para su uso en la construcción de la vía, se realizaron una serie de ensayos de laboratorio siguiendo las normativas técnicas vigentes. Los ensayos se enfocaron en determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, asegurando su cumplimiento con los requisitos establecidos para la construcción de bases granulares, subbases y mejoramientos. A continuación, se describen los ensayos realizados y las normativas aplicadas.

3.3.1 Ensayo de Granulometría

Se realizaron ensayos de granulometría conforme a la norma ASTM D422 para determinar la distribución del tamaño de las partículas de los materiales. Este ensayo es esencial para clasificar el material y determinar su idoneidad como base granular, subbase, mejoramiento o agregado para concreto y asfalto.

3.3.2 Ensayo de Contenido de Humedad

El ensayo de contenido de humedad se llevó a cabo siguiendo la norma ASTM D2216. Este ensayo determina la cantidad de agua presente en una muestra de suelo o material granular, expresada como un porcentaje del peso seco del material. El contenido de humedad es un factor clave en la evaluación de las propiedades de compactación del material y su comportamiento bajo cargas. Es fundamental para establecer la humedad óptima para la compactación, lo que asegura la estabilidad y durabilidad del material en su aplicación en capas estructurales de pavimentos.

3.3.3 Límites de Atterberg

Los ensayos de límites de Atterberg se realizaron de acuerdo con la norma ASTM D4318. Estos ensayos determinan los límites líquido y plástico de los materiales finos, proporcionando una medida de la plasticidad y la cohesión del suelo. Los límites de Atterberg son críticos para entender el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de humedad y carga, y son utilizados para clasificar los suelos en función de su potencial de expansión y contracción. Estos parámetros son esenciales para evaluar la idoneidad de los materiales y su capacidad de respuesta a cambios ambientales.

3.3.4 Ensayo de Proctor

El ensayo Proctor se llevó a cabo siguiendo la norma ASTM D1557 (Proctor Modificado). Este ensayo determina la relación entre la densidad seca y el contenido de humedad de un material granular cuando es compactado bajo condiciones específicas de energía de compactación. El objetivo del ensayo Proctor es establecer la humedad óptima y la densidad seca máxima del material, que son fundamentales para asegurar la compactación adecuada y el rendimiento estructural del material.

3.3.5 Ensayo de Índice de Soporte California (CBR)

El ensayo CBR se realizó según la norma ASTM D1883. Este ensayo mide la capacidad de soporte de un material granular bajo condiciones simuladas de tráfico, evaluando la resistencia a compresión del material. Es un parámetro fundamental para la selección de materiales utilizados en las capas de soporte de pavimentos.

3.3.6 Ensayo de Clasificación del Suelo (SUCS)

Se realizó la clasificación del suelo utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), conforme a la norma ASTM D2487. Este sistema clasifica los suelos en función de sus características granulométricas y plásticas, lo que permite identificar su idoneidad para diferentes aplicaciones de ingeniería. La clasificación SUCS es esencial para seleccionar materiales adecuados para la construcción de la vía, asegurando que cumplan con los requisitos técnicos y de desempeño esperados.

3.3.7 Ensayo de Abrasión

El ensayo de abrasión fue realizado utilizando la máquina de Los Ángeles, de acuerdo con la norma ecuatoriana INEN 860 y ASTM C-131. Este ensayo mide la resistencia al desgaste de los agregados cuando son sometidos a un desgaste mecánico. Es crucial para evaluar la durabilidad del material, especialmente en aplicaciones donde se espera tráfico pesado o condiciones de desgaste elevado.

3.3.8 Ensayo de Contenido Orgánico

Este ensayo se realizó conforme a la norma ASTM C-40, la cual establece el procedimiento para la determinación del contenido de materia orgánica en materiales granulares. El objetivo de este ensayo es identificar la presencia de componentes orgánicos que puedan ser perjudiciales para la estabilidad del material cuando se utiliza en la construcción de la estructura del pavimento.

3.3.9 Ensayo de Sulfatos

Se llevó a cabo un ensayo de granulometría de sulfatos siguiendo la norma ASTM C-88. Este ensayo evalúa la resistencia de los agregados a la desintegración cuando se exponen a soluciones de sulfato de sodio. Es especialmente importante para determinar la durabilidad de los materiales en ambientes con presencia de sales que puedan causar deterioro químico.

Cada uno de estos ensayos fue realizado en el laboratorio de geotecnia, utilizando equipos calibrados y procedimientos estandarizados para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos. Estos ensayos permiten una caracterización completa de los materiales, proporcionando los datos necesarios para tomar decisiones informadas sobre su uso en la construcción del proyecto vial.

3.4 Aplicabilidad de los materiales según MOP-001-F 2002

Dentro de las Especificaciones Generales (MOP-001-F-2002) el Capítulo 400 - Estructura del Pavimento, como su nombre lo indica, describe las diferentes estructuras y capas de un pavimento, se resalta lo siguiente:

- Sección Mejoramiento de la subrasante
- Sección Sub-bases
- Sección Base

3.4.1 Mejoramiento de la subrasante

El mejoramiento de la subrasante especifica los diferentes procesos para mejorar la subrasante como: mejoramiento con suelo seleccionado, subrasante estabilizada con cal, material pétreo, entre otros.

El primer mecanismo utiliza suelo seleccionado para el proceso de mejoramiento. Resulta de interés analizar las características que debe cumplir este tipo de suelo ya que algunas minas ofertan material que puede ser empleado para este fin.

Mejoramiento con suelo seleccionado: Se describe como aquel suelo obtenido de cualquier excavación previamente autorizada. Corresponde a suelo granular, de

material rocoso o una combinación de estos dos. Debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Granulometría tal que todo el material debe pasar por el tamiz de 4 in (100 mm.) y las partículas pasantes del tamiz Nº 200 (0,075 mm) no puede ser mayor al 20%.
- Capacidad de soporte CBR mayor o igual que 20%.
- La porción pasante del tamiz Nº 40 debe tener un límite líquido no superior a 35% e índice plástico no superior a 9%.

3.4.2 Sub-bases

La sección describe la clasificación de Sub-bases como Sub-bases de agregados, modificada con arena o limo y modificada con cal. En cuanto a las sub-bases de agregados se describe como aquellas capas constituidas por la trituración o cribado de agregados, los materiales que la componen deben cumplir con las SECCIÓN 816 – SUB-BASES DE AGREGADOS, del CAPÍTULO 800 - MATERIALES. A continuación, se realiza un análisis detallado de las dos secciones y se describen las condiciones técnicas a tomar en cuenta. Los materiales empleados como Sub-base tendrán:

- Porcentaje de desgaste máximo de 50%.
- Capacidad de soporte CBR mayor o igual que 30%.
- La porción pasante del tamiz Nº 40 debe tener un límite líquido no superior a 25% y índice plástico no superior a 6%.

En la subsección 816-2. Requisitos comunes, se describe que de tener un material con un límite líquido o un índice plástico que superan los máximos especificados, se deberá mezclar con material adecuado, a fin de reducir los valores de índice plástico. De no resultar posible lo anterior se actuará tal y como indica el numeral 814-2.02, perteneciente a la sección 814. Capa de Base de material granular, subsección 814-2. Agregados para Base Clase 1.

La subsección 814-2.02. Requisitos, describe que, de superarse el límite líquido e índice plástico, a fin de tener materiales adecuados, se debe eliminar todo el material menor a 10mm, con el material resultado se debe añadir arena y triturarlo hasta obtener la granulometría especificada.

Se describen 3 clases de Sub-base, las cuales deben cumplir la clasificación detallada por la ***Tabla 3-3***. También se aclara que para la clase 1 el material tipo roca o grava obtenida en al menos un 30% por trituración.

Tabla 3-3. Clasificación de la Sub-base según Granulometría.
Fuente: MOP-001-F-2002, (Tabla 403-1.1)

Tamiz	Clase 1	Clase 2	Clase 3
3" (76.2 mm.)	--	--	100
2" (50.8 mm.)	--	100	--

11/2" (38,1mm.)	100	70-100	--
Nº 4 (4.76 mm.)	30-70	30-70	30-70
Nº 40 (0.425 mm.)	10-35	15-40	--
Nº 200 (0.075 mm.)	0-15	0-20	0-20

3.4.3 Bases

La sección describe la clasificación de Bases como Bases de Agregados, Estabilizada con Cemento Portland y Estabilizada con Cal. En cuanto a las bases de agregados se describe como aquellas capas constituidas por la trituración o cribado de agregados y estabilizadas con agregado fino (triturado o de suelo fino seleccionado). Capa que será colocada sobre la capa de Sub-base. Los materiales empleados como Base tendrán:

- Porcentaje de desgaste máximo de 40%.
- Capacidad de soporte CBR mayor o igual que 80%.
- La porción pasante del tamiz Nº 40 debe tener un límite líquido no superior a 25% y índice plástico no superior a 6%.
- Los agregados deberán estar libres de materias extrañas (polvo, suciedad, arcillas, etc.) siendo elementos resistentes y sólidos.

La norma describe cuatro clases de Base, de las cuales se diferencian según el tipo de trituración en base a lo presentado en la ***Tabla 3-4***.

Tabla 3-4. Clase de Base según el porcentaje de Trituración.
Fuente: MOP-001-F-2002

Clase	Trituración
1	100%
2	> 50%
3	> 25%
4	0%

De manera adicional mencionar que al momento de realizar el diseño de una carretera se debe seleccionar la clase de Base en función de las recomendaciones que plantea el MTOP en la Norma vial ecuatoriana (NEVI-12-MTOP) que toma en cuenta la clasificación brindada por la norma MOP-001-F-2002 (ver *Tabla 3-5*).

Tabla 3-5. Recomendación sobre el uso de las diferentes clases de Base.
Fuente: NEVI-12-MTOP (Tabla 404-1.1)

Clase	Característica	No. Carriles	TPDA
1	Aeropuertos y Carreteras de intenso tráfico	8 – 12	> 50 000
2	Carreteras con ancho mínimo de 3.65m	2 - 6	8 000 – 50 000
3	Vías internas de urbanizaciones	2-4	1 000 – 8 000
4	Caminos vecinales	2	> 1 000

Las Bases clase 1, constituidas por agregados triturados en un 100% se dividen en tipos A y B. La granulometría especificada en la MOP-001-F-2002 para cada tipo de base se presenta en la ***Tabla 3-5***.

Tabla 3-6. Porcentaje de peso de Base Clase 1, 2, 3 y 4 pasante a través de los tamices.
Fuente: MOP-001-F-2002, (Tablas 404-1.1, 404-1.2, 404-1.3 y 404-1.4)

Tamiz	Clase 1		Clase 2	Clase 3	Clase 4
	Tipo A	Tipo B			
2" (50.8 mm)	100	--	--	--	100
11/2" (38,1mm)	70 – 100	100	--	--	--
1" (25.4 mm)	55 – 85	70 - 100	100	--	60 - 90
3/4"(19.0 mm)	50 – 80	60 - 90	70 - 100	100	--
3/8"(9.5 mm)	35 – 60	45 - 75	50 - 80	--	--
Nº 4 (4.76 mm)	25 – 50	30 - 60	35 - 65	45 - 80	20 - 50
Nº 10 (2.00 mm)	20 – 40	20 - 50	25 - 50	30 - 60	--
Nº 40 (0.425 mm)	10 – 25	10 - 25	15 - 30	20 - 35	--
Nº 200 (0.075 mm)	2 – 12	2 - 12	3 - 15	mar-15	0 - 15

4. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

En esta sección se presentan los resultados de laboratorio para las cinco muestras extraídas de las cuatro canteras de interés según la ***Tabla 3-2***.

4.1 Cantera "Juan Pablo 1 (Borcorns-Ordoñez)"

La fuente de material Borcons-Ordoñez se caracteriza como un material granular de tipo grava bien graduada (GW) a grava pobremente graduada (GP), con una baja presencia de materia orgánica y sin plasticidad detectable. Los resultados indican que este material tiene una granulometría adecuada, lo que favorece su capacidad para compactarse de manera uniforme. Además, muestra una resistencia moderada al desgaste mecánico, lo que sugiere que puede soportar un uso intensivo.

El material también exhibe una resistencia media a la desintegración en ambientes químicos, como en presencia de sulfatos, lo cual es relevante en escenarios donde pueda haber exposición a sales o agentes químicos. Por sus propiedades físicas y mecánicas, este material presenta características que son típicas de agregados usados en la construcción de bases granulares para pavimentos.

Tabla 4-1. Granulometría de la muestra Borcorns - Ordoñez.

SERIE GRUESA	GRANULOMETRÍA (NORMA ASTM D422)				
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"					
2 ½"					
2"		0	0	100	
1½"		0	0	100	
1"		13100	25	75	
3/4"		15196	29	71	
1/2"		23580	45	55	
3/8"		26724	51	49	
N°4		30392	58	(42)	
Pasa N°4		22008	(42,0)		
TOTAL MUESTRA	52.400				
SERIE FINA					
N°10		83,3	65	35	
N°40		202,4	75	25	
N°200		452,4	96	(4)	
Pasa N°200		47,6	(4)		

Tabla 4-2. Humedad natural de la muestra Borcorns - Ordoñez.

HUMEDAD NATURAL(NORMA ASTM D2216)						
N° tarro	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
72	----	59,28	57,60	36,09	7,8	
66	----	48,31	47,23	33,22	7,7	**7,8**

Tabla 4-3. Clasificación de la muestra de Borcorns – Ordoñez.

