

CAPITULO I

DISEÑO TEORICO DE LA INVESTIGACION

CAPITULO I

DISEÑO TEORICO DE LA INVESTIGACION

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio tiene como objetivo principal comparar los métodos del Triángulo de Feret, Granulométrico y Gráfico en la estabilización granulométrica de suelos aluviales en el valle central de Tarija. La investigación surge de la necesidad de proporcionar mayor certidumbre en los resultados obtenidos a través de estos métodos, los cuales han mostrado discrepancias significativas en relación a las especificaciones establecidas.

En cuanto a los antecedentes relevantes, se ha identificado una situación problemática en la estabilización del suelo mediante métodos granulométricos en suelos aluviales, donde los resultados obtenidos no han cumplido con las especificaciones requeridas. La falta de investigación en esta área ha generado incertidumbre en los resultados y la posibilidad de que estos métodos sean pasados por alto, lo que podría llevar a la utilización de métodos menos precisos o ineficientes.

Ante esta problemática, se tiene la intención de proceder con una comparación detallada de los métodos del Triángulo de Feret, Granulométrico y Gráfico, con el objetivo de mejorar la confiabilidad y eficacia de la estabilización granulométrica en suelos aluviales. El objetivo principal de la investigación es comprobar la veracidad de los resultados obtenidos mediante estos métodos y proporcionar una mayor certidumbre en los mismos. En este proyecto se enmarca en la ingeniería de la mecánica de suelos, contribuyendo al desarrollo de métodos más precisos y confiables para la estabilización granulométrica en suelos aluviales. El estudio se llevará a cabo a través de la selección de zonas de muestreo, la caracterización de las muestras, la aplicación de los métodos propuestos, el análisis estadístico de los resultados y la determinación de una especificación técnica. Se espera que los resultados de esta investigación tengan un impacto significativo en la mejora de los procesos de estabilización de suelos, garantizando la calidad y eficiencia de las obras de construcción de carreteras y otras infraestructuras.

1.2 ANTECEDENTES

En la literatura relacionada con la ingeniería de carreteras y materiales de construcción, se han realizado diversos trabajos que abordan aspectos relevantes para el diseño y construcción de vías de comunicación. En la norma AASHTO (2021) presenta un método

estándar para el análisis de tamaño de partículas en suelos, mientras que ABC (2018) ofrece un manual de ensayos y materiales en carreteras que puede servir como referencia para la evaluación de materiales de construcción de mezclas estabilizantes.

Alvarez (1957) destaca la importancia de la topografía y la calidad de los materiales en la construcción de caminos mediante el uso de métodos granulométricos, mientras que Keller (2004) proporciona una guía de campo para las mejores prácticas de administración de caminos, considerando aspectos como el tipo de tráfico y la fluidez del tránsito usando criterios para su utilización en capas de pavimento.

En el ámbito de la estabilización de suelos, Pacheco Núñez (2017) ofrece un texto guía sobre la estabilización de materiales para carreteras, y Pérez (2014) realiza una valoración de los efectos de mezclas estabilizadas granulométricas para materiales de capa sub-base y base en la región de Tarija, Bolivia.

Por otro lado, Williams (2012) aborda la aplicación del método del triángulo de Feret en la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Perú, para la evaluación de materiales de construcción. Este enfoque se suma a la discusión sobre métodos de análisis granulométrico y gráfico en la evaluación de materiales para carreteras.

Estos trabajos previos proporcionan una base sólida para el desarrollo del presente proyecto, que tiene como objetivo comparar el método del triángulo de Feret, granulométrico y gráfico para un uso eficiente del método más adecuado para la mezcla de 3 suelos para capas de base y sub-base en la construcción de carreteras.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 Justificación académica

La justificación académica de este estudio se centra en la búsqueda del método más efectivo para la estabilización granulométrica de suelos aluviales en el campo de la ingeniería civil. La teoría principal que respalda este tema se relaciona con la necesidad de optimizar los procesos de diseño de carreteras y otras infraestructuras, donde la estabilización adecuada del suelo es fundamental para garantizar la durabilidad y seguridad de las obras. La existencia de deficiencias en la funcionalidad de los métodos actuales, es imperativo llevar a cabo investigaciones que permitan identificar el método más eficaz y confiable para la estabilización de suelos aluviales en el ámbito de la ingeniería civil, específicamente en el área de la mecánica de suelos.

1.3.2 Justificación de la aplicación técnico-practico

La aplicación técnico-práctica de este estudio se justifica en la necesidad de desarrollar un método de estabilización granulométrica de suelos aluviales que sea fácilmente aplicable en la ejecución de proyectos de ingeniería civil. Los resultados de esta investigación deben ser versátiles y estar diseñados de manera que puedan ser replicados por otros investigadores, garantizando su aplicabilidad en diferentes contextos. En este sentido se propone que los procesos planteados sean de fácil implementación con instrucciones claras y recomendaciones pertinentes para su uso. Se buscará que el método seleccionado sea factible de aplicar en el campo, con consideraciones prácticas que permitan su adopción por parte de profesionales de la ingeniería civil.

1.3.3 Justificación e importancia social

La justificación de la importancia social de este estudio radica en el impacto positivo que las mejoras en el diseño de estabilización de suelos aluviales pueden tener en la sociedad y en el orden económico de la zona de proyecto. Al mejorar los métodos de estabilización de suelos en el uso del método más confiable, se contribuye a la construcción de infraestructuras más seguras y duraderas, lo que a su vez garantiza la integridad de las carreteras y otras obras civiles. Esto no solo mejora la calidad de vida de los habitantes al garantizar una mayor seguridad en las vías de comunicación, sino que también puede impulsar el desarrollo económico de la región al facilitar el transporte de bienes y personas de manera eficiente. Además, al optimizar los procesos de construcción se pueden reducir costos y tiempos de ejecución, lo que beneficia tanto a las empresas constructoras como a la comunidad en general.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.4.1 Situación problemática.

La estabilización del suelo mediante métodos granulométricos en suelos aluviales, los porcentajes obtenidos suelen estar dentro de los rangos de especificación.

Sin embargo, los métodos del triángulo de Feret, granulométrico y gráfico presentan discrepancias en sus resultados finales, saliéndose de las especificaciones establecidas ya que en la mayoría de los casos un material natural no cumple con las especificaciones.

La falta de investigación en esta área implica que la incertidumbre en los resultados persista y existe el riesgo de que estos métodos sean pasados por alto. Es fundamental

realizar una investigación para comprobar la veracidad de los resultados mediante una comparación entre los métodos.

No abordar esta problemática limitaría el avance en la estabilización granulométrica de suelos aluviales y podría llevar a la utilización de métodos menos precisos o ineficientes. Por lo tanto, es necesario investigar y comparar los métodos del triángulo de Feret, granulométrico y gráfico para mejorar la confiabilidad y eficacia de la estabilización granulométrica en suelos aluviales en el campo de aplicación de capas de pavimento.

1.4.2 Delimitación Temporal y Espacial.

a. Delimitación temporal.

Tabla 1. Delimitación temporal

Fecha aproximada	Evento	¿Cómo tributa este dato?
Agosto del 2023	Exploración del tema.	Debido a la discrepancia entre métodos granulométricos se busca explorar la utilización del mejor método.
Septiembre del 2023	Se inicia la planificación.	En base a los diferentes métodos que posee la estabilización granulométrica se determina la exploración y aplicación en suelos aluviales
8 de noviembre del 2023	Se lleva a cabo la reunión.	Esto es en Junta de Departamento.
20 de diciembre del 2023	Se aprueba la asignatura CIV 501.	Se define la investigación aprobada con el Tema y la metodología.
20 de febrero del 2024	Se inicia los trámites de solicitudes.	Permitir el uso de equipo de laboratorio.
27 de febrero del 2024	Se realiza la exploración y recolección de muestras	Se realiza la extracción de material aluvial necesarios para la investigación.