COLOR: CAFÉ		HUMEDAD NATURAL:	7,75 %
CLASIFICACIÓN:		LIMITE LIQUIDO:	0,00 %
SUCS	GW o GP	ÍNDICE PLÁSTICO:	0,00
AASTHO	A-1-a	ÍNDICE DE GRUPO:	0,0

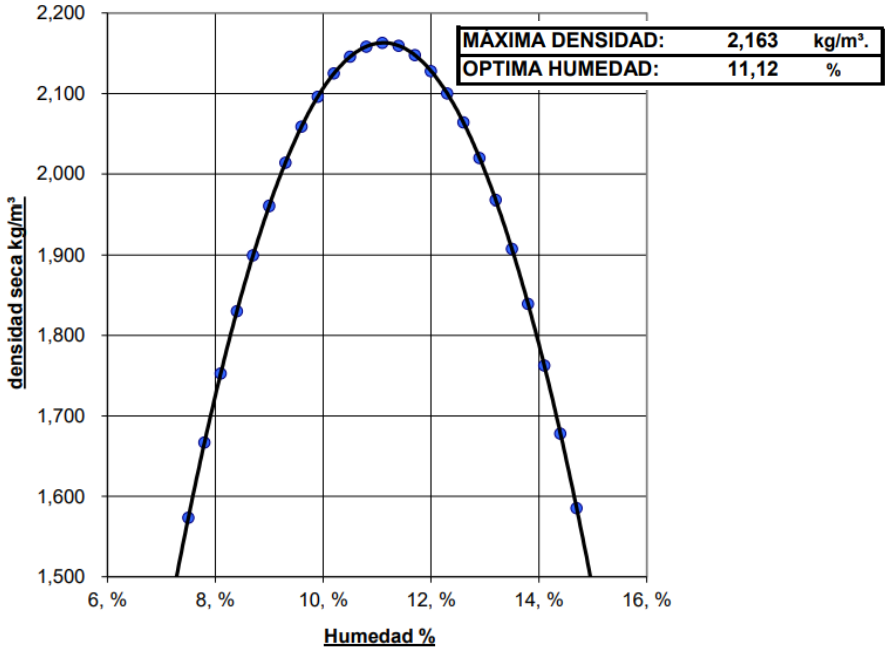


Figura 4-1. Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Borcorns – Ordoñez.

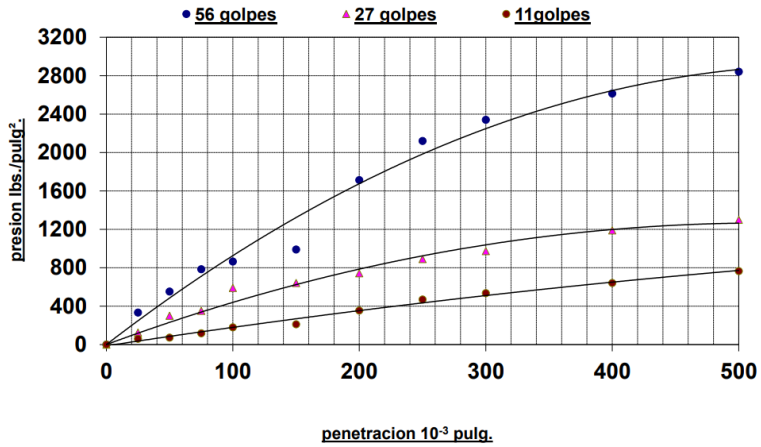


Figura 4-2. Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Borcorns – Ordoñez.

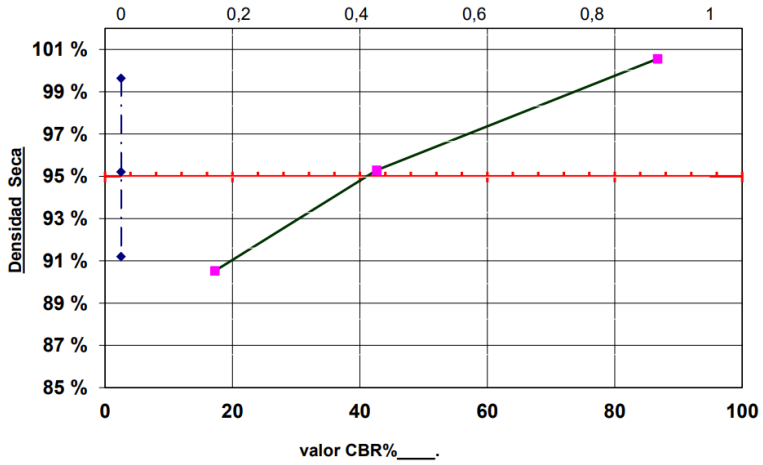


Figura 4-3. Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación para la muestra Borcorns – Ordoñez.

Tabla 4-4. Resultados de desgaste mecánico para la muestra Borcorns – Ordoñez.

	ENSAYO	1
A	PESO DEL MATERIAL ANTES DEL ENSAYO	5000 gm.
B	PESO DEL MATERIAL NO DESGASTADO DESPUES DEL ENSAYO (RETENIDO TAMIZ N°12)	3820 gm.
C=(A-B)	PESO DEL MATERIAL PERDIDO DESPUES DEL ENSAYO (PASA TAMIZ N°12)	1180 gm.
$D = \frac{C}{A} * 100$	% DE DESGASTE.	23,6 %

4.2 Cantera “Paraíso”

La fuente de material El Paraíso se caracteriza como un material granular compuesto principalmente por grava (64 %), arena (30 %) y una fracción menor de finos (6 %). Según la clasificación SUCS, se trata de un material tipo GM (grava limosa), mientras que bajo el sistema AASHTO se clasifica como A-1-a, lo que indica un agregado con buenas propiedades para su uso en infraestructura vial.

Los resultados del ensayo de abrasión Los Ángeles muestran un porcentaje de desgaste del 37 %, lo que sugiere una resistencia moderada a la degradación mecánica. Esto indica que el material puede soportar cargas de tráfico medianas sin una desintegración significativa.

El ensayo CBR revela un valor del 39,5 % al 95 % de compactación y del 60,2 % al 100 %, lo que evidencia una buena capacidad de soporte, adecuada para capas de subbase en pavimentos. Además, el material presenta una humedad óptima de compactación del 9,93 %, lo que facilita su manipulación y compactación en campo.

Tabla 4-5. Granulometría de la muestra Paraíso.

SERIE GRUESA		GRANULOMETRÍA (ASTM D422)			
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"		0	0	100	
2 ½"		2346	10	90	
2"		4692	20	80	
1½"		7741	33	67	
1"		9852	42	58	
3/4"		11494	49	51	
1/2"		11964	51	49	
3/8"		14309	61	39	
N°4		15013	64	(36)	
Pasa N°4		8445	(36,0)		
TOTAL MUESTRA	23.458				
SERIE FINA		GRANULOMETRÍA (ASTM D422)			
N°10		138,9	74	26	
N°40		222,2	80	20	
N°200		416,7	94	(6)	
Pasa N°200		83,3	(6)		

Tabla 4-6. Humedad natural de la muestra Paraíso.

HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)						
N° tarro	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
114	----	147,13	138,45	37,53	8,6	
143	----	150,91	142,24	35,68	8,1	8,4

Tabla 4-7. Límites de Atterberg de la muestra de Paraíso.

LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
93	41	17,92	16,25	7,99	20,2	
19	29	16,63	14,04	3,33	24,2	
39	21	25,75	21,62	5,27	25,3	
134	12	28,02	22,88	4,02	27,3	
						23,9
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
47	----	9,66	8,67	4,01	21,3	
81	----	14,17	12,74	6,33	22,4	
58	----	13,54	12,40	7,08	21,4	21,7

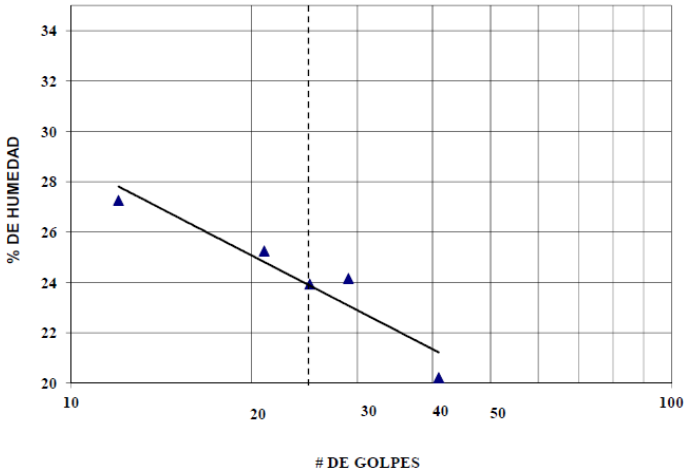


Figura 4-4. Límite líquido para la muestra de Paraíso.

Tabla 4-8. Clasificación de la muestra de Paraíso.

COLOR: CAFÉ		HUMEDAD NATURAL:	8,37 %
CLASIFICACIÓN:		LIMITE LIQUIDO:	23,93 %
SUCS	GM	ÍNDICE PLÁSTICO:	2,26
AASTHO	A-1-a	ÍNDICE DE GRUPO:	0,0

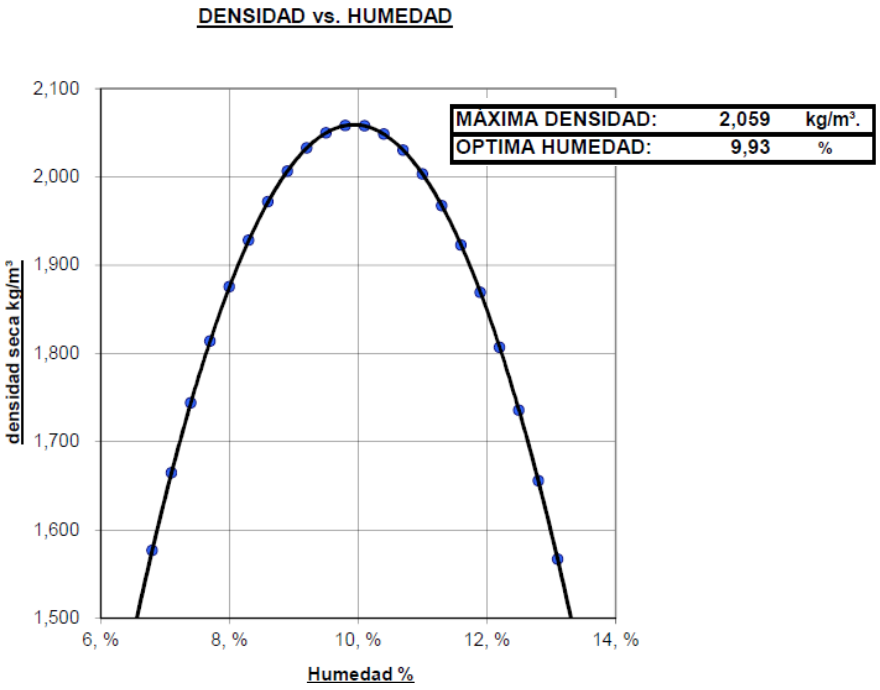


Figura 4-5. Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Paraíso.

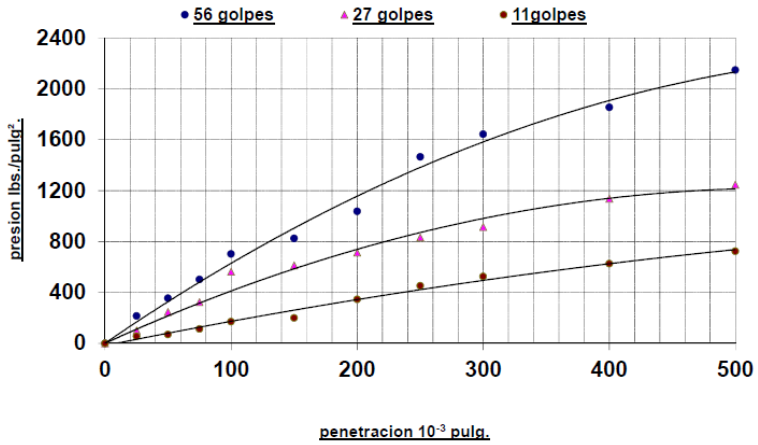


Figura 4-6. Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Paraíso.

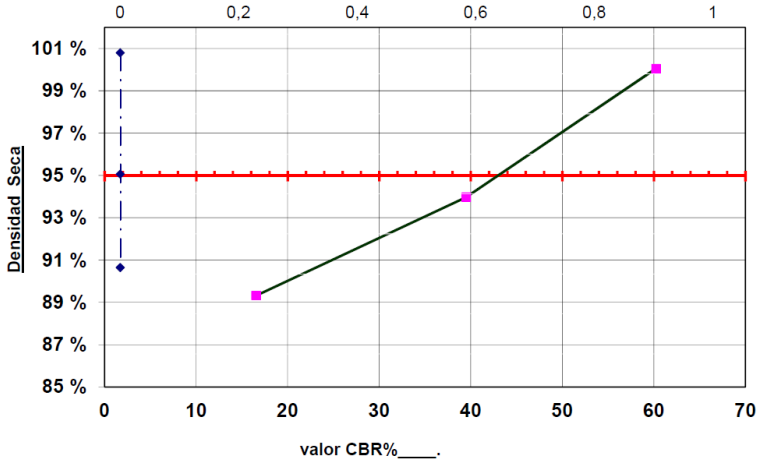


Figura 4-7. Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación para la muestra Paraíso.

Tabla 4-9. Resultados de desgaste mecánico para la muestra Paraíso.

	ENSAYO	1
A	PESO DEL MATERIAL ANTES DEL ENSAYO	5000 gm.
B	PESO DEL MATERIAL NO DESGASTADO DESPUES DEL ENSAYO (RETENIDO TAMIZ N°12)	3150 gm.
C=(A-B)	PESO DEL MATERIAL PERDIDO DESPUES DEL ENSAYO (PASA TAMIZ N°12)	1850 gm.
$D = \frac{C}{A} * 100$	% DE DESGASTE.	37,0 %

4.3 Cantera “Petrillo”

Para la cantera Petrillo se presenta el análisis de las muestras extraídas para su evaluación de conveniencia para base y material de mejoramiento respectivamente.

4.3.1 Muestra de Base

La muestra de base granular de la cantera Petrillo es un material de grava bien graduada con baja presencia de materia orgánica y sin plasticidad. Tiene una buena granulometría, lo que facilita la compactación uniforme. El material muestra una resistencia moderada al desgaste mecánico con un porcentaje de abrasión del 24,4%, y una resistencia química con una pérdida por sulfatos del 8,23%. Además, posee una densidad máxima de 2174 kg/m³ y una humedad óptima del 10,17%, características relevantes para su evaluación en aplicaciones de construcción de bases granulares.

Tabla 4-10. Granulometría de la muestra de base Petrillo.

SERIE GRUESA	GRANULOMETRÍA (NORMA ASTM D422)				
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"					
2 ½"					
2"					
1½"		0	0	100	
1"		11712	24	76	
3/4"		14640	30	70	
1/2"		23912	49	51	
3/8"		25376	52	48	
N°4		30256	62	(38)	
Pasa N°4		18544	(38,0)		
TOTAL MUESTRA	48.800				
SERIE FINA					
N°10		92,1	69	31	
N°40		263,2	82	18	
N°200		447,4	96	(4)	
Pasa N°200		52,6	(4)		

Tabla 4-11. Humedad natural de la muestra de base Petrillo.

HUMEDAD NATURAL(NORMA ASTM D2216)						
N° tarro	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
136	----	48,97	48,09	37,27	8,1	
3	----	86,48	82,78	36,54	8,0	8,1

Tabla 4-12. Clasificación de la muestra de base Petrillo.

COLOR: CAFÉ		HUMEDAD NATURAL:	8,05 %
CLASIFICACIÓN:		LIMITE LIQUIDO:	0,00 %
SUCS	GW o GP	ÍNDICE PLÁSTICO:	0,00
AASTHO	A-1-a	ÍNDICE DE GRUPO:	0,0

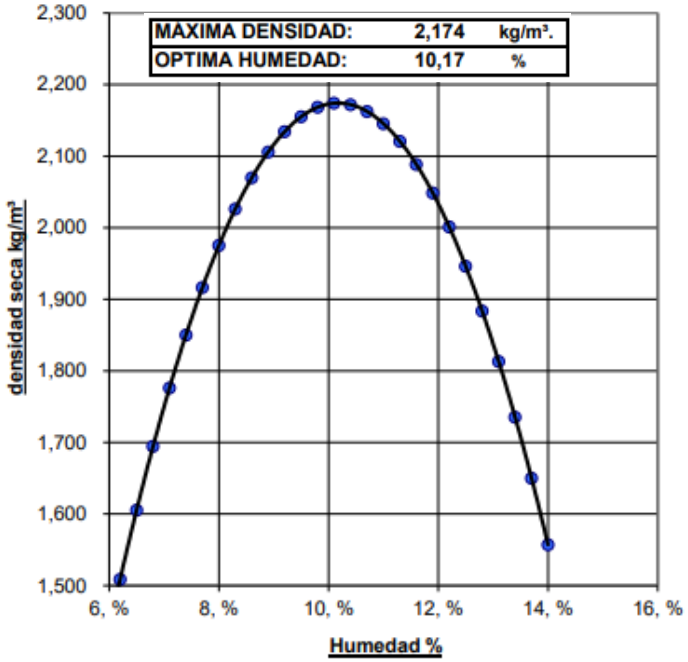


Figura 4-8. Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra de base Petrillo.

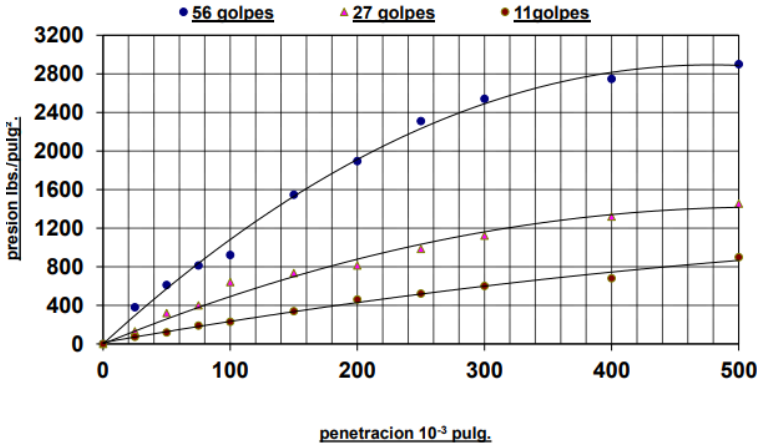


Figura 4-9. Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra de base Petrillo.

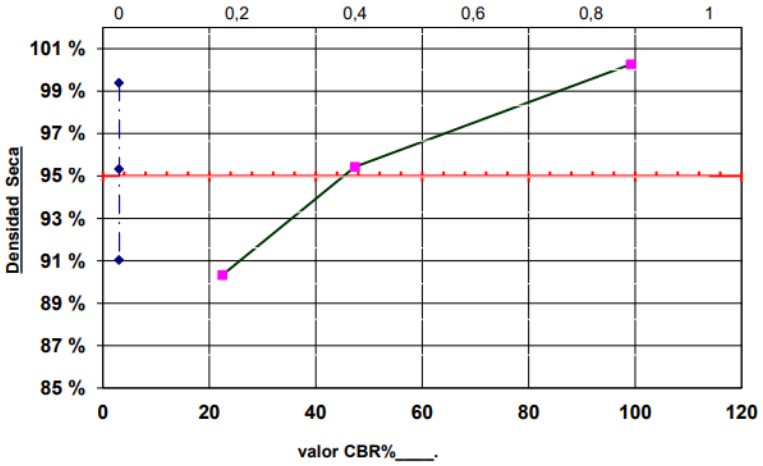


Figura 4-10. Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra de base Petrillo.

Tabla 4-13. Resultados de desgaste mecánico para la muestra de base Petrillo.

	ENSAYO	1
A	PESO DEL MATERIAL ANTES DEL ENSAYO	5000 gm.
B	PESO DEL MATERIAL NO DESGASTADO DESPUES DEL ENSAYO (RETENIDO TAMIZ N°12)	3780 gm.
C=(A-B)	PESO DEL MATERIAL PERDIDO DESPUES DEL ENSAYO (PASA TAMIZ N°12)	1220 gm.
$D = \frac{C}{A} * 100$	% DE DESGASTE.	24,4 %

4.3.2 Muestra de Mejoramiento

La fuente de material de mejoramiento de la cantera Petrillo se caracteriza como un material granular de tipo grava arcillosa (GC), con una presencia baja de materia orgánica y una plasticidad moderada. Este material presenta una granulometría que incluye una mezcla de grava, arena, y finos. Muestra una resistencia al desgaste mecánico del 39,2%, lo que indica un nivel más alto de abrasión en comparación con el material de base. Además, exhibe una resistencia moderada a la desintegración en presencia de sulfatos, con una pérdida química del 18,5%. La densidad máxima del material es de 2085 kg/m³, con una humedad óptima de 15,02%, lo cual es relevante para su compactación y estabilidad en aplicaciones de mejoramiento de subrasantes.

Tabla 4-14. Granulometría de la muestra de mejoramiento Petrillo.

SERIE GRUESA		GRANULOMETRÍA (ASTM D422)			
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"		0	0	100	
2 ½"		5253	20	80	
2"		6041	23	77	
1½"		10243	39	61	
1"		11294	43	57	
3/4"		13132	50	50	
1/2"		13657	52	48	
3/8"		15233	58	42	
N°4		16809	64	(36)	
Pasa N°4		9455	(36,0)		
TOTAL MUESTRA	26.264				
SERIE FINA		GRANULOMETRÍA (ASTM D422)			
N°10		83,3	70	30	
N°40		194,4	78	22	
N°200		291,7	85	(15)	
Pasa N°200		208,3	(15)		

Tabla 4-15. Humedad natural de la muestra de base Petrillo.

HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)						
N° tarro	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
124	----	96,30	89,56	37,68	13,0	
9	----	54,80	52,38	34,07	13,2	**13,1**

Tabla 4-16. Límites de Atterberg de la muestra de mejoramiento Petrillo.

LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
100	45	26,15	20,71	5,35	35,4	
88	32	28,39	22,20	6,42	39,2	
109	22	29,32	21,75	3,37	41,2	
22	13	19,77	15,47	5,48	43,0	
						39,7
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
147	----	12,24	11,12	6,64	25,1	
6	----	14,11	12,76	7,46	25,4	
121	----	14,68	12,83	5,51	25,3	**25,3**

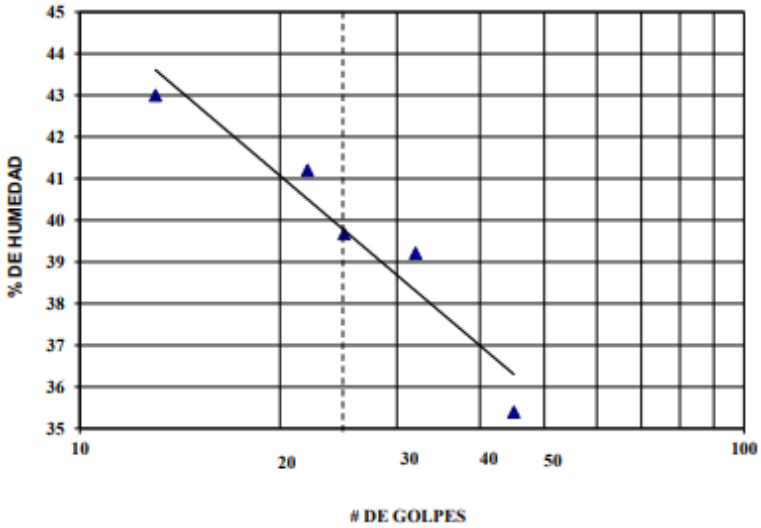


Figura 4-11. Límite líquido para la muestra de mejoramiento Petrillo.

Tabla 4-17. Clasificación de la muestra de mejoramiento Petrillo.

COLOR: CAFÉ		HUMEDAD NATURAL:	13,10 %
CLASIFICACIÓN:		LIMITE LIQUIDO:	39,68 %
SUCS	GC	ÍNDICE PLÁSTICO:	14,40
AASTHO	A-2-6	ÍNDICE DE GRUPO:	0,0

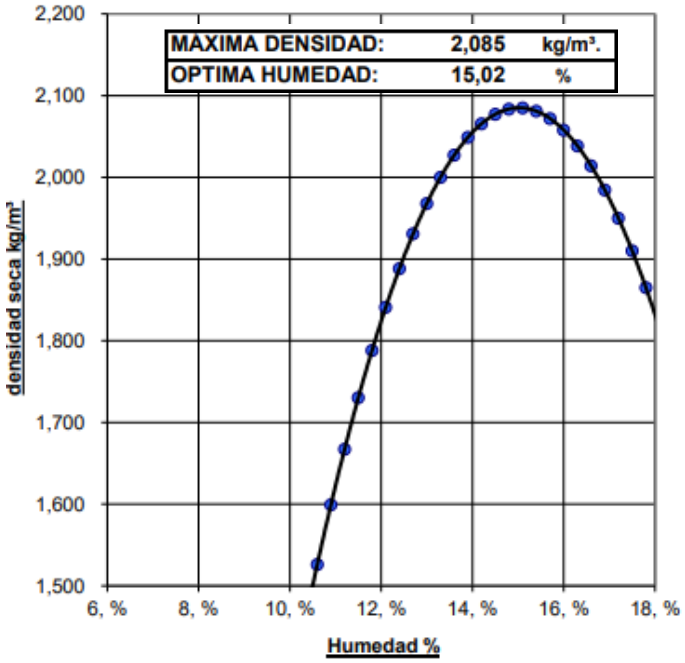


Figura 4-12. Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra de mejoramiento Petrillo.

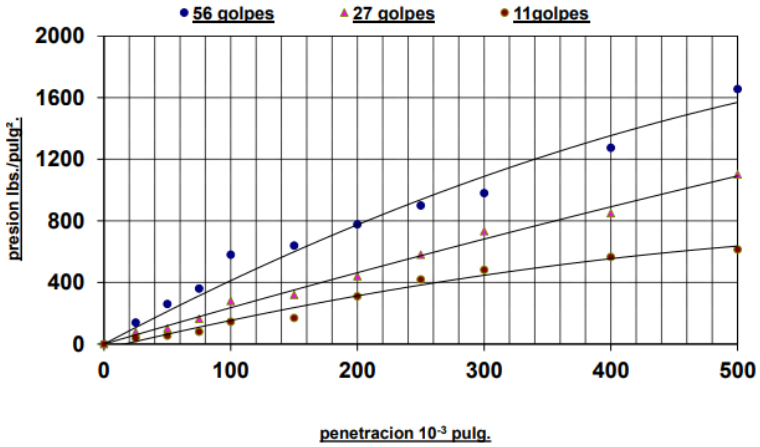


Figura 4-13. Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra de mejoramiento Petrillo.

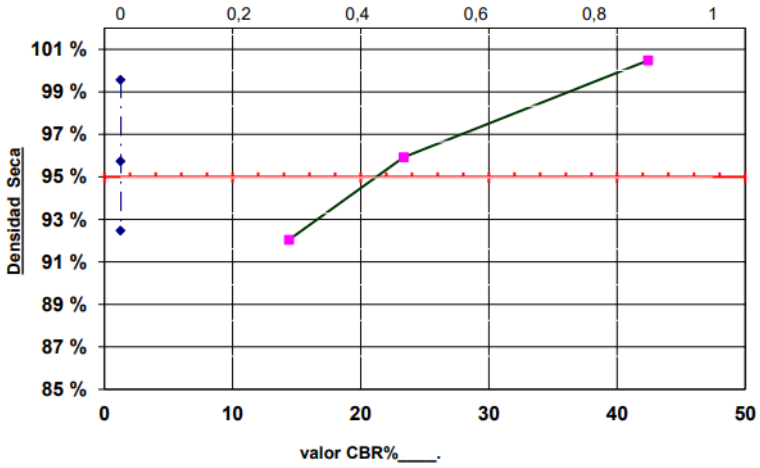


Figura 4-14. Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra de mejoramiento Petrillo.

Tabla 4-18. Resultados de desgaste mecánico para la muestra de mejoramiento Petrillo.

	ENSAYO	1
A	PESO DEL MATERIAL ANTES DEL ENSAYO	5000 gm.
B	PESO DEL MATERIAL NO DESGASTADO DESPUES DEL ENSAYO (RETENIDO TAMIZ N°12)	3040 gm.
C=(A-B)	PESO DEL MATERIAL PERDIDO DESPUES DEL ENSAYO (PASA TAMIZ N°12)	1960 gm.
$D = \frac{C}{A} * 100$	% DE DESGASTE.	39,2 %

4.4 Cantera "Jerusalén"

La fuente de material de mejoramiento de la cantera Jerusalén se caracteriza como un material granular de tipo grava arcillosa bien graduada (GC), con baja presencia de materia orgánica y una plasticidad relativamente alta. Este material presenta una buena granulometría que incluye una mezcla de grava, arena y finos. Muestra una resistencia

al desgaste mecánico con un porcentaje de abrasión del 39,2%, indicando un nivel significativo de abrasión bajo condiciones de tráfico. Además, exhibe una resistencia moderada a la desintegración en presencia de sulfatos, con una pérdida química del 17,74%. La densidad máxima del material es de 2052 kg/m³, con una humedad óptima de 14,39%, lo cual es relevante para su compactación y estabilidad en aplicaciones de mejoramiento de subrasantes.