29 de febrero del 2024	Se comienza con el proyecto.	Se inicia con la caracterización de los materiales para las pruebas de laboratorio.
20 de marzo del 2024	Se realiza las primeras pruebas de pre diseño de mezclas.	Se realiza las primeras pruebas de laboratorio con la mezcla de los suelos con muestras E-A-B
21 de marzo del 2024	Se realiza las pruebas de diseño de mezclas.	Se realiza las pruebas de laboratorio con la mezcla de los suelos con muestras E-A-B para los diferentes métodos
20 de mayo del 2024	Entrega de borrador	Borrador completo para ser revisado y aprobado por el docente
2 Julio del 2024	Pre defensa	Pre defensa con tribunales

b. Delimitación Espacial.

El área temática predominante está en la mecánica de suelos. La base de operaciones es el laboratorio de suelos de la UAJMS aplicada a los porcentajes de la estabilidad granulométrica en suelos aluviales en el valle central de Tarija.

1.4.3 Formulación del problema.

¿De qué manera se puede comprobar la veracidad de los resultados de los métodos Triángulo de Feret, Granulométrico y Grafico?

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.5.1 Objetivo General

Comparar la eficacia de los métodos de Triángulo de Feret, Granulométrico y Gráfico para la estabilización granulométrica de suelos aluviales en el valle central de Tarija, con el fin de determinar cuál de estos métodos proporciona resultados más precisos y confiables que cumplan con los requerimientos granulométricos establecidos por la norma.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Estudiar los métodos del Triángulo de Feret, Granulométrico y Grafico.
- Seleccionar las zonas de muestreo.
- Caracterizar las muestras seleccionadas.
- Aplicar los métodos propuestos.
- Determinar una especificación técnica y cumplan las características de la norma ABC.
- Analizar estadísticamente los resultados mediante la prueba ANOVA para la comparación entre métodos.
- Plantear ventajas y desventajas del uso de cada método.

1.6 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS Y SUS VARIABLES

1.6.1 Formulación de la Hipótesis

Una comparación procedimental y de resultados de los métodos Triángulo de Feret, granulométrico y gráfico permitirá establecer una certidumbre confiable en el proceso de estabilización granulométrica de suelos aluviales, destacando las diferencias en la granulometría obtenida de cada método en el mezclado de tres materiales específicos.

1.6.2 Identificación y conceptualización de variables

Se observa que solo se cuenta con una variable, Los métodos para la estabilización granulométrica: triángulo de Feret; granulométrico y gráfico. Cada método está definido y respaldado por su propia metodología propia.

No existe relación de dependencia de variables ya que solo es una la que se debe medir.

1.6.3 Conceptualización y Operacionalización de las variables.

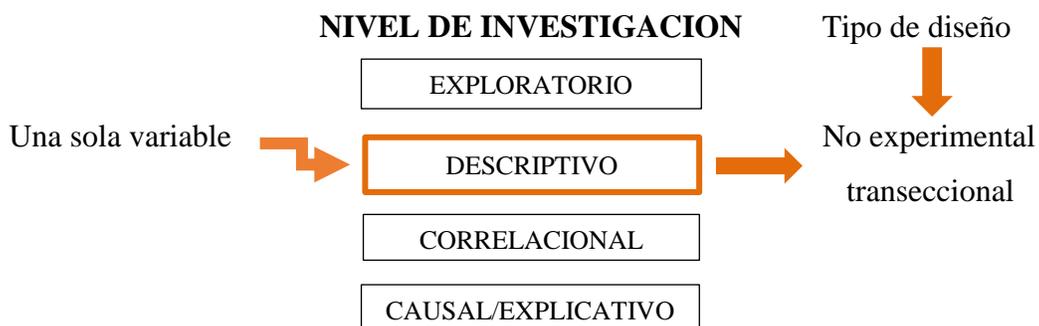
VARIABLE	CONCEPTO	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALOR O ACCIÓN
Certidumbre confiable de métodos granulométricos	Son procedimientos utilizadas para determinar la distribución de tamaños de partículas	Método Triangulo de Feret	Porcentaje (%)	Se usa un triángulo clasificadorio con los % granulométricos

	<p>en un material, generalmente suelos o agregados. Estos métodos permiten conocer la proporción de partículas de diferentes tamaños presentes en una muestra y son fundamentales en el análisis y caracterización de materiales granulares. (KOVACS, 2011)</p>	Método Granulométrico	Porcentaje (%)	En laboratorio con tamices normados
		Método Grafico	Porcentaje (%)	Con porcentajes definidos

1.7 DETERMINACIÓN DEL ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación tiene como objetivo principal comparar los métodos del Triángulo de Feret, Granulométrico y Gráfico para la estabilización granulométrica de suelos aluviales, llevándose a cabo en un laboratorio especializado en suelos. Las zonas de muestreo seleccionadas estarán ubicadas en áreas estratégicamente para asegurar la investigación y así asegurar la relevancia de los resultados.

El estudio se enfocará en la aplicación de estos métodos en muestras de suelo aluvial, utilizando técnicas de análisis granulométrico y otros métodos específicos para evaluar las características del suelo. Se empleará un diseño de investigación no experimental y transeccional, dado que se trabajará con una variable no manipulable. La recolección de información se realizará en un período determinado, garantizando así la validez y confiabilidad de los resultados.



Los resultados obtenidos se evaluarán en términos de su aplicabilidad en capas de

pavimento con una dosificación total de material de río natural y se buscará proporcionar recomendaciones prácticas para mejorar la precisión y exactitud en términos granulométricos y los resultados obtenidos mediante los métodos de estabilización del suelo bajo requerimientos mínimos de acuerdo a la norma ABC para la granulometría en capas de pavimento.

Se controlarán los procedimientos de aplicación de cada método y se utilizarán técnicas y equipo estandarizados en el laboratorio de suelos para garantizar la validez de los resultados. La investigación estará orientada a comparar la efectividad de la estabilización del suelo en proyectos de construcción de pavimentos, con el objetivo de proporcionar recomendaciones valiosas para su implementación en base a la granulometría.

CAPITULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO

CAPITULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO

❖ Marco conceptual

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Conceptos básicos

Análisis de datos: Proceso de examinar, limpiar y modelar datos con el fin de descubrir información útil.

Calidad del suelo. Características que determinan la idoneidad de un suelo para diversos usos.

Comparativa. Análisis que muestra las similitudes y diferencias entre diferentes enfoques o métodos.

Estabilidad. Capacidad de un suelo para resistir cambios y mantener su integridad.

Estadística. La estadística es la ciencia que se encarga de recopilar, organizar, analizar e interpretar datos con el fin de obtener conclusiones o realizar predicciones.

Granulometría. Estudio de la distribución de tamaños de partículas en un suelo.

Granulométrica. Es la graduación de tamaños.

Granulométrico. Es un método utilizado para determinar la distribución de tamaños de partículas en un material, como los suelos. Este análisis se realiza mediante el tamizado de una muestra de suelo a través de una serie de tamices de diferentes tamaños de malla, y luego se registra la cantidad de suelo retenido en cada tamiz en porcentajes.

Propiedades mecánicas. Características relacionadas con la respuesta de un suelo a fuerzas externas.

Prueba de hipótesis. La prueba de hipótesis es un procedimiento estadístico que permite evaluar si una afirmación o conjetura sobre una población es plausible o no, a partir de la información.

Suelos Aluviales. Los suelos aluviales se originan a partir del transporte por medio del agua estos suelos se encuentran en llanuras aluviales de los ríos.

2.1.2 Definiciones generales

2.1.2.1.1 Suelos

Desde el punto de vista de la ingeniería, suelo es el sustrato físico sobre el que se realizan las obras civiles, arquitectónicas, viales, etc. Para poder definir el comportamiento del

suelo ante la obra que en él incide se consideran:

Los parámetros de identificación: La granulometría (distribución de los tamaños de grano que constituyen el agregado) y la plasticidad (la variación de consistencia del agregado en función del contenido en agua).