Tabla 4-19. Granulometría de la muestra Jerusalén.

SERIE GRUESA		GRANULOMETRÍA (ASTM D422)			
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"		0	0	100	
2 ½"		1173	5	95	
2"		3988	17	83	
1½"		7741	33	67	
1"		9852	42	58	
3/4"		11260	48	52	
1/2"		11964	51	49	
3/8"		14544	62	38	
N°4		15482	66	(34)	
Pasa N°4		7976	(34,0)		
TOTAL MUESTRA	23.458				
SERIE FINA		GRANULOMETRÍA (ASTM D422)			
N°10		147,1	76	24	
N°40		235,3	82	18	
N°200		308,8	87	(13)	
Pasa N°200		191,2	(13)		

Tabla 4-20. Humedad natural de la muestra Jerusalén.

HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)						
N° tarro	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
81	----	63,94	60,88	36,11	12,4	
17	----	96,66	89,65	33,36	12,5	12,4

Tabla 4-21. Límites de Atterberg de la muestra Jerusalén.

LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
84	40	17,13	14,14	5,41	34,3	
101	30	17,63	14,33	5,71	38,3	
21	21	19,72	16,14	7,02	39,3	
25	13	19,06	15,03	5,25	41,3	
						38,0
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
15	----	15,95	14,33	6,71	21,3	
129	----	16,79	14,79	5,83	22,4	
5	----	16,40	14,26	4,26	21,4	21,7

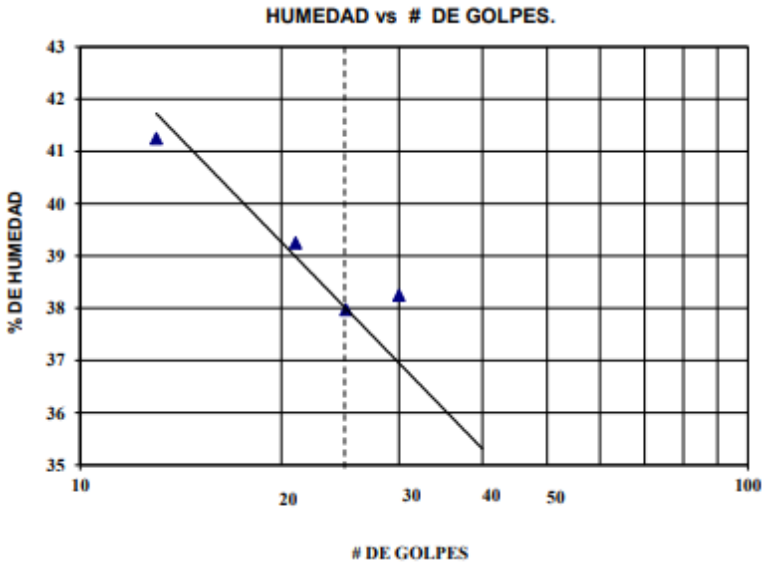


Figura 4-15. Límite líquido para la muestra Jerusalén.

Tabla 4-22. Clasificación de la muestra Jerusalén.

COLOR: CAFÉ		HUMEDAD NATURAL:	12,41 %
CLASIFICACIÓN:		LIMITE LIQUIDO:	37,97 %
SUCS	GC	ÍNDICE PLÁSTICO:	16,30
AASTHO	A-2-6	ÍNDICE DE GRUPO:	0,0

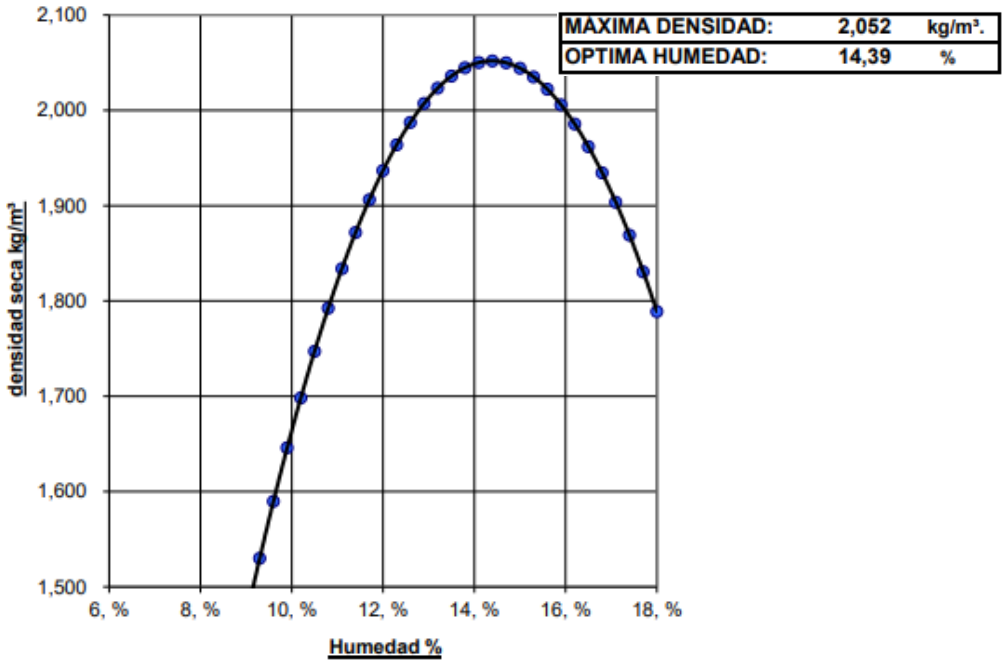


Figura 4-16. Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Jerusalén.

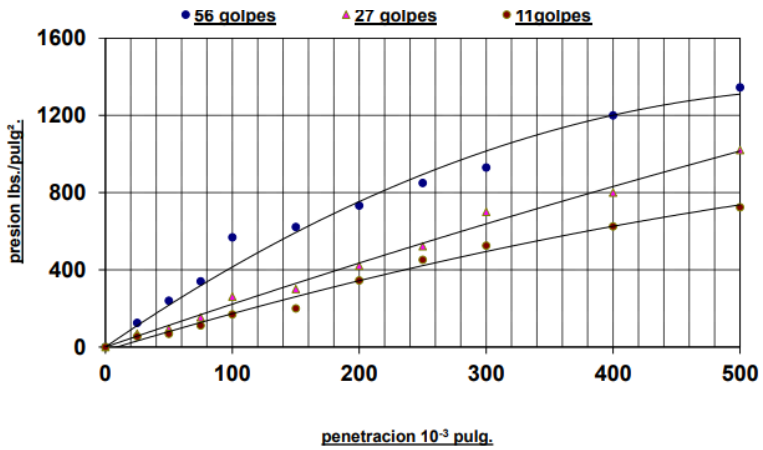


Figura 4-17. Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Jerusalén.

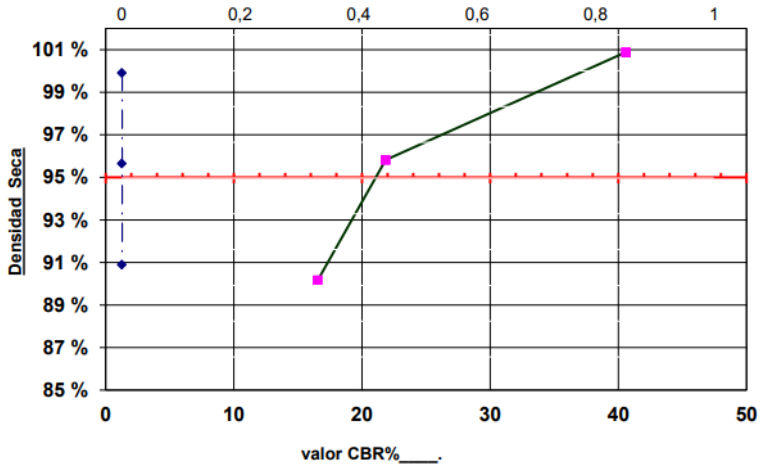


Figura 4-18. Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra Jerusalén.

Tabla 4-23. Resultados de desgaste mecánico para la muestra Jerusalén.

	ENSAYO	1
A	PESO DEL MATERIAL ANTES DEL ENSAYO	5000 gm.
B	PESO DEL MATERIAL NO DESGASTADO DESPUES DEL ENSAYO (RETENIDO TAMIZ N°12)	3040 gm.
C=(A-B)	PESO DEL MATERIAL PERDIDO DESPUES DEL ENSAYO (PASA TAMIZ N°12)	1960 gm.
$D = \frac{C}{A} * 100$	% DE DESGASTE.	39,2 %

4.5 Cantera “Cerro 4”

La fuente de material de la cantera Cerro 4 se caracteriza como un material granular de tipo grava limosa (GM), con poca o ninguna presencia de materia orgánica y moderada plasticidad. Este material presenta una granulometría adecuada que incluye una mezcla equilibrada de grava, arena y finos, lo cual es ideal para su uso como subbase granular.

Muestra una resistencia al desgaste mecánico con un porcentaje de abrasión del 35,8%, indicando una moderada resistencia a la abrasión bajo condiciones de tráfico. Además, exhibe una resistencia moderada a la desintegración en presencia de sulfatos, con una pérdida química del 15,8%. La densidad máxima del material es de 2141 kg/m³, con una humedad óptima de 12,07%, lo que es relevante para su compactación y estabilidad. Presenta un valor de CBR al 100% de compactación del 58,0%, lo que indica una buena capacidad de soporte, adecuado para aplicaciones de subbase en pavimentos.

Tabla 4-24. Granulometría de la muestra Cerro 4.

SERIE GRUESA		GRANULOMETRÍA (ASTM D422)			
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO
3"		0	0	100	
2 ½"		1173	5	95	
2"		3988	17	83	
1½"		7741	33	67	
1"		9852	42	58	
3/4"		11260	48	52	
1/2"		11964	51	49	
3/8"		14544	62	38	
N°4		15482	66	(34)	
Pasa N°4		7976	(34,0)		
TOTAL MUESTRA	23.458				
SERIE FINA		GRANULOMETRÍA (ASTM D422)			
N°10		147,1	76	24	
N°40		235,3	82	18	
N°200		308,8	87	(13)	
Pasa N°200		191,2	(13)		

Tabla 4-25. Humedad natural de la muestra Cerro 4.

HUMEDAD NATURAL(ASTM D2216)						
N° tarro	N° GOLPES	PESO HÚMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
81	----	63,94	60,88	36,11	12,4	
17	----	96,66	89,65	33,36	12,5	12,4

Tabla 4-26. Límites de Atterberg de la muestra Cerro 4.

LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
84	40	17,13	14,14	5,41	34,3	
101	30	17,63	14,33	5,71	38,3	
21	21	19,72	16,14	7,02	39,3	
25	13	19,06	15,03	5,25	41,3	
						38,0
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
15	----	15,95	14,33	6,71	21,3	
129	----	16,79	14,79	5,83	22,4	
5	----	16,40	14,26	4,26	21,4	21,7

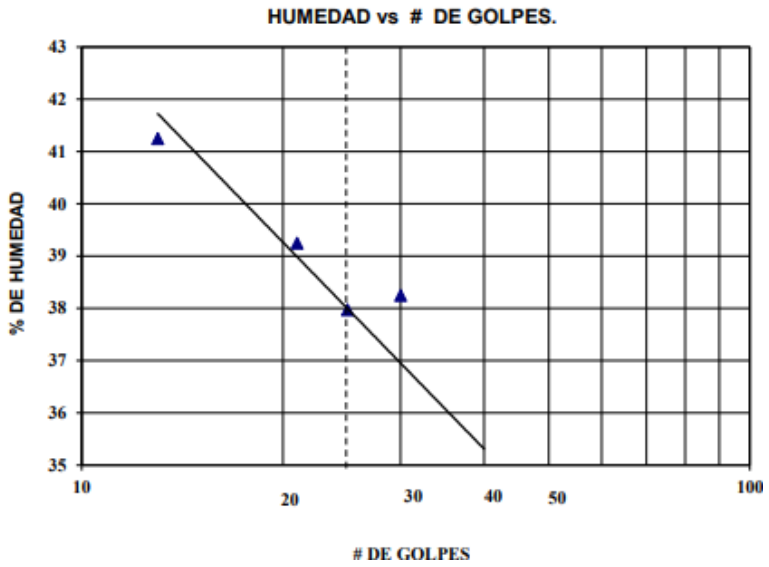


Figura 4-19. Límite líquido para la muestra Cerro 4.

Tabla 4-27. Clasificación de la muestra Cerro 4.

COLOR: CAFÉ		HUMEDAD NATURAL:	12,41 %
CLASIFICACIÓN:		LIMITE LIQUIDO:	37,97 %
SUCS	GC	ÍNDICE PLÁSTICO:	16,30
AASTHO	A-2-6	ÍNDICE DE GRUPO:	0,0

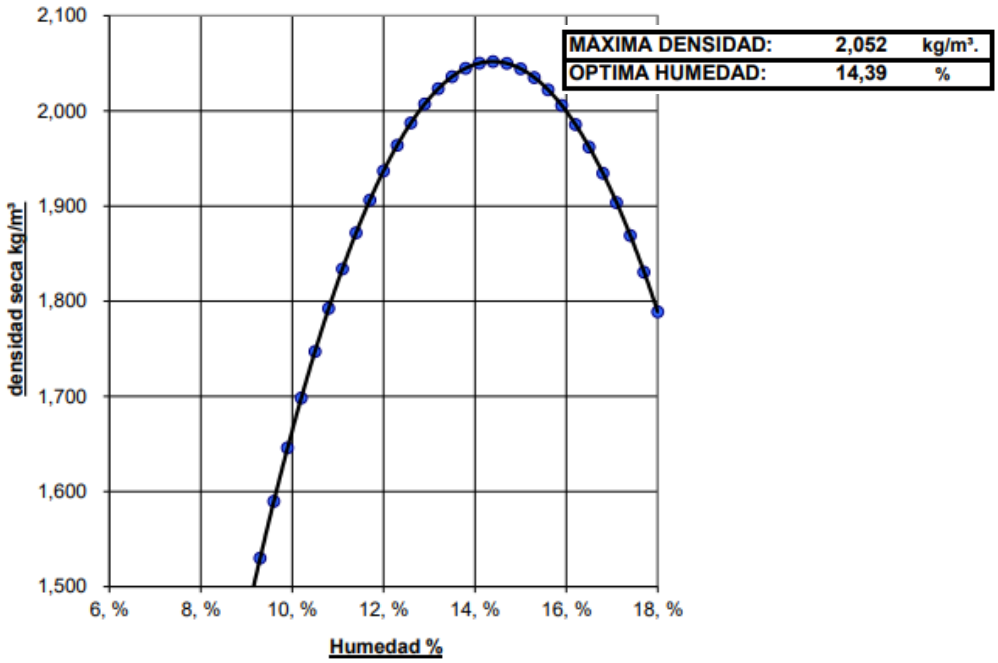


Figura 4-20. Resultado de ensayo Proctor Modificado para la muestra Cerro 4.

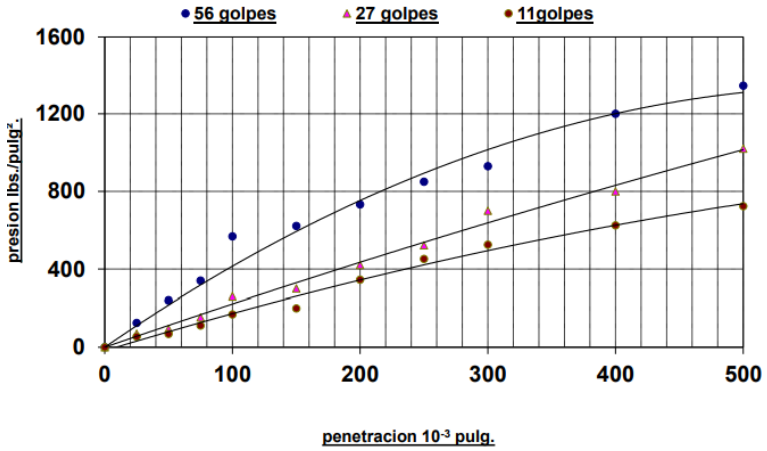


Figura 4-21. Presión vs Penetración para ensayo CBR de muestra Cerro 4.

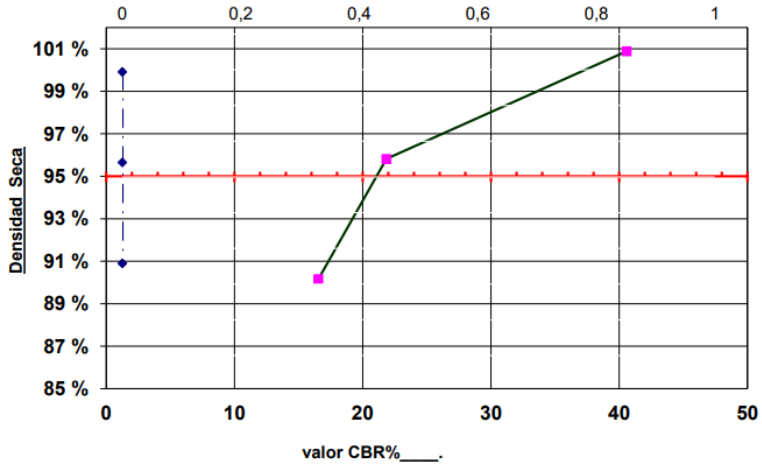


Figura 4-22. Valor de CBR para diferentes porcentajes de compactación y grado de esponjamiento para la muestra Cerro 4.

Tabla 4-28. Resultados de desgaste mecánico para la muestra Cerro 4.

	ENSAYO	1
A	PESO DEL MATERIAL ANTES DEL ENSAYO	5000 gm.
B	PESO DEL MATERIAL NO DESGASTADO DESPUES DEL ENSAYO (RETENIDO TAMIZ N°12)	3210 gm.
C=(A-B)	PESO DEL MATERIAL PERDIDO DESPUES DEL ENSAYO (PASA TAMIZ N°12)	1790 gm.
$D = \frac{C}{A} * 100$	% DE DESGASTE.	35,8 %

En la **Tabla *4-29*** presenta un cuadro resumen que compila los resultados de todos los ensayos de laboratorio realizados para las diferentes fuentes de materiales evaluadas para el proyecto. Este cuadro incluye información detallada sobre la granulometría, clasificación del suelo, contenido orgánico, resistencia a la abrasión, pérdida por sulfatos, humedad óptima, densidad máxima y valores de CBR para cada material. El resumen permite una comparación directa de las propiedades de los materiales, facilitando la evaluación de su idoneidad para las aplicaciones previstas.

4.6 Fuentes de libre aprovechamiento

La muestra proveniente de la fuente Las Piedras se clasifica como una grava limosa (GM) según el sistema SUCS y pertenece a la clasificación A-1-a de AASHTO. Su granulometría presenta una distribución equilibrada de partículas gruesas y finas, lo que favorece una compactación adecuada. La densidad máxima obtenida es de 2190 kg/m³, lo que indica una buena capacidad para alcanzar altos niveles de compactación. Su índice de abrasión del 23 % sugiere una resistencia al desgaste aceptable, aunque no especialmente alta en comparación con otros materiales similares. Su CBR del 88 % es un valor alto, lo que indica una buena capacidad de soporte.

La muestra de Jerusalén Dos también se clasifica como una grava limosa (GM) y pertenece a la categoría A-1-b de AASHTO. Su densidad máxima de 2071 kg/m³ es inferior a la de Las Piedras. Su índice de abrasión del 44 % es considerablemente más alto, lo que sugiere una menor resistencia al desgaste, convirtiéndose en un factor limitante en aplicaciones donde el tráfico o la carga sean constantes. Además, su CBR de 58 % es notablemente más bajo que el de otras muestras, lo que puede indicar una menor capacidad de soporte en comparación con materiales más densos y resistentes.

La muestra de Las Palmas se clasifica como una arena limosa (SM) en el sistema SUCS y A-1-b en AASHTO. Su densidad máxima de 2035 kg/m³ es la más baja entre las muestras analizadas, lo que puede traducirse en una menor estabilidad bajo carga. La granulometría evidencia un alto contenido de finos, lo que puede hacer que el material sea más susceptible a problemas de compactación y drenaje, aumentando el riesgo de inestabilidad en presencia de humedad. Además, su índice de abrasión del 58 % es el más alto de todas las muestras, lo que indica una baja resistencia al desgaste y una posible degradación acelerada en condiciones de tráfico intenso. Su CBR del 33 % es también el más bajo, lo que refuerza la idea de que este material podría no ser la mejor opción para aplicaciones que requieran una alta capacidad de soporte.

La muestra de Paraíso de Villao se clasifica como grava limosa (GM) en SUCS y A-1-a en AASHTO. Su densidad máxima de 2196 kg/m³ es la más alta entre las muestras evaluadas, lo que sugiere una excelente compactabilidad. Su índice de abrasión del 35 % indica una resistencia al desgaste moderada, aunque no sobresaliente. Sin embargo, su CBR del 100 % es el más alto de todas las muestras, lo que sugiere un comportamiento excepcional bajo carga.

En la **Tabla *4-30*** se presentan los resultados de laboratorio para todas las muestras de libre aprovechamiento ensayadas.

Tabla 4-29. Resumen de resultados de laboratorio para las muestras de canteras ensayadas.

MUESTRA	GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS % QUE PASA (TAMIZ DE MALLAS CUADRADAS)												LI.	Ip.	CLASIFICACIÓN		MÁXIMA DENSIDAD kg/m³	HUMEDAD OPTIMA %	CBR. %	ABRASIÓN %	PESO ESPECIFICO	EQUIVALENTE ARENA	SULFATOS %	ADHERENCIA ASFALTO %	CONT. ORGANICO
#	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200			SUCS	AASHTO									
FUENTE DE MATERIAL : BORCONS-ORDOÑEZ COORDENADAS WGS84 17S 609888 9783973																									
USO: BASE GRANULAR																									
1			100	100	75	71	55	49	49	35	25	4	NP.	NP.	GW o GP	A-1-a	2163	11	87	24			10		F. 2
FUENTE DE MATERIAL : PARAÍSO COORDENADAS WGS84 17S 609703 9784280																									
USO: SUB BASE GRANULAR																									
1	100	90	80	67	58	51	49	39	36	26	20	6	24	22	GM	A-1-a	2059	9.93	60	37					
FUENTE DE MATERIAL : PETRILLO COORDENADAS WGS84 17S 609176 9782284																									
USO: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE																									
1	100	80	77	61	57	50	48	42	36	30	22	15	40	14	GC	A-2-6	2085	15	42	39			18		F. 3
USO: BASE GRANULAR																									
2				100	76	70	51	48	38	31	18	4	NP	NP	GW o GP	A-1-a	2174	10	99	24			8		F. 2
FUENTE DE MATERIAL :JERUSALEN COORDENADAS WGS84 17S 603960 9777643																									
USO: MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE																									
1	100	95	83	67	58	52	49	38	34	24	18	13	40	16	GC	A-2-6	2052	14	41	39			18		F. 3
FUENTE DE MATERIAL : CERRO 4 COORDENADAS WGS84 17S 607564 977960																									
USO:SUB BASE GRANULAR																									
1		100	85	81	76	70	68	61	50	42	32	14	32	6	GM	A-1-b	2141	12	58	36			13		F. 2

Tabla 4-30. Resumen de resultados de laboratorio para las muestras de libre aprovechamiento ensayadas.

MUESTRA	GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS % QUE PASA (TAMIZ DE MALLAS CUADRADAS)												LL.	Ip.	CLASIFICACIÓN		MÁXIMA DENSIDAD kg/m³	HUMEDAD OPTIMA %	CBR. %	ABRASIÓN %	SULFATOS %	CONTENIDO ORGANICO (FIGURA)
#	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 10	# 40	# 200			SUCS	AASHTO						
MUESTRA:MINA LAS PIEDRAS COORDENADAS WGS84 17S 582747.8 9783594 .0																						
	100	93	87	81	76	62	55	53	38	25	20	11	NP.	NP.	GM.	A-1-a	2190	11	88	23	11	FIGURADA 2
MUESTRA:MINA JERUSALEN COORDENADAS WGS84 17S 581624,9 9811757,0																						
	100	95	90	86	81	77	68	61	52	45	36	11	NP.	NP.	GM.	A-1-b	2071	14	58	44	20	FIGURADA 2
MUESTRA:MINA LAS PALMAS COORDENADAS WGS84 17S 579590 9797563																						
				100	100	100	85	78	61	55	36	14	NP.	NP.	SM.	A-1-b	2035	15	33	58	23	FIGURADA 3
MUESTRA:MINA PARAISO DE VILLAO COORDENADAS WGS84 17S 570927 9796045																						
			100	75	60	55	50	45	32	28	18	13	NP.	NP.	GM.	A-1-a	2196	11	100	35	10	FIGURADA 2

5. VALIDACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS FUENTES

En base a los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio y de las especificaciones técnicas que deberían cumplir los materiales para las diferentes capas de la estructura del pavimento según MOP - 001-F 2002, se verifica la idoneidad de cada fuente para sus posibles aplicaciones, en base a los resultados de granulometría, abrasión, CBR al 100% de la densidad seca máxima y límites de consistencia.

5.1 Cantera "Juan Pablo 1 (Borcorns-Ordoñez)"

Para esta fuente de material se verifica su aplicabilidad para la capa de base de la estructura de pavimento.

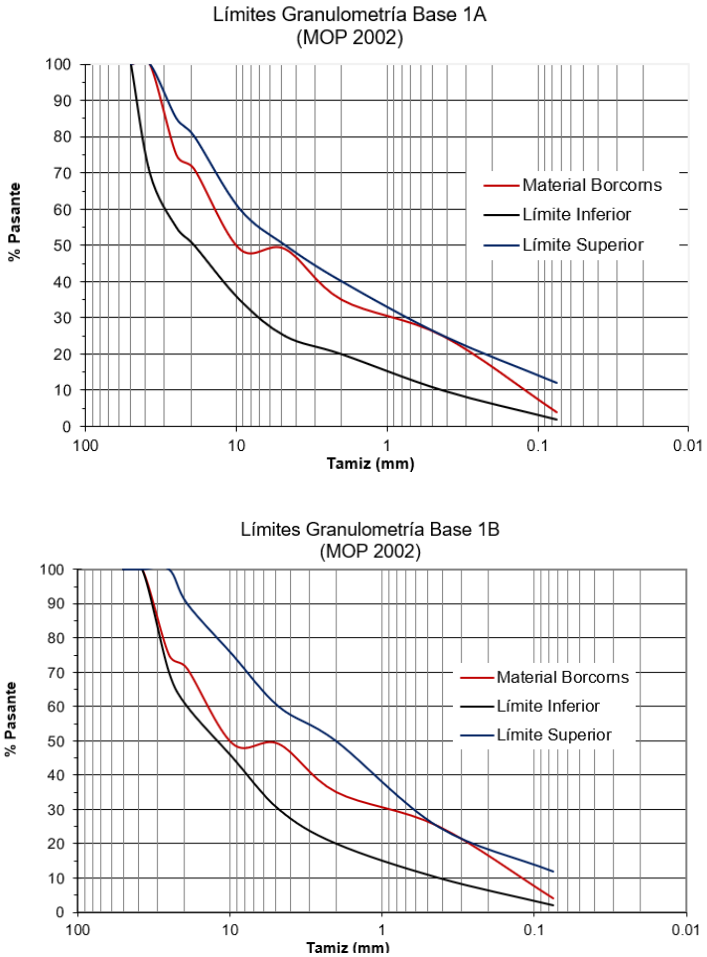


Figura 5-1. Verificación de granulometría para la muestra Borcorns - Ordoñez.

Tabla 5-1. Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra Borcorns - Ordoñez.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	0	%	<25%
Índice Plástico		0	%	<6%
Porcentaje de desgaste de áridos	Ensayo de abrasión	24	%	<40%
CBR	Ensayo CBR	87	%	≥80%

Los resultados presentados en la **Figura 5-1** y la **Tabla 5-1** evidencian que la muestra proveniente de la cantera Borcorns-Ordoñez cumplen las especificaciones para su utilización como base granular clase 1.

5.2 Cantera "Paraíso"

Para esta fuente de material se verifica su aplicabilidad para la capa de subbase de la estructura de pavimento.