Los parámetros de estado: La humedad (contenido en agua del agregado), y la densidad, referida al grado de compacidad que muestren las partículas constituyentes.

Los diferentes tipos de depósitos de suelo, están clasificados según al modo de transportación de estos materiales, entre los cuales tenemos los suelos transportados y los suelos no transportados. (Lifeder, 2019)

2.1.2.1.2 Suelos Transportados

Los suelos transportados son aquellos que cambian de lugar debido a un agente externo natural entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

Depósitos eólicos. El viento a diferencia de otros solo puede mover sedimento compuesto de pequeñas partículas a diferentes lugares. El depósito ocurre cuando la velocidad del viento disminuye, consecuentemente las partículas se acumulan a lo largo del camino, el viento llega a clasificarla ya que deja las partículas más grandes y se lleva las partículas más pequeñas. El trabajo de denudación del viento, se puede observar en forma más destacada en las regiones que tienen un clima seco y caliente.

Depósitos glaciales. Un glaciar transporta rocas de todo tamaño y una variedad de sedimentos, los cuales caen sobre su superficie provenientes de las laderas de los valles circundantes, la confluencia de dos glaciales trae como consecuencia la formación de las morrenas. Las morrenas llegan a transportar material de todo tamaño. Los materiales de los depósitos glaciales varían mucho en sus propiedades físicas.

Depósitos aluviales. La acción mecánica de la caída de la lluvia en forma continua sobre la superficie terrestre, desprende partículas sueltas del suelo y polvo de las rocas. Los depósitos aluviales son el resultado de deposición pluvial (lluvia) y fluvial (ríos), de estas partículas. Estas partículas son transportadas por una corriente de agua, la deposición se realiza debido a una disminución en la pendiente de la corriente, ocasionando la pérdida de velocidad. En esta forma de transporte las partículas de todo tamaño están en contacto colisionando constantemente entre sí por lo que generalmente estas tienen los bordes redondeados.

Los suelos aluviales se caracterizan por su alta permeabilidad y composición variable. Su estudio es crucial en ingeniería civil debido a su amplia distribución y su comportamiento geotécnico particular.

Depósitos lacustres. La deposición lacustre o la de lagos tanto en agua dulce como salada, consiste de la deposición de sedimento generalmente de material diminuto en el fondo del lago. En el caso de agua salada la floculación de las partículas de tamaño coloidal es acelerada, lo que ocasiona una rápida precipitación al fondo.

Depósitos marinos. Las olas del mar continuamente rompen en una costa, erosionando la margen terrestre por la fuerza del impacto y en especial durante las tormentas. Los fragmentos de roca disgregados, llegan a redondearse reduciéndose de tamaño por el golpeo que reciben de las olas, y en conjunto forman los depósitos que se encuentran en la playa. (Lifeder, 2019) Existen tres variedades importantes de depósitos marinos:

- Litógenos. - Son de origen terrestre, volcánico o cósmico.
- Biógenos. - Están constituidos de los restos de organismos marinos.
- Hidrógenos. - Proveniente de las precipitaciones y los afluentes que, desembocan en el océano.

2.1.2.1.3 Suelos No Transportados

Suelos residuales. Se llama residual, al suelo formado producto de la meteorización que se mantiene en el mismo lugar de origen. A diferencia de los suelos producto del transporte y deposición, estos están relacionados con los materiales del lugar, clima y topografía. Se caracterizan por tener un orden en el tamaño de las partículas que lo constituyen, aumentado su tamaño con la profundidad. Por lo general los suelos residuales están compuestos de materiales altamente compresibles, su estudio entra en otra categoría de la mecánica de suelos.

Comportamiento de los suelos. Existen varios factores que influyen en la estructura de suelo como ser: la textura, tamaño, composición mineralógica de las partículas y el contenido de agua del Suelo. Se define estructura del suelo como al arreglo geométrico de las partículas del suelo respecto unas de otras.

Se define forma como a los rasgos particulares y textura como al tamaño que tiene la partícula de suelo. Existen tres categorías típicas de texturas que presentan las partículas del suelo donde puede evaluarse la forma, que son la: granular, en hojuela y en aguja.

Forma granular. Este tipo de partículas principalmente están constituidas de fragmentos provenientes de la meteorización física de rocas y minerales. Para describir la textura de estas partículas se usan los términos: angular, sub angular, redondeada y sub redondeada. (Lifeder, 2019)

2.1.2.1.4 Suelos Aluviales.

Un suelo aluvial es un suelo sedimentario que se ha formado a partir de material que ha sido transportado por corrientes de agua. Aunque generalmente los suelos aluviales son considerados de origen fluvial, las corrientes de agua que transportan el sedimento pueden provenir también de la lluvia.

El transporte de sedimento pudo haber ocurrido hace mucho tiempo, formando los suelos aluviales antiguos, o ser más recientes, incluso actuales, originando los suelos aluviales nuevos. Los primeros se encuentran normalmente en terrenos por encima del nivel actual de inundación, mientras que los recientes se encuentran en llanuras aluviales.

2.1.2.2 Suelo integral de un río.

Se refiere a la capa de tierra que cubre el lecho y las márgenes del río, en su totalidad. Es una mezcla de materia mineral y orgánica, agua y aire, que está expuesta a las condiciones hidrológicas y erosivas del río en condiciones naturales. Este suelo tiene un rol importante en la nutrición y el crecimiento de las plantas, así como en la estabilidad del cauce.

2.1.2.3 Características y propiedades de los suelos aluviales.

Los suelos aluviales presentan un perfil poco estructurado, el cual está formado de materiales no consolidados a los que transportan las corrientes de agua y que acumulan en su superficie cierta cantidad de materia orgánica. Son suelos generalmente con suficiente cantidad de arcillas para hacerlos impermeables y son de color oscuros.

Sus características particulares varían mucho y dependen en gran medida del material depositado. Generalmente contienen bastantes minerales, aunque la proporción y tipo de minerales presentes van a variar dependiendo de la localidad y la fuente del material transportado. Se forman en zonas de topografía llana o ligeramente ondulada y normalmente están sujetos a inundaciones periódicas.

Toda roca y los suelos están expuestos a la acción erosiva de vientos, aguas, agentes biológicos, clima, entre otros. La erosión desgasta y fragmenta estos elementos y se producen partículas que pueden ser transportadas por el viento o por el agua para formar

nuevos suelos.

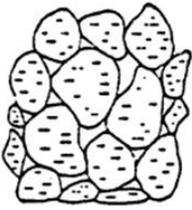
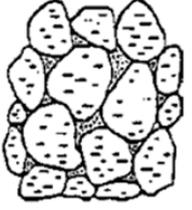
Cuando el material fragmentado es transportado por el agua, este puede desplazarse largas distancias antes de alcanzar el lugar donde sedimentará. Normalmente los lugares de sedimentación de los ríos, y de formación de suelos aluviales comprenden llanuras aluviales. Los suelos que se forman son heterogéneos en cuanto al tamaño y distribución de las partículas, con las más grandes ubicadas más cerca de la corriente de agua, mientras que las más finas se encuentran más alejadas de la misma, y en su superficie acumulan materia orgánica.