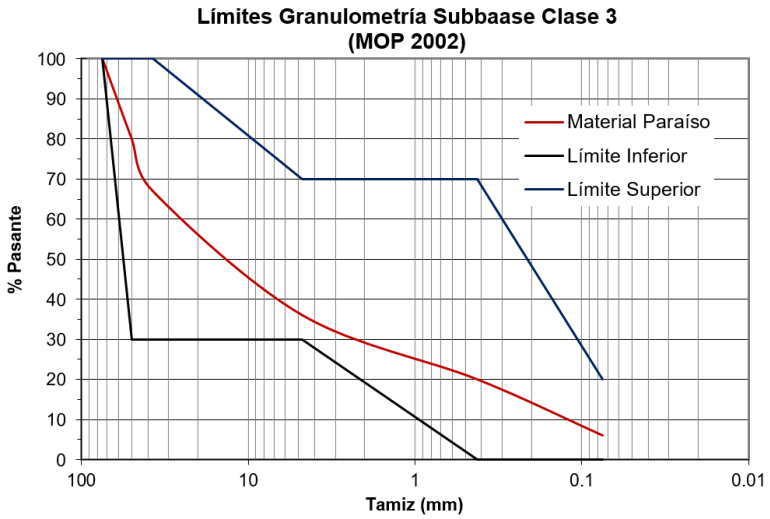


Figura 5-2. Verificación de granulometría para la muestra Paraíso.

Tabla 5-2. Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra Paraíso.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Subbase MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	24	%	<25%
Índice Plástico		2	%	<6%
Porcentaje de desgaste de áridos	Ensayo de abrasión	37	%	<50%
CBR	Ensayo CBR	60	%	≥30%

Los resultados presentados en la **Figura *5-2*** y la **Tabla *5-2*** evidencian que la muestra proveniente de la cantera Paraíso cumple las especificaciones para su utilización como subbase granular clase 3.

5.3 Cantera "Petrillo"

Para esta fuente de material se verifica su aplicabilidad tanto para base como para material de mejoramiento dado que dicha cantera ofrece ambas variedades de productos.

5.3.1 Muestra de base

En base a lo presentado en la **Figura *5-3*** y **Tabla *5-3*** se concluye que la muestra de base proveniente de la cantera Petrillo cumple con las especificaciones para Clase 1.

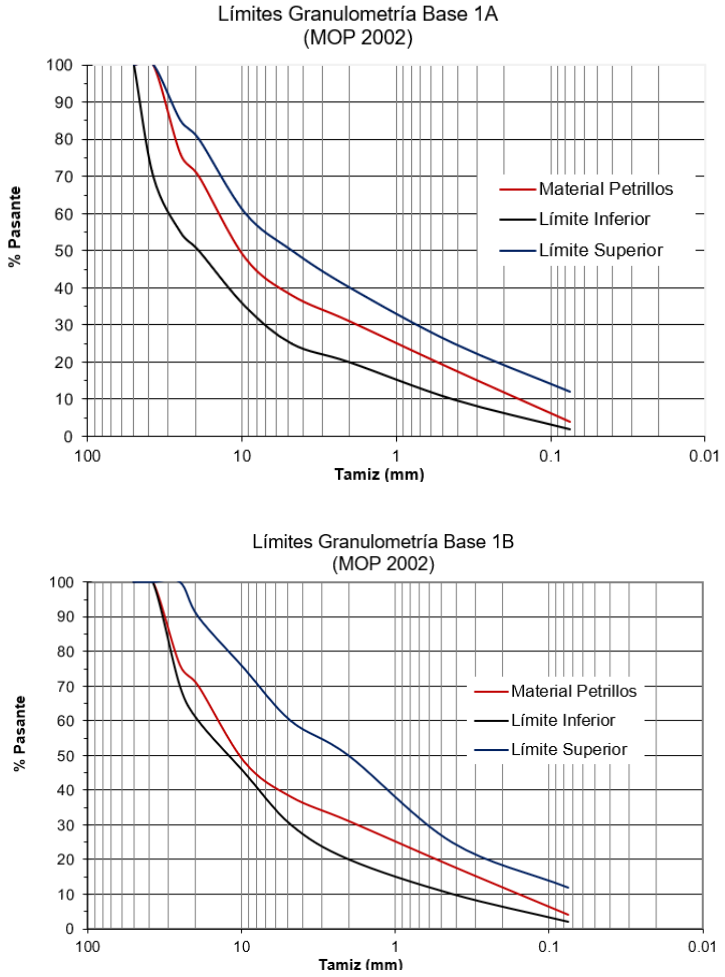


Figura 5-3. Verificación de granulometría para la muestra de base Petrillo.

Tabla 5-3. Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra de base Petrillo.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	0	%	<25%
Índice Plástico		0	%	<6%
Porcentaje de desgaste de áridos	Ensayo de abrasión	24	%	<40%

CBR	Ensayo CBR	99	%	≥80%

5.3.2 Muestra de mejoramiento

En la **Figura *5-4*** se observa que la granulometría de la muestra de mejoramiento cumple los límites establecidos, sin embargo, los parámetros de consistencia y resistencia presentados en la **Tabla *5-4*** evidencian que el límite líquido y el índice plástico son superiores a los máximos especificados en la norma.

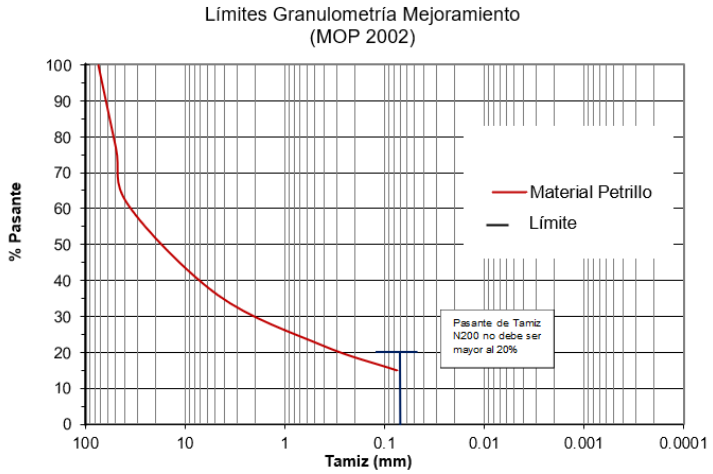


Figura 5-4. Verificación de granulometría para la muestra de mejoramiento Petrillo.

Tabla 5-4. Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra de mejoramiento Petrillo.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Mejoramiento MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	40	%	<35%
Índice Plástico		26	%	<9%
CBR	Ensayo CBR	42	%	≥20%

5.4 Cantera "Jerusalén"

Para esta fuente de material se verifica su aplicabilidad para la capa de mejoramiento de la estructura de pavimento.

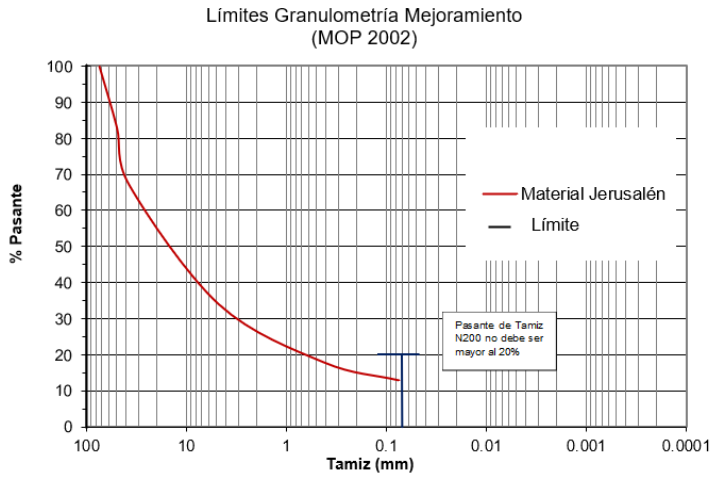


Figura 5-5. Verificación de granulometría para la muestra de Jerusalén.

Tabla 5-5. Validación de parámetros de consistencia y resistencia para la muestra de Jerusalén.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	40	%	<35%
Índice Plástico		24	%	<9%
CBR	Ensayo CBR	41	%	≥20%

En la **Figura *5-5*** se observa que la granulometría de la muestra de mejoramiento cumple los límites establecidos, sin embargo, los parámetros de consistencia y resistencia presentados en la **Tabla *5-5*** evidencian que el límite líquido y el índice plástico no cumplen las especificaciones.

5.5 Cantera "Cerro 4"

Del material extraído de esta fuente se verifica su aplicabilidad como capa de sub-base y mejoramiento de la estructura de pavimento. De acuerdo a la **Figura *5-6*** y la **Tabla *5-6*** la muestra cumple con la granulometría para sub-base clase 3; sin embargo, los límites de consistencia no se encuentran dentro de los límites establecidos.

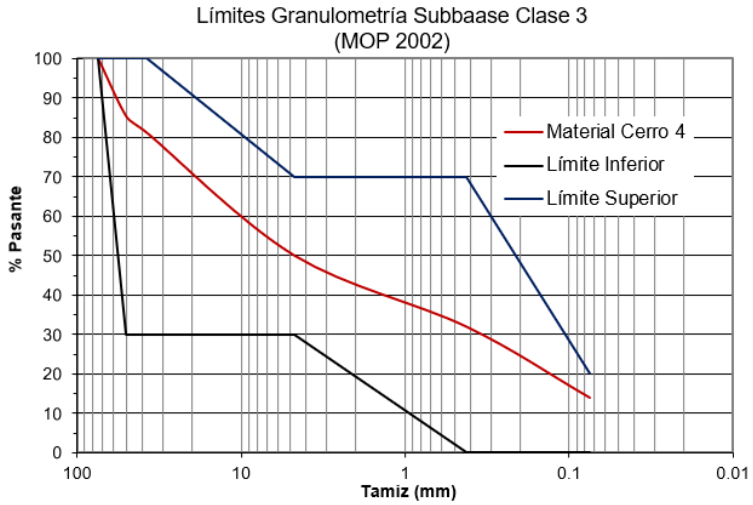


Figura 5-6. Verificación de granulometría como sub-base para la muestra de Cerro 4.

Tabla 5-6. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como sub-basepara la muestra de Cerro 4.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	32	%	<25%
Índice Plástico		26	%	<6%
Porcentaje de desgaste de áridos	Ensayo de abrasión	36	%	<50%
CBR	Ensayo CBR	58	%	≥30%

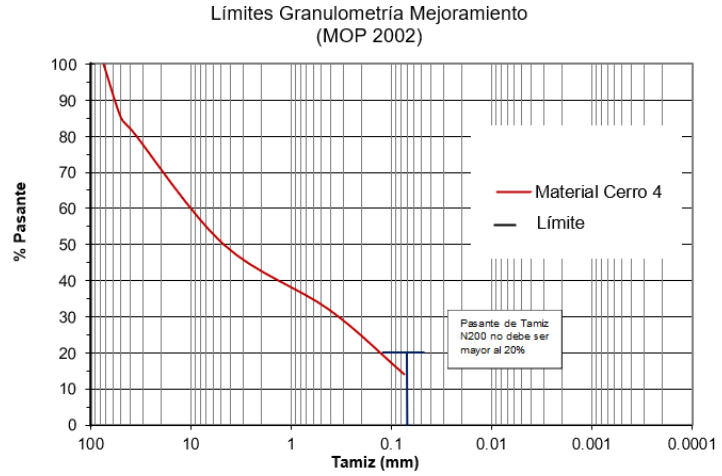


Figura 5-7. Verificación de granulometría como sub-base para la muestra de Cerro 4.

Tabla 5-7. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como sub-base para la muestra de Cerro 4.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	32	%	<35%
Índice Plástico		26	%	<9%
CBR	Ensayo CBR	58	%	≥20%

Al analizar la aplicabilidad del material como mejoramiento de la estructura se observa según la **Figura 5-7** que se cumple con los límites de granulometría establecidos; sin embargo, en base a la **Tabla 5-7** se evidencia que el índice plástico es superior al establecido.

5.6 Cantera "Las Piedras"

Según lo presentado en la **Figura *5-8*** se verifica que la granulometría original no cumple con los límites establecidos y pese a que los límites de consistencia y resistencia presentados en la **Tabla *5-8*** se encuentran dentro de los umbrales, no se podría usar el material como capa de base. Se plantea la verificación de la granulometría después de un tamizado por una abertura de 2", dicha granulometría se presenta en la **Figura *5-9*** en donde se evidencia que no se cumplen los límites superiores.

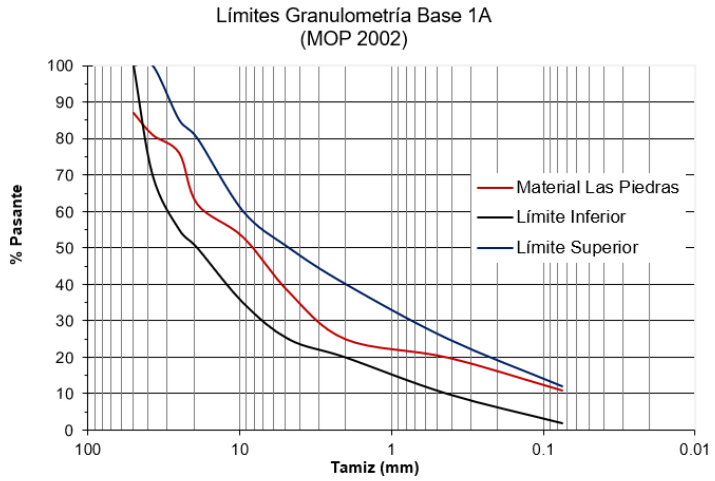


Figura 5-8. Verificación de granulometría para Base para la muestra de Las Piedras.

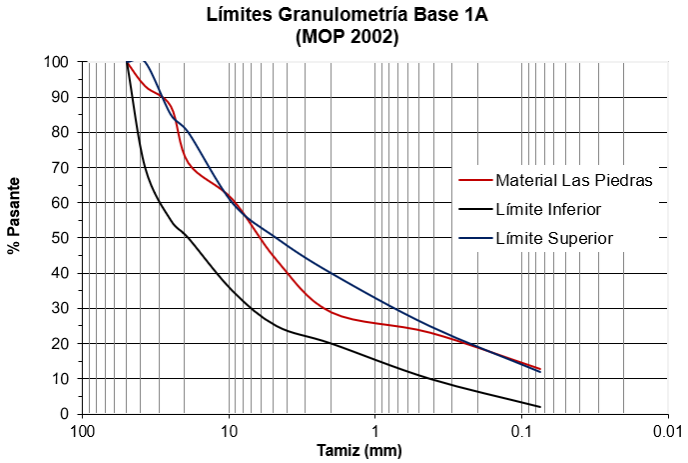


Figura 5-9. Verificación de granulometría como Base para la muestra de Las Piedras después del paso por tamiz 2".

Tabla 5-8. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como Base para la muestra de Las Piedras.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	0	%	<25%
Índice Plástico		0	%	<6%
Porcentaje de desgaste de áridos	Ensayo de abrasión	23	%	<40%
CBR	Ensayo CBR	88	%	≥80%

Al verificar la validez de la muestra para su uso como subbase granular se evidencia según lo expuesto en la **Figura *5-10*** y la **Tabla *5-9*** que la misma cumple con los límites para Subbase Clase 3 tanto en tamaño como en consistencia y resistencia.

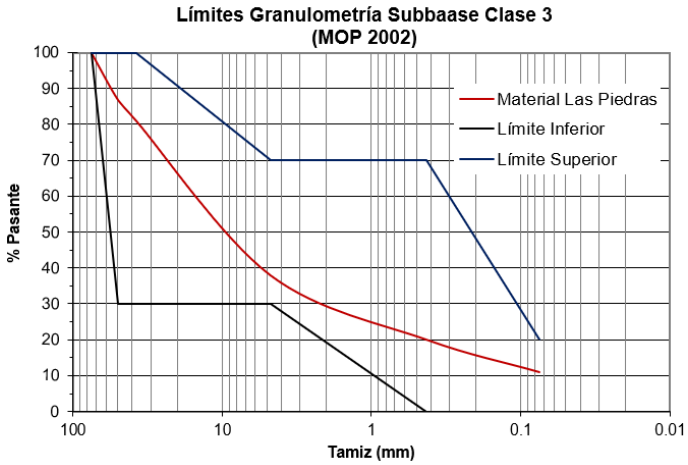


Figura 5-10. *Verificación de granulometría para Subbase para la muestra de Las Piedras.*

Tabla 5-9. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como Subbase para la muestra de Las Piedras.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	0	%	<25%
Índice Plástico		0	%	<6%
Porcentaje de desgaste de áridos	Ensayo de abrasión	23	%	<50%
CBR	Ensayo CBR	88	%	≥30%

Se observa además que según lo presentado en la ***Figura 5-11*** y la ***Tabla 5-10*** el material puede ser empleado como mejoramiento.

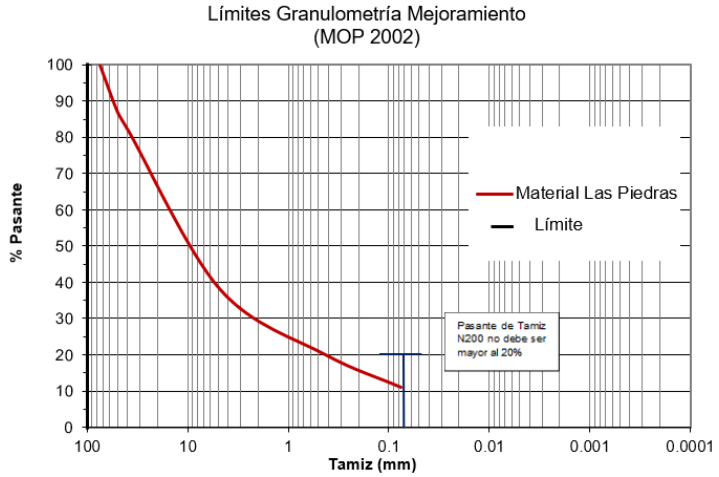


Figura 5-11. Verificación de granulometría como mejoramiento para la muestra de Las Piedras.

Tabla 5-10. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como mejoramiento para la muestra de Las Piedras.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	0	%	<35%
Índice Plástico		0	%	<9%
CBR	Ensayo CBR	88	%	≥20%

5.7 Cantera "Jerusalén Dos"

La muestra proveniente de esta fuente puede ser empleada como subbase clase 3 y material de mejoramiento según lo presentado en las **Tabla *5-11*** y **Tabla *5-12*** y las **Figura *5-12*** y **Figura *5-13***.

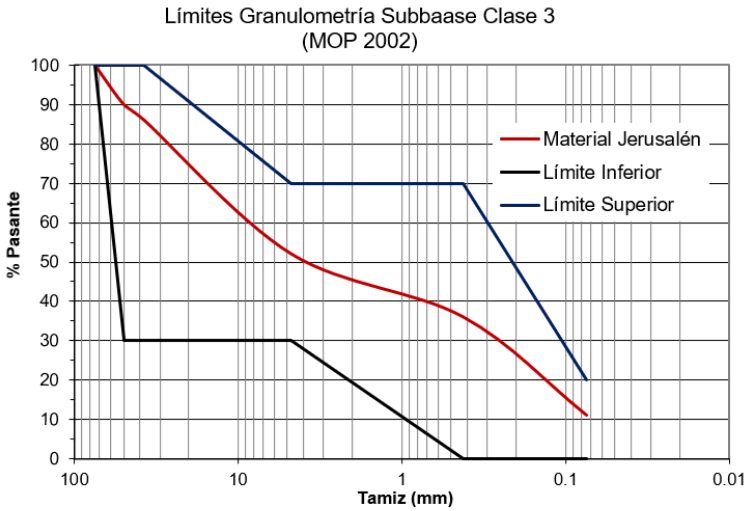


Figura 5-12. Verificación de granulometría como subbase para la muestra de Jerusalén Dos.

Tabla 5-11. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como subbase para la muestra de Jerusalén Dos.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	0	%	<25%
Índice Plástico		0	%	<6%
Porcentaje de desgaste de áridos	Ensayo de abrasión	44	%	<50%
CBR	Ensayo CBR	58	%	≥30%

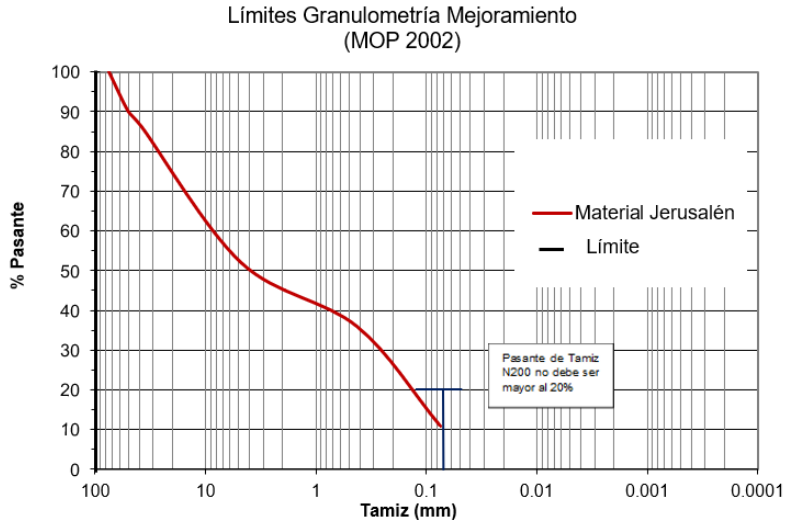


Figura 5-13. Verificación de granulometría como mejoramiento para la muestra de Jerusalén Dos.

Tabla 5-12. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como mejoramiento para la muestra de Jerusalén Dos.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	0	%	<35%
Índice Plástico		0	%	<9%
CBR	Ensayo CBR	58	%	≥20%

5.8 Cantera "Las Palmas"

En cuanto al material de esta fuente la única aplicación posible es como material de mejoramiento según la **Figura *5-14*** y la **Tabla *5-13***.

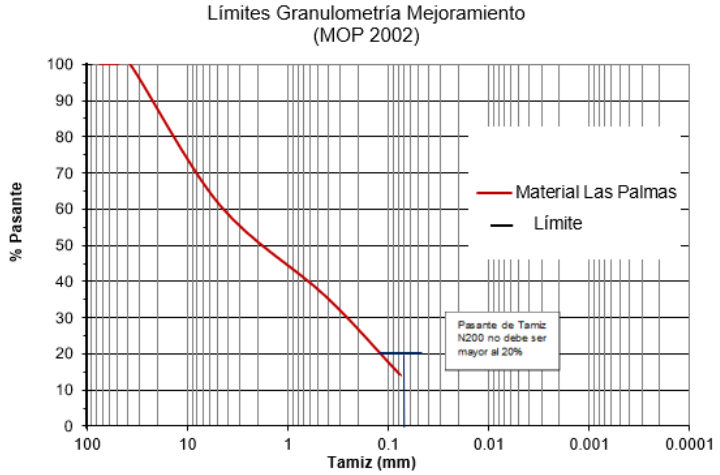


Figura 5-14. Verificación de granulometría como mejoramiento para la muestra de Las Palmas.

Tabla 5-13. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como mejoramiento para la muestra de Las Palmas.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	0	%	<35%
Índice Plástico		0	%	<9%
CBR	Ensayo CBR	33	%	≥20%

5.9 Cantera "Paraíso de Villao"

Los resultados presentados en las **Figura *5-15*** y **Figura *5-16*** y las **Tabla *5-14*** y **Tabla *5-15*** muestran que el material de esta fuente puede ser empleado como subbase clase 2 y clase 3, además de material de mejoramiento.

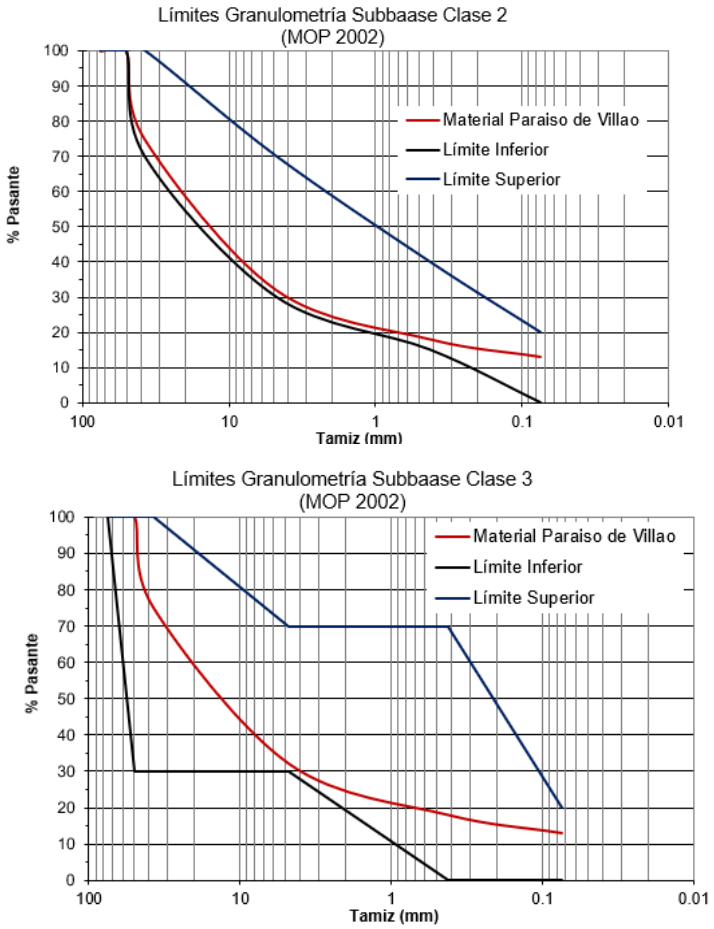


Figura 5-15. Verificación de granulometría como subbase para la muestra de Paraíso de Villao.

Tabla 5-14. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como subbase para la muestra de Paraíso de Villao.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	0	%	<25%
Índice Plástico		0	%	<6%
Porcentaje de desgaste de áridos	Ensayo de abrasión	35	%	<50%
CBR	Ensayo CBR	100	%	≥30%

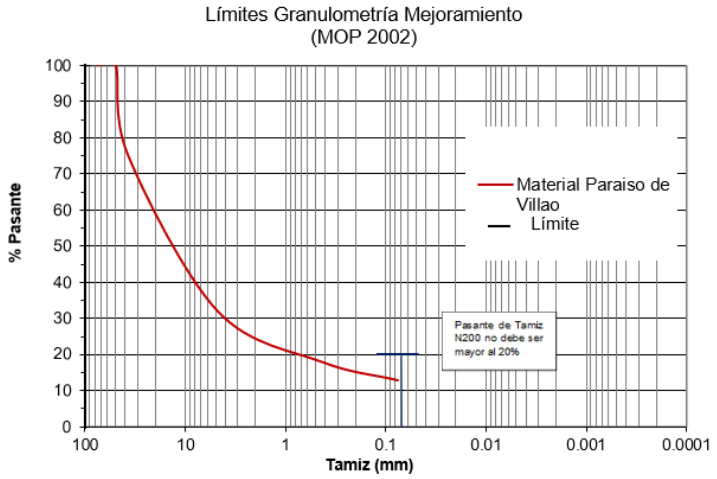


Figura 5-16. Verificación de granulometría como mejoramiento para la muestra de Paraíso de Villao.
Tabla 5-15. Validación de parámetros de consistencia y resistencia como mejoramiento para la muestra de Paraíso de Villao.

Característica	Ensayo	Resultado	Unidad	Normativa para Material Base MOP 2002
Límite Liquido	Límites de Atterberg	0	%	<35%
Índice Plástico		0	%	<9%
CBR	Ensayo CBR	100	%	≥20%

6. ANALISIS TÉCNICO ECONÓMICO

El presente análisis técnico-económico tiene como objetivo evaluar y comparar las distintas fuentes de materiales destinados a la construcción de la vía, con el fin de seleccionar aquellas que ofrezcan la mejor combinación entre viabilidad técnica, económica y legal. Para ello, se consideran criterios como el cumplimiento de las especificaciones establecidas en la norma MOP-001-F 2002, el tipo de aprovechamiento (libre o concesionado), el costo de extracción, la distancia a los distintos tramos del proyecto y el costo estimado de transporte. Además, se incluye una revisión del estado legal de cada fuente según los registros de la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM).