Las partículas de arena fina, limo y arcilla se depositan durante las inundaciones periódicas y no sufren ningún proceso de cementación por lo cual no están consolidados. Los suelos aluviales antiguos se originaron de la misma forma, pero con el tiempo pueden haber sufrido cierto grado de compactación (Lifeder, 2019)

La estabilización de los suelos aluviales ofrece varias ventajas:

- Mejora de la resistencia: La estabilización de los suelos aluviales aumenta su capacidad para soportar cargas y reduce el riesgo de asentamientos diferenciales.
- Reducción de la erosión: Los suelos aluviales son propensos a la erosión debido a su naturaleza suelta y la presencia de sedimentos no consolidados. La estabilización ayuda a reducir la erosión y evita la pérdida de suelo, lo cual es fundamental para proteger y preservar el medio ambiente.
- Control de la compactación: Los suelos aluviales tienden a ser poco compactos, lo que puede causar problemas en la construcción. La estabilización permite controlar la compactación del suelo, mejorando su densidad y evitando futuros problemas de hundimiento o deformación.
- Aumento de la durabilidad: Al estabilizar los suelos aluviales, se mejora su durabilidad y se reduce la necesidad de realizar mantenimientos frecuentes. Esto resulta en ahorro de costos a largo plazo y una mayor vida útil con este tipo de suelos.

Tabla 2. Tipo de mezclas en terracería

		
<p>AGREGADOS SIN FINOS</p>	<p>AGREGADOS CON SUFICIENTES FINOS</p>	<p>AGREGADOS CON ALTO PORCENTAJE DE FINOS(> 30%)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Contacto entre granos • Densidad variable • Alta permeabilidad • No susceptible al congelamiento • Alta estabilidad estando confinado baja si no lo esta • No es afectado por el agua • Dificil de compactar • Se desmorona facilmente 	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto entre granos, con mayor resistencia a la deformacion • Aumenta hasta alcanzar la densidad maxima • Baja permeabilidad • Suceptible • Relativamente alta estabilidaden condiciones con o sin confinamiento • No es muy afectado por las condiciones adversas del agua • Moderadamente facil de compactar • Buen desempeño en caminos 	<ul style="list-style-type: none"> • se destruye el contacto entre granos, el agregado flota dentro del suelo • disminucion de la densidad • baja permeabilidad • suceptible y baja resistencia • lo afecta mucho el agua • facil de compactar • se vuelve polvo facilmente

Fuente (Keller, 2004)

Granulometria. La mezcla granulométrica de 3 suelos primero se deben determinar las propiedades de los suelos individuales. Esto incluye la distribución del tamaño de las partículas, la densidad y la porosidad. Una vez que se conocen las propiedades de los suelos individuales, se pueden utilizar para calcular las propiedades de la mezcla de suelos.

La teoría de mezclas granulométricas de 3 suelos es una herramienta útil para diseñar

mezclas de suelos para aplicaciones específicas. Se puede utilizar para diseñar mezclas de suelos para carreteras, presas y cimientos de edificios.

Para diseñar una mezcla de suelos para una carretera, se deben considerar las propiedades del suelo que se utilizará para la base, la sub base y la superficie de rodadura. La mezcla de suelos debe tener la resistencia y la durabilidad necesarias para soportar el tráfico previsto.

En la ingeniería civil, las mezclas granulométricas de 3 suelos son combinaciones de tres tipos diferentes de suelos con distintas distribuciones de tamaños de partículas. Estas mezclas juegan un papel crucial en la construcción de estructuras que requieren propiedades específicas de resistencia, drenaje y estabilidad en las diferentes capas de pavimentos.

2.1.2.4 Sub Rasante

Es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado. La sub rasante debe cumplir con las características mínimas establecidas en los Manuales de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales en su Construcción como en el estudio de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Las bases y sub-bases son capas de material pétreo adecuadamente seleccionadas para traspasar las cargas de la carpeta de rodadura a la sub rasante. Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, la ubicación de estos materiales dentro de la estructura de un pavimento, está dada por las propiedades mecánicas de cada una de ellas.

2.1.2.5 Sub-Base

Es la capa localizada entre la sub rasante y la base en pavimentos flexibles o rígidos y ocasionalmente, sobre todo en pavimentos rígidos, se puede prescindir de ella. Tiene como función prevenir la intrusión de los finos del suelo de sub rasante en las capas de base, para lo cual se debe especificar materiales de graduación relativamente densa para este propósito. Así también Minimizar los daños por efecto de las heladas y en estos casos se debe especificar materiales con alto porcentaje de vacíos.

Ayuda a prevenir la acumulación de agua libre dentro de la estructura del pavimento. En este caso se debe especificar necesidad de utilizar materiales que permitan el libre flujo y drenaje del agua.

Los materiales que se utilizan son partículas limpias, con suelos tipo grava arenosa, arenas arcillosas o suelos similares, que cumplan los siguientes requisitos:

- Libres de materia vegetal e inorgánico.
- Libres de escombros.
- Libres de material congelado.
- Sin presencia de terrones.

2.1.2.6 Bases

Capa sobre sub-base o sub-rasante destinada a sustentar la estructura del pavimento. Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. Regularmente esta capa además de la compactación, necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

2.1.2.7 Estabilización

Llamamos estabilización de suelos al proceso mediante el cual se someten a procesos o tratamientos del modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades obteniendo un nuevo material firme y estable capaz de soportar los efectos de tránsito y las condiciones climáticas más severas (PACHECO NUÑEZ, 2017)

2.1.2.7.1 Tipos De Estabilización

- Estabilización física
- Estabilización química
- Estabilización mecánica

a) Estabilización Física. Se utiliza para mejorar el suelo produciendo cambios físicos en el mismo como las mezclas de suelos, geotextiles, vibro flotación.

b) Estabilización Química. Se utiliza principalmente en la adición de suelo con un producto químico ya sea cal, cemento, cloruro de calcio, cloruro de sodio, escoria de fundición.

Cal: disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es muy económica.

Cloruro de calcio y cloruro de sodio: disminuye los polvos e impermeabiliza se utiliza para limos y arcillas

Escoria de fundición: En carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizantes y prolongar la vida útil.

c) **Estabilización Mecánica.** La compactación es un método de estabilización mecánica de la adición de mezcla de suelos o también la adición de asfalto para darle condiciones de estabilidad y permeabilidad. La estabilización más usada en el medio es la estabilización física con la mezcla de suelos con la adición de la compactación en la mayoría de las construcciones con estabilización o adición de asfaltos. La estabilización de suelos se utiliza para disminuir la plasticidad, estabilidad volumétrica, compresibilidad, permeabilidad, resistencia o capacidad portante y durabilidad.

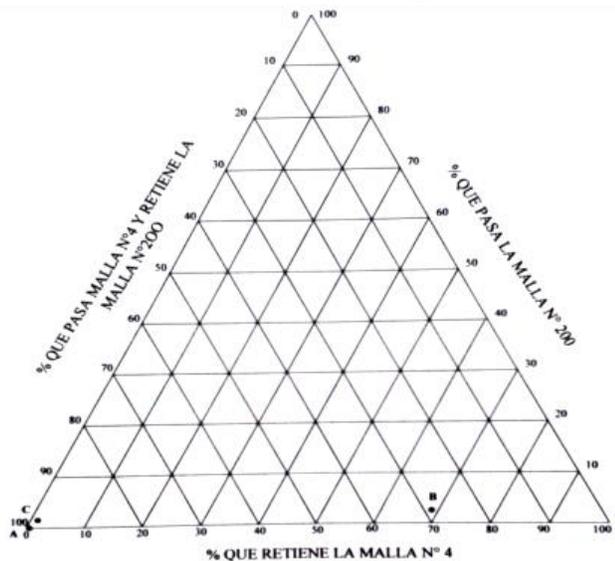
2.1.2.8 Métodos de estabilización granulométrica

2.1.2.8.1 Método Triangulo De Feret.

Denominado también gráfico o gráfico ternario o triangular, es un diagrama baricentrico en tres variables. Representa gráficamente los valores de las tres variables como las proporciones en un triángulo equilátero y se lo utiliza para mostrar la composición de tres materiales. (PEREZ, 2014) Este método, utilizado por el ejército y fuerza aérea de U.S.A. para la mezcla de 3 suelos a partir de recomienda el tipo de estabilizante a partir de la clasificación del suelo mediante el sistema SUCS y empleado el triángulo granulométrico de Feret este triángulo separa los suelos en:

- Material retenido en la malla N°4
- Material que pasa la malla N°4 y retenido en la malla N°200
- Material que pasa la malla N°200 (SOHMINIHAC, 2012)

Grafico 1. Método Triangulo de Feret



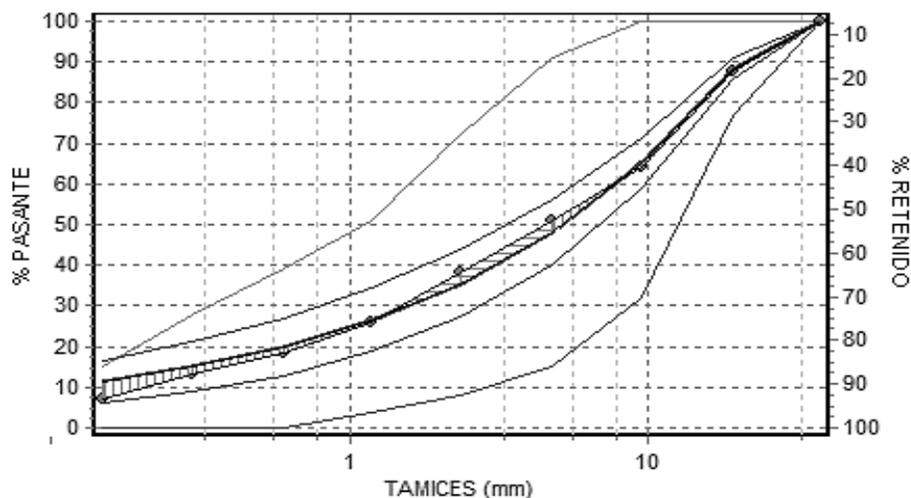
Fuente: (PEREZ, 2014; WILLAMS, 2012)

2.1.2.8.2 Método Granulométrico.

El análisis granulométrico es una técnica ampliamente utilizada para caracterizar la distribución de tamaños de partículas en muestras de suelo, lo cual es esencial para determinar su clasificación, propiedades mecánicas y geotécnicas. (AASHTO, 2021)

Consiste en conseguir una mezcla de suelo cuyo modulo granulométrico coincide con la de la curva deseada. El modulo granulométrico es el resultado de dividir por 100 la suma de las cantidades retenidas acumuladas en los distintos tamices de una mezcla de suelos si tengo dos suelos A y B y quiero la granulometría del tamiz $1^{1/2}$ " y busco los valores intermedios. obtengo los valores del % retenido acumulado y consigo el modulo granulométrico, luego cálculo para el suelo A y B.

Gráfico 2. Método granulométrico



Fuente: (Keller, 2004)

2.1.2.8.3 Método Gráfico.

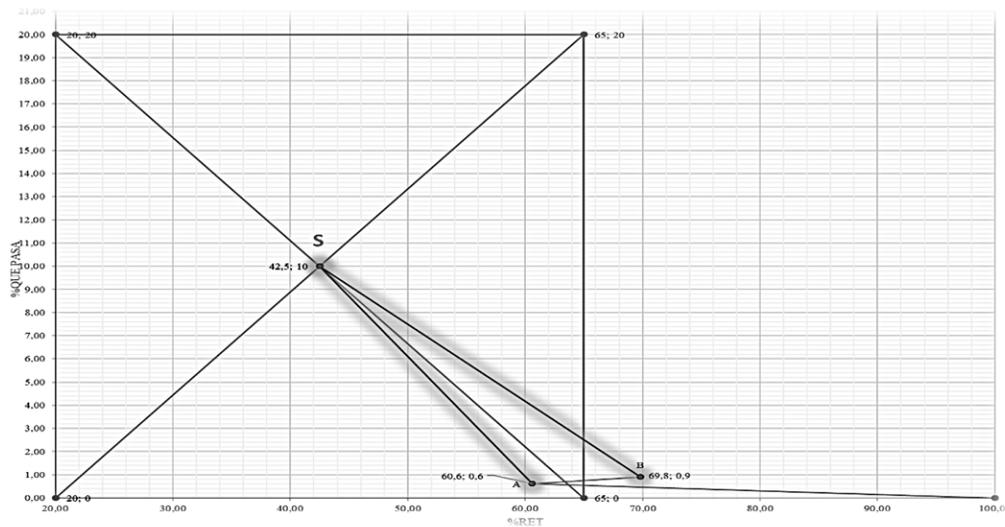
Es una herramienta utilizada en ingeniería civil para analizar y diseñar mezclas granulométricas de agregados. El método gráfico para la estabilización granulométrica en ingeniería civil es una técnica fundamental que se basa en la representación visual de los resultados de análisis granulométricos de suelos en gráficos específicos. Estos gráficos permiten a los ingenieros comprender de manera detallada la distribución de tamaños de partículas presentes en una muestra de suelo. Al analizar estos gráficos se pueden identificar con precisión las proporciones de diferentes tamaños de partículas y determinar la composición óptima para lograr la estabilización deseada del suelo.

Este método facilita la selección de los aditivos más adecuados y la determinación de las

dos precisas necesarias para mejorar las propiedades mecánicas y químicas del suelo. Al optimizar la distribución granulométrica, se puede aumentar la capacidad portante del suelo, mejorar su resistencia a la compresión y a la erosión, y garantizar un comportamiento más estable y duradero de las estructuras construidas sobre él.

El análisis de datos recogidos de la extracción de material para su análisis de en laboratorio que brindara información para la utilización de material necesario para la estabilización de la capa de rodadura con material adecuado y óptimo para su funcionamiento de todo el tramo. Y la relevancia que tenga en su costo dependiendo de la cantidad de material necesario. (PACHECO NUÑEZ, 2017)

Gráfico 3. Método gráfico



Fuente: Propia

2.1.2.9 Análisis estadístico

2.1.2.9.1 Estadística Descriptiva

La estadística descriptiva tiene como objetivo resumir y caracterizar los datos recolectados en el estudio.

La estadística descriptiva es fundamental para entender y sintetizar los datos de una manera clara y concisa, previo al análisis inferencial. (Sampieri, 2014)

Medidas de tendencia central (media, mediana)

Media: Es el valor promedio de un conjunto de datos, se calcula sumando todos los valores y dividiendo entre el número total de datos.

Mediana: Es el valor central de un conjunto de datos ordenados de menor a mayor. Divide al conjunto en dos partes iguales.

Medidas de dispersión (desviación estándar)

Desviación estándar: Es una medida que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Representa el promedio de desviación de cada dato con respecto a la media.

2.1.2.9.2 Estadística Inferencial

la estadística inferencial tiene como objetivo extraer conclusiones sobre una población a partir de los datos de una muestra. (Sampieri, 2014) Algunas de las cosas que demuestra la estadística inferencial son:

- Determinar si existen diferencias significativas entre los grupos o tratamientos estudiados, a través de pruebas de hipótesis.
- Cuantificar la fuerza y dirección de las relaciones entre variables, mediante análisis de correlación y regresión.
- Estimar parámetros poblacionales, como medias, proporciones o varianzas, a partir de las estadísticas muestrales.
- Evaluar la confiabilidad y validez de los resultados, considerando el margen de error y la significancia estadística.

Validez. En términos generales se refiere al grado en que un instrumento mide la variable que se pretende medir y es una cuestión compleja que debe alcanzarse. (Sampieri, 2014)

Confiabilidad. Es la propiedad según la cual un instrumento aplicado a los mismos fenómenos y bajo las mismas condiciones arroja resultados coherentes. (Sampieri, 2014) La estadística inferencial permite hacer inferencias y generalizaciones más allá de los datos observados, brindando sustento científico a las conclusiones del estudio.