El análisis considera los siguientes tramos

- Tramo 1 Abscisas 0+000 - 11+200 (Hasta Paraíso)

Por otro lado, el costro por transporte considerado es de 0.21 USD/m^3-km cotizado como costo directo

Fuente	Tipo de Material	Cumple MOP-001-F 2002	Libre Aprov.	Costo Material (USD/m³)	Distancia Acarreo (km) Tramo 1	Costo por Aarreo (USD/m³) Tramo 1	Costo Total (USD/m³) Tramo 1	Estado Legal (ARCOM)	Observaciones
Juan Pablo 1	Base Granular	Si	No	10	45.271	9.51	19.51	Inscrita	Material de base consta en la cotización como subbase clase 1.
	Material Filtrante	NA		10			19.51		
Paraíso	Subbase Granular	Si	No	8.5	45.044	9.46	17.96	Inscrita	Comercializado como Cisco azul
Petrillo	Base Granular	Si	No	…	47.916	10.06	…	Sin Registro	No consta en el catastro minero por cese de concesión; sin embargo se encuentra en trámite de renovación.
	Mejoramiento	No		…			…		
Jerusalén	Mejoramiento	No	No	…	55.184	11.59	…	Inscrita	Mayor producción de materiales finos
Cerro 4	Subbase Granular	No	No	…	49.843	10.47	…	Inscrita	Distribuye principalmente material de relleno y mejoramiento
	Mejoramiento	No		…			…		
Las Piedras	Base Granular	No	Si	…	31.902	6.7	…	En trámite GAD Pedro Carbo	Libre aprovechamiento ya gestionado
	Subbase Granular	Si		…			…		
Jerusalén Dos	Subbase Granular	Si	Si	…	24.885	5.23	…	En trámite GAD Pedro Carbo	Libre aprovechamiento ya gestionado
	Mejoramiento	Si		…			…		
Las Palmas	Mejoramiento	Si	Si	…	13.053	2.74	…	En trámite GAD Pedro Carbo	Libre aprovechamiento ya gestionado
Paraíso de Villao	Subbase Granular	Si	Si	…	6.098	1.28	…	Inscrita GAD Pedro Carbo	Libre aprovechamiento ya gestionado
	Mejoramiento	Si		…			…		

La cantera Juan Pablo 1 es técnicamente la fuente más adecuada para material de Base Clase II y piedra triturada. Cumple con todos los criterios normativos y presenta un desgaste bajo, sin plasticidad y con CBR elevado. Está legalmente inscrita, operativa y con un volumen estimado suficiente. Desde el punto de vista logístico, su ubicación permite un acarreo relativamente controlado, con distancias de 45 o. Esto incide directamente en el costo total por metro cúbico. La calidad técnica y la disponibilidad constante justifican su elección como material estructural de base granular.

La cantera Paraíso, también inscrita y en explotación, ofrece material para Sub-base Clase III, mejoramiento que cumple con las especificaciones técnicas requeridas. Comercializado como "Cisco azul", su contenido de finos es bajo y sus límites de consistencia se mantienen dentro de norma. Su rendimiento diario es menor, pero dispone de un volumen total considerable. Las distancias de acarreo son similares a las de Juan Pablo 1, 45 km, con costos totales de USD 17.96 por metro cúbico considerando costo de material y costo de acarreo. Esta combinación de calidad técnica, estado legal vigente y costos la posicionan como una fuente adecuada para la subbase granular de la vía.

En el caso de la cantera Petrillo, aunque el material de base cumple con los parámetros establecidos, su situación legal actual (fuera del catastro minero) impide su uso en obra pública. Además, el material de mejoramiento no cumple con los límites de consistencia. La distancia al eje vial es ligeramente mayor (hasta 60 km), lo que incrementa el costo de acarreo. Incluso si se habilitara nuevamente, sus ventajas técnicas quedarían limitadas frente a otras fuentes ya disponibles y legalmente operativas.

La cantera Jerusalén presenta una matriz arcillosa como material predominante. Aunque se ensayó una muestra extraída de zonas con afloramientos rocosos, el material presenta exceso de finos y plasticidad elevada, por lo que no cumple para mejoramiento. Además, su ubicación implica distancias de acarreo superiores a los 60 km, lo que incrementa los costos sin compensación técnica. Su inclusión queda descartada.

Cerro 4, fuente operativa y legalmente inscrita, fue evaluada principalmente para mejoramiento y subbase. Si bien cumple con granulometría y CBR, sus límites de consistencia exceden los establecidos, limitando su aplicación. La distancia al centro de la vía es de aproximadamente 50 a 56 km, lo que genera costos similares a los de las fuentes seleccionadas, sin aportar una mejora técnica significativa. No se recomienda su uso para capas estructurales.

Las fuentes de libre aprovechamiento, administradas por el GAD de Pedro Carbo, no son actualmente utilizables. No obstante, representan un punto de comparación importante. Destacan especialmente las fuentes Paraíso de Villao, Las Piedras y Jerusalén Dos, por cumplir con los requisitos técnicos para subbase y mejoramiento, y por su proximidad relativa al eje vial, lo que podría traducirse en menores costos de acarreo en caso de ser gestionadas.

Se optó por la cantera Juan Pablo 1 para la capa de base y piedra triturada debido a que cumple con la normativa vigente, presenta excelente calidad técnica, buena logística de extracción y un volumen disponible suficiente para atender la demanda del proyecto de forma continua, Además, su gestión legal está en regla, lo que garantiza seguridad en el suministro. Para la subbase y mejoramiento se seleccionó la cantera Paraíso, ya que ofrece material con parámetros dentro de lo establecido, con buen comportamiento mecánico, estado legal vigente y una ubicación similar a la fuente de base, lo que optimiza la operación en campo. La decisión se basa en un equilibrio entre cumplimiento normativo, disponibilidad, calidad y viabilidad operativa y económica.

7. EVALUACIÓN DE FUENTE DE ASFALTO

Para el desarrollo de la carpeta de rodadura del pavimento, se evaluó como proveedor a la empresa INDUCTROC S.A., la cual presentó una propuesta técnica-económica para la provisión e instalación de carpeta asfáltica de 3 pulgadas de espesor, incluyendo imprimación. El costo ofertado fue de USD 10,90 por metro cuadrado, estableciéndose un valor total de USD 2.551.069,30 (incluido IVA) para una superficie de 203.515,70 m².

De la carpeta mencionada se han analizado los resultados del diseño de la misma y se ha comparado con lo estipulado por la MOP – 001-F 2002, cuyos parámetros se presentan en la **Figura *7-1***.

TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
CRITERIOS MARSHALL	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacíos agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
- Capa de Rodadura	70	----	70	----				
- Intermedia o base	60	----	60	----				

Figura 7-1. Especificaciones para mezclas asfálticas según MOP - 001-F 2002.

En base a los resultados de diseño se observa inicialmente que la muestra de diseño cumple con los límites granulométricos especificados en la tabla 405-5.1 de la *MOP - 001-F 2002* para un tamaño nominal de ¾". Los porcentajes de mezcla de cada acopio

según su granulometría se presenta en la **Tabla *7-1***, asimismo se observa que con dicha combinación se cumplen con los límites establecidos según se presenta en la **Figura *7-2***.

Tabla 7-1. Combinación de áridos para ajustarse a una granulometría con TMN 3/4".

							TMN 3/4" TABLA 405-5.1			
	TAMIZ	PIEDRA 3/4	PIEDRA 3/8" No.4	Arena	Cisco	MEZCLA	ESPECIFICACION MOP-001-F-2002		BANDA DE CONTROL	
		15%	35%	15%	35%					
PORCENTAJE QUE PASA TAMIZ	1"	15.00	35.00	15.00	35.00	100.00	100	100	100	100
	3/4"	13.58	35.00	15.00	35.00	98.58	90	100	90	100
	3/8"	2.08	19.82	14.87	34.94	71.71	56	80	65	79
	No.4	0.71	4.19	13.06	32.10	50.07	35	65	43	57
	No.8	0.58	1.75	11.32	22.38	36.02	23	49	30	42
	No.50	0.26	0.45	1.90	6.41	9.03	5	19	4	14
	No.200	0.10	0.18	0.69	4.74	6.71	2	8	2	8

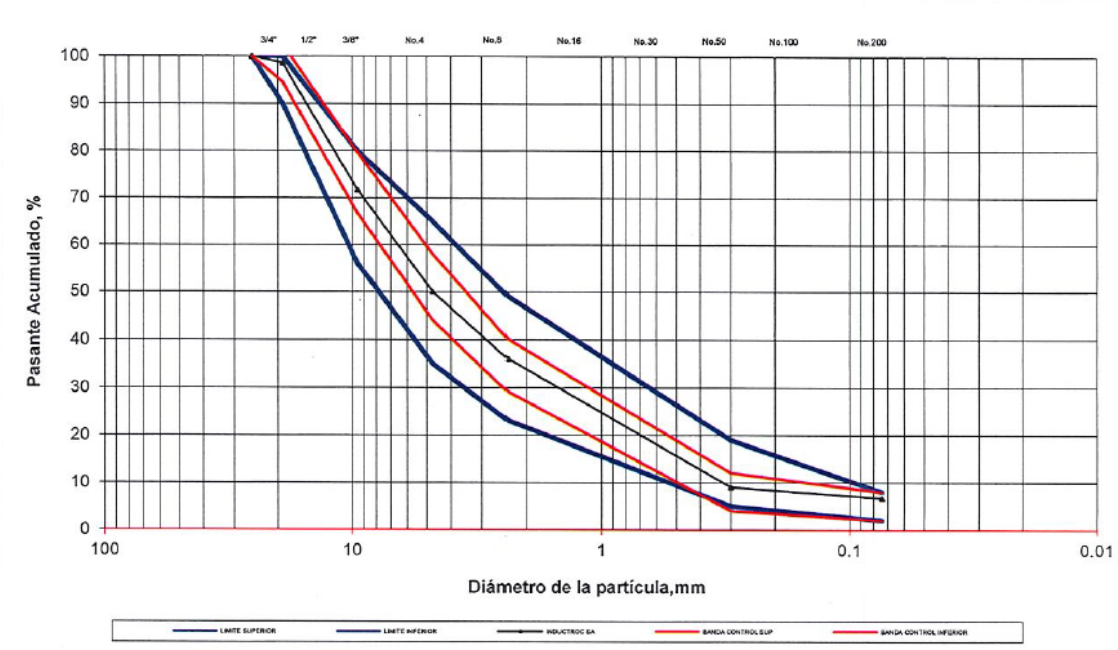


Figura 7-2. Granulometría obtenida mediante combinación de áridos en contraste con límites establecidos por la MOP - 001-F 2002.

Por otro lado, en base a los resultados presentados en la **Tabla *7-2*** se determina que el porcentaje de asfalto óptimo corresponde a 6%, y que con dicho porcentaje cumple con las especificaciones para tráfico pesado según lo presentado en la **Tabla *7-3***.

Tabla 7-2. Parámetros de la mezcla para un contenido óptimo de asfalto de 6%.

1.-	Estabilidad	(Lbs)	2507
2.-	Vacios	(%)	4.50
3.-	Flujo	(%)	10.70
4.-	Densidad de la mezcla (Kg/m3)		2435

Tabla 7-3. Contraste de resultados para requerimientos de una carpeta diseñada para tráfico pesado.

		Valor Medido	Especificaciones
1.-	Estabilidad	Mayor a 2200 Lbs.	Mayor a 2200 Lbs.
2.-	Vacíos	4.50	3 - 5
3.-	Flujo	10.70	8 - 14
3.-	V.A.M.	14.50	

Se concluye que la carpeta de rodadura cumple con los estándares de calidad establecidos por lo que se recomienda su uso. La distancia correspondiente a cada uno de los tramos previstos para la construcción se presenta en la

Tabla 7-4. Distancias de acarreo a planta de asfalto Inductroc.

Tramo	Distancia (km)
1	60.95

8. CONCLUSIONES

En base al estudio de pavimentos y al cálculo de materiales de obra, para la ejecución de la primera fase se necesitan 27,997.72 m^3 de Sub-base Clase III, 17,105.66 m^3 de Base Clase II para la estructura vial, 11,934.87 m^3 de mejoramiento y 4,998.13 m^3 de piedra triturada para sub-drenes

Las fuentes de materiales seleccionadas en base al análisis técnico y económico corresponden a Juan Pablo 1(Borcons) para la dotación de Base clase II y piedra triturada, con una distancia de acarreo para el tramo de 45.56 km. La fuente seleccionada para la extracción de material de Subbase clase III y mejoramiento corresponde a la cantera Paraíso con una distancia de acarreo para el tramo de 45.33 km. Se recomienda verificar la posibilidad de futura disponibilidad o gestionar la producción de material de subbase en la cantera Juan Pablo 1 (Borcons) ya que en el momento de visitas al lugar y extracción de muestras únicamente se contaba con material de piedra base (piedra de voladura con diámetros de 15 a 40 cm), Base clase 1 y material filtrante. La fuente de asfalto seleccionada es INDUCTROC S.A con una distancia de acarreo para el tramo de 60.95 km

Tabla 8-1. Resumen distancias de acero Fase I

MINA	MATERIAL	DISTANCIA (KM)
BORCOMS	Base, piedra triturada	45.56
PARAÍSO	Sub-base, mejoramiento	45.33
INDUCTROC	Asfalto	60.95

En los casos en que los materiales de mejoramiento no cumplen con los límites de consistencia establecidos por la normativa vigente, según la sección 816-2 de la MOP-001-F-2002, se recomienda implementar técnicas de estabilización, como la adición de cal, para mejorar sus propiedades plásticas y reducir su sensibilidad al agua. Asimismo, se menciona que pese a que se realizó un análisis de materiales para su uso como mejoramiento de la vía en el diseño final de la estructura del pavimento se presidió de dicha capa por lo que su único uso en el proyecto se reduce a la cimentación de muros de contención.

En el presente estudio se presentan fuentes de materiales de libre aprovechamiento gestionadas por el GAD de Pedro Carbo como una referencia a la calidad del material presente en la zona. Se plantea la posibilidad de gestionar áreas adyacentes a Paraíso de Villao, Las Piedras y Jerusalén Dos ya que su uso se justifica en la calidad de su material y sus posibles aplicaciones analizadas en el presente informe.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ministerio de Obras Públicas [MOP]. (2002). Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP-001-F.