2.1.2.10 Prueba de hipótesis

Planteamiento de hipótesis nula y alternativa

Hipótesis nula (H_0): Es la afirmación que se pretende aprobar o rechazar. Generalmente establece que no hay diferencia o relación entre los parámetros de interés. (Sampieri, 2014)

Hipótesis alternativa (H_1): Es la afirmación que se acepta si se rechaza la hipótesis nula. Generalmente establece que sí hay diferencia o relación entre los parámetros.

Nivel de significancia y valor p

Nivel de significancia (α): Es la probabilidad máxima de cometer un error tipo I, es decir, rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera.

Valor p: Es la probabilidad de obtener un resultado tan extremo o más que el observado, suponiendo que la hipótesis nula es verdadera.

Tipos de pruebas de hipótesis (paramétricas y no paramétricas)

Pruebas paramétricas: Se basan en supuestos sobre la distribución de los datos, como normalidad y homogeneidad. Como prueba t de Student y ANOVA.

Pruebas no paramétricas: No requieren supuestos sobre la distribución de los datos. Como prueba de Wilcoxon, prueba de Kruskal-Wallis.

- ❖ Marco normativo

2.1.3 Caracterización del análisis granulométrico

Tabla 3. Ensayos de caracterización y análisis

Ensayo	Norma	Descripción
Contenido de Humedad	ASTM D2216	Método estándar para determinar el contenido de humedad de los suelos.
Peso Específico	ASTM C127	Método estándar para determinar el peso específico de materiales granulares.
Límites de Atterberg	ASTM D4318	Método estándar para la determinación de los límites de consistencia (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) de los suelos.
Análisis Granulométrico	ASTM D422	Método estándar para el análisis del tamaño de partículas de los suelos.
Clasificación de Suelos (AASHTO)	AASHTO M 145	Sistema de clasificación de suelos de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).
Densidad Máxima	ASTM D1557	Método estándar para determinar la densidad máxima y el contenido óptimo de humedad en suelos.
CBR (California Bearing Ratio)	ASTM D1883	Método estándar para determinar el índice de soporte de California (CBR) para suelos y

T180		materiales de base.
Clasificación de Suelos (SUCS)	ASTM D2487	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
Requisitos para Sub-bases, Bases y Carpeta de Rodadura	ABC 2018	Especificaciones técnicas de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) para materiales de construcción de carreteras.

Fuente: Propia

2.1.3.1 Contenido De Humedad De Los Suelos

Se define como la cantidad de agua que se encuentra dentro de una muestra de suelo y que luego de someterlo a elevadas temperaturas se puede conocer su valor, expresada en porcentaje. (Rodrigues, 2005)

La siguiente expresión define el cálculo del contenido de humedad del suelo. La norma ASTM D2216 establece el método estándar para determinar el contenido de humedad

$$W = \frac{Ww}{Wss} * 100$$

Donde:

W = Contenido de agua (%)

WW = Peso del agua presente en el suelo (gr)

WS = Peso del suelo seco después de secado al horno (gr)

Dentro del suelo, el agua se presenta de las siguientes formas:

Agua libre: Es el agua que circula a través del suelo sin dificultad alguna y por la acción de gravedad puede ser drenada.

Agua retenida: Se encuentra retenida dentro del suelo y la causa de su formación se define:

Agua higroscópica: Es la que adsorbe un suelo de la humedad del aire.

Agua capilar: Es la retenida por efecto de la tensión superficial.

2.1.3.1.1 Análisis Para La Determinación Del Contenido De Humedad

Materiales:

- Recipiente para humedad (taras o fuente)
- Balanza con precisión 0,1gr

- Horno con regulador de temperatura
- Muestra de suelo granular (recomendado 5000-10000 gr)

2.1.3.1.2 Métodos Para La Determinación Del Contenido De Humedad

Los métodos para determinar el contenido de humedad tienen el principio de conocer el peso de una muestra de suelo en su estado húmedo y también en su estado seco, entonces, con solo conocer la diferencia de estos valores, podemos conocer el contenido de humedad de los diferentes suelos.

- Método estándar (horno)** Este método consiste en realizar el secado de la muestra de suelo húmedo en un horno durante 24 horas. A una temperatura de 100-105°C aproximadamente, pasado el tiempo definido, se pesa la cápsula junto con el material, es un método que da resultados precisos.
- Método hornalla** Consiste en realizar el secado del suelo húmedo en una hornalla en lapso de tiempo de 30 minutos, se dice que el material está seco cuando se coloca un vidrio encima y no se observa humedad de vapor. Si se utiliza este método se deberá realizar una corrección.
- Método del alcohol** Consiste en agregar alcohol en una cantidad necesaria para saturar completamente el suelo, luego prender fuego hasta que el alcohol termine de consumirse por el fuego, por lo menos repetir dos veces esta prueba.

2.1.3.2 Peso Específico.

El peso Específico aparente o total es el peso de un elemento de suelo dividido por el volumen de dicho elemento. De acuerdo a Normativa ASTM C127 peso específico material granular.

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

Donde:

γ = Peso específico de la masa de suelo.

W = Peso de la masa de suelo.

V = Volumen de la masa de suelo.

2.1.3.2.1 Análisis Peso Especifico

Para la determinación del peso específico necesitamos la muestra seca, muestra de suelo saturada durante 24 horas con superficie seca. Para la cual se satura la muestra durante

24 horas y se limpia la superficie seca, se la pesa con un peso de 200 gr y se lo agrega en una probeta con un volumen entre 200 a 300 ml y se lo pesa, se le agrega el material saturado con superficie seca y se mide el volumen final en el cual se mide el volumen desplazado para encontrar el peso específico

Materiales:

- Balanza con precisión 0,1 gr
- Termómetro
- Bandejas
- Pipeta
- Probeta de 500ml
- Jarra
- Material 200 gr ret. en el tamiz N°4

2.1.3.3 Plasticidad de los suelos

Se define como plasticidad la capacidad que tenía un suelo de ser deformado sin agrietarse, ni producir rebote elástico. A su vez observa que los suelos arcillosos en condiciones húmedas son plásticos y se vuelven muy duros en condiciones secas, que los limos no son necesariamente plásticos y se vuelven menos duros con el secado y que las arenas son desmenuzables en condiciones sueltas y secas. (Braja Das, 2012)

2.1.3.3.1 Índice De Plasticidad

El índice de plasticidad indica la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, representa la variación de humedad que tiene el suelo para permanecer en estado plástico. Para la determinación de los límites de consistencia, se utiliza la norma ASTM D4318 que es el método estándar para la determinación de los límites de Atterberg.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP = Índice de plasticidad de suelo (%)

LL = Límite líquido de suelo (%)

LP = Límite plástico de suelo (%)

Tabla 4. Índice de plasticidad

IP	DESCRIPCION
0-3	No plástico
3-15	Ligeramente plástico
15-30	Baja plasticidad
>30	Alta plasticidad

2.1.3.3.2 Limite Liquido

Se produce cuando el suelo pasa del estado semilíquido al estado plástico. Es el contenido de humedad al cual una muestra de suelo húmedo colocada en el aparato de Casagrande cierre una ranura de ½” de amplitud, a los 25 golpes generados a la cápsula de bronce, con un ritmo de dos golpes por segundo.

2.1.3.4 Ensayo Proctor Estándar AASHTO T 99 Y Ensayo Proctor Modificado AASHTO T 180

La compactación consiste en un proceso repetitivo, cuyo objetivo es conseguir una densidad específica para una relación óptima de agua, al fin de garantizar las características mecánicas necesarias del suelo. En primer lugar, se lanza sobre el suelo natural existente, al seguir se modifica su humedad por medio de adición de agua y, finalmente, se le transmite energía de compactación por el medio de golpes o de presión. Para esto se utilizan diversos tipos de máquinas, generalmente rodillos lisos, neumáticos, pie de cabra, vibratorios, etc. En función del tipo de suelo y muchas veces, de su accesibilidad.

Con los ensayos se pretende determinar los parámetros óptimos de compactación, lo cual asegurará las propiedades necesarias para el proyecto de fundación. Esto se traduce en determinar cuál es la humedad que se requiere, con una energía de compactación dada, para obtener la densidad seca máxima que se puede conseguir para un determinado suelo. La humedad que se busca es definida como humedad óptima y es con ella que se alcanza la máxima densidad seca, para la energía de compactación dada. Se define igualmente como densidad seca máxima aquella que se consigue para la humedad óptima.

Es comprobado que el suelo se compacta a la medida en que aumenta su humedad, la densidad seca va aumentando hasta llegar a un punto de máximo, cuya humedad es la óptima. A partir de este punto, cualquier aumento de humedad no supone mayor densidad

seca a no ser, por lo contrario, una reducción de esta.

Los análisis son realizados en laboratorio por medio de probetas de compactación a las cuales se agrega agua. Los ensayos más importantes son el Proctor Normal o estándar (T 99) y el Proctor modificado (T 180). En ambos análisis son usadas porciones de la muestra de suelo mezclándolas con cantidades distintas de agua, colocándolas en un molde y compactándolas con una masa, anotando las humedades y densidades secas correspondientes. En poder de estos parámetros, humedad/densidad seca (humedad en %), se colocan los valores conseguidos en un gráfico cartesiano donde la abscisa corresponde a la humedad y la ordenada a la densidad seca. Es así posible diseñar una curva suave y conseguir el punto donde se produce un máximo al cual corresponda la densidad seca máxima y la humedad óptima.

La diferencia básica entre el ensayo Proctor Normal y el Modificado es la energía de compactación usada. En el Normal se hace caer un peso de 2.5 kilogramos de una altura de 30 centímetros, compactando la tierra en 3 capas con 25 golpes y, en el Modificado, un peso de 5 kilogramo de una altura de 45 centímetros, compactando la tierra en 5 capas con 50 golpes. (ensayo de compactacion, 2016)

Tabla 5. Especificaciones T99 y T180

Designación ASTM		Designación AASHTO		Energía	Diámetro y volumen del molde	Peso del martillo y altura de caída	Numero de capas	Numero de golpes	Límite del tamaño superior de partículas
D698	(A)	T99	(A)	12375	4in 0.033	5.50lb 12in	3	25	No 4
	(B)		(B)	12375	4in 0.033	5.50lb 12in	3	25	No 4
	(C)		(C)	12320	6in 0.035	5.50lb 12in	3	25	3/4"
D1557	(A)	T180	(A)	56250	4in 0.033	10lb 18in	5	25	No 4
	(B)		(B)	56250	4in 0.033	10lb 18in	5	25	No 4
	(C)		(C)	56000	6in 0.035	10lb 18in	5	25	3/4"

Fuente (ensayo de compactacion, 2016)

2.1.3.4.1 Ensayo De CBR

El ensayo CBR se emplea para evaluar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, capas de firme, explanadas, así como en la clasificación de terrenos.

Las siglas CBR significan Californian Bearing Ratio y proviene de que este ensayo fue desarrollado, antes de la segunda guerra mundial, por el Departamento de Transportes de California.

La prueba CBR de suelos consiste básicamente en compactar un terreno en unos moldes normalizados, sumergirlos en agua y aplicar un punzonamiento sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado.

Su objetivo principal es conocer la relación entre la penetración que se realiza en un suelo y la capacidad de soporte del mismo considerando como material de referencia a la piedra triturada

Se rige por la norma ASTM 1883 o por la norma UNE 103502 entre otras. Para penetraciones 0,1 y 0,2 para sus diferentes cargas. (Soto, 2017)

$$\text{Para } 0,1 \text{ CBR} = \frac{\text{carga (kg/cm}^2\text{)}}{70,31(\text{kg/cm}^2\text{)}} * 100$$

$$\text{Para } 0,2 \text{ CBR} = \frac{\text{carga (kg/cm}^2\text{)}}{105,4(\text{kg/cm}^2\text{)}} * 100$$

Tabla 6. Especificación para la prueba proctor ASTM

Concepto	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101,6 mm	101,6 mm	152,4 mm
Volumen del molde	943,3 cm ³	943,3 cm ³	2124 cm ³
Peso del pistón	24,4 N	24,4 N	24,4 N
Altura de caída del pistón	304,8 mm	304,8 mm	304,8 mm
Numero de golpes por capa	25	25	25
Numero de capas	3	3	3
Energía de compactación	591,3 KN-m/m ³	591,3 KN-m/m ³	591,3 KN-m/m ³
Suelo por usarse	Porción que pasa la malla N°4 (4,75 mm) Se usa si más de 20% o menos por peso de material es retenido en la malla N°4	Porción que pasa la malla de 9,5 mm. Se usa el suelo retenido en la malla N°4 si más de 20% y 20% o menos por peso de material es retenido en la malla 9,5 mm	Porción que pasa la malla de 19 mm. Se usa si más de 20% por peso de material es retenido en la malla 9,5 mm y menos de 30% por peso es retenido en la malla de 19 mm.

Fuente: Guía de ensayos laboratorios de suelos UAJMS

2.1.4 Clasificación

2.1.4.1 Clasificación de los suelos

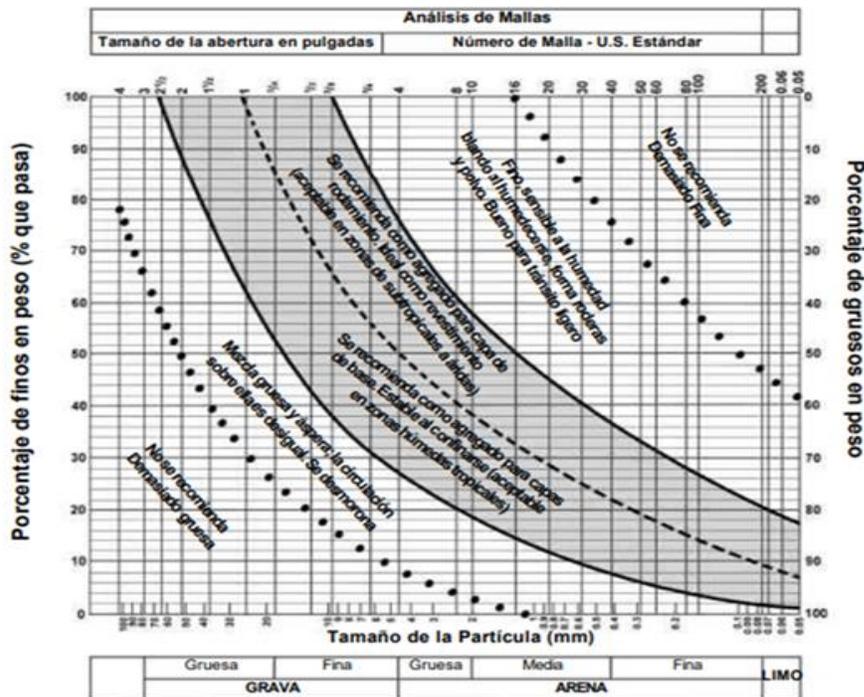
Para clasificar los suelos existen diversos Sistemas de Clasificación entre los cuales tenemos: El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el American Association of State Highway Officials (AASTHO), el Sistema Británico (BS), entre otros. La norma en la que se basara esta investigación es ASTM D2487 de clasificación. El suelo se comporta como una estructura más, con unas características físicas propias,

densidad, porosidad, módulo de balasto, talud natural, cohesión y ángulo de fricción interna, que le confieren ciertas propiedades resistentes ante diversas solicitaciones de compresión, cizalla, reflejadas en magnitudes como la tensión admisible o los asentamientos máximos y diferenciales. (Rodríguez, 1981) Para su clasificación es necesario determinar la granulometría medida en tamices de diferentes graduaciones.

Tamices	Tamaño (mm)
2½"	63,50
2"	50,80
1 ½"	38,10
1"	25,40
¾"	19,05
½"	12,70
3/8"	9,50
¼"	6,30
Nº4	4,75
Nº10	2,00
Nº40	0,43
Nº200	0,075

Fuente: (Rodríguez, 2005)

Tabla 7. Distribución granulométrica



Fuente (Keller, 2004)

2.1.4.1.1 Curva Granulométrica

Las mezclas granulométricas de 3 suelos presentan una complejidad adicional en su curva granulométrica, ya que deben considerar la distribución de tamaños de partículas de cada uno de los tres suelos involucrados. La combinación adecuada de estos tamaños de partículas es esencial para lograr las propiedades deseadas en la mezcla final.

Gradación. La gradación en las mezclas de 3 suelos implica la combinación armoniosa de los diferentes tamaños de partículas presentes en cada tipo de suelo. Una gradación adecuada es fundamental para optimizar las propiedades mecánicas de la mezcla final garantizando su comportamiento deseado bajo cargas y condiciones ambientales variadas

Grava (Mezcla granulométrica). Mayoritariamente compuesta por partículas de tamaño grueso, generalmente mayores a 2 mm.

Propiedades y características:

- Buena capacidad de drenaje y permeabilidad al agua.
- Resistente a la compresión, adecuada para cargas pesadas.
- Utilizada en la construcción de bases de carreteras, drenaje y como material de relleno en proyectos de ingeniería civil.

Arena (Mezcla granulométrica). Compuesta principalmente por partículas de tamaño medio, entre 0.05 mm y 2 mm.

Propiedades y características:

- Buena permeabilidad al agua.
- Utilizada en la construcción de mortero, concreto, filtros y como material de relleno en proyectos de construcción.

Grava-arena (Arenoso-gravoso Mezcla granulométrica). Combinación de partículas de grava y arena en proporciones variables.

Propiedades y características:

- Buena capacidad de drenaje y permeabilidad al agua.
- Adecuada para proyectos que requieren una combinación de las propiedades de la grava y la arena.
- Utilizada en la construcción de bases para pavimentos, drenaje y relleno en proyectos de ingeniería.

Suelo Arenoso (Mezcla granulométrica). Alto contenido de partículas de arena (entre

0.05 mm y 2 mm), con cantidades variables de limo y arcilla.

Propiedades y características:

- Buena permeabilidad al agua.
- Baja capacidad de retención de agua y nutrientes.
- Suelo ligero que no se compacta fácilmente.
- Requiere más frecuentes aplicaciones de agua y nutrientes en la agricultura.

Suelo Arcilloso (Mezcla granulométrica). Alto contenido de partículas de arcilla (menos de 0.002 mm), moderado contenido de limo y bajo contenido de arena.

Propiedades y características:

- Alta capacidad de retención de agua.
- Buena fertilidad debido a la capacidad de retener nutrientes.
- Suelo pesado que tiende a compactarse fácilmente.
- Baja permeabilidad al agua.

Suelo Limoso (Mezcla granulométrica). Contenido moderado de partículas de limo (entre 0.002 mm y 0.05 mm), con cantidades variables de arcilla y arena.

Propiedades y características:

- Buena capacidad de retención de agua y nutrientes.
- Textura suave y fácil de trabajar.
- Menos propenso a la compactación que los suelos arcillosos.
- Permeabilidad al agua moderada.

2.1.4.1.2 Análisis Granulométrico

La granulometría es la determinación de los porcentajes de grava, arena, limo y arcillas que se encuentra e cierta masa de suelo.

El método mecánico se usa en caso de los suelos granulares que permite determinar el porcentaje de los materiales que le componen mediante un juego de tamices que varían desde 3" que equivale a 7,62 cm hasta el tamiz N°200 que equivale a 0,075 mm.

La determinación es por medio de tamices con abertura cuadrada, el procedimiento consiste en tomar una muestra de suelo conocido, colocarlo en el juego de tamices ordenados de mayor a menor y pesando el material retenido en cada tamiz del cual se determina tras un análisis mecánico se determina una clasificación mediante rangos de graduación adecuados.

Los materiales son los siguientes:

- Muestra de suelo 5000 gr.
- Juego de tamices
- Balanza de sensibilidad de 0,1gr.

2.1.4.2 Clasificación AASTHO

De acuerdo con este tipo, el suelo se clasifica en siete grupos mayores: A-1 al A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de partículas que pasan por la mala N° 200. Los Suelos de los que más del 35% pasan por la malla N° 200 son clasificados en los grupos A-4, A-S, A-6 y A-7.

Tabla 8. Clasificación AASTHO Material Granular

CLASIFICACION GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% O MENOS DEL TOTAL PASA DEL TOTAL EL TAMIZ N°200)						
	A-1		A-3	A-2			
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Porcentaje de material que pasa el tamiz N°10	50 Max						
N°40	30 Max	50 Max	50 Min				
N°200	15 Max	25 Max	25 Max	35 Max	35 Max	35 Max	35Max
Características de la fracción que pasa el tamiz N°4							
LL:				40Max	41Min	40Max	40Max
IP:	6 Max		NP	10Max	10Max	11Min	11Min
Índice de grupo	0	0	0	0	0	4 Max	
Tipo de material	Gravas y arenas		Arena fina	Gravas y arenas limo arcillosas			

Fuente: (Yurquina, 2016)

2.1.4.3 Sistema de clasificación S.U.C.S

El sistema unificado de Clasificación de Suelos fue propuesto inicialmente por Casagrande en 1942 y después revisado por el Bureau of Reclamation de Estados Unidos y por el cuerpo de ingenieros. Este sistema es el más extendido para la amplia, variedad de problemas geotécnicos.

El sistema S.U.C.S clasifica los suelos en base a su granulometría, los límites de Atterberg y el contenido en materia orgánica. A continuación, se muestra dicha clasificación, junto con los símbolos empleados en la misma, así como una descripción de las propiedades

esperables de los grupos diferenciados. (Suelos, s.f.)

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
G	Grava o suelo gravoso
S	Arena o suelo arenoso
W	Bien graduado
C	Arcilla inorgánica
P	Mal graduado
M	Limo inorgánico o arena fina

Fuente: Propia

Grupos GW y SW. Se tratan se suelos bien graduados. que contienen poco o casi nada de finos, tienen una alta capacidad de drenaje de aguas.

Grupos GP y SP. Son suelos que se encuentran mal graduados, vale hacer notar que la clasificación unificada,

Considera que un suelo presente uniformidad en sus granos, es mal graduada

Grupos GM v SM. Considerados suelos con presencia relevante de limo inorgánico o arena fina. Contienen plasticidad baja a media.

Grupos GC y SC. Suelos que contienen arcillas que se consideran de media a alta plasticidad.

Tabla 9. Clasificación USCS

DIVISIONES MAYORES			SÍMBOLO GRUPO	GRUPO
Suelos granulares gruesos el 50% o más se retuvo en el tamiz n°200 (0.075 mm)	Grava < 50% de la fracción gruesa que pasa el tamiz n.º 4 (4.75 mm)	grava limpia menos del 5% pasa el tamiz N°200	GW	grava bien graduada, grava fina a gruesa
		grava con más de 12% de finos pasantes del tamiz N° 200	GP	grava pobremente graduada
			GM	grava limosa
			GC	grava arcillosa
	Arena ≥ 50% de fracción gruesa	Arena limpia menos del 5% pasa el tamiz	SW	Arena fina a gruesa.
			SP	Arena pobremente graduada

	que pasa el tamiz n.º 4	Nº200		
		Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz Nº 200	SM	Arena limosa
Suelos de grano fino más del 50% de la muestra pasa el tamiz No.200 (0.075 mm)	Limos y arcillas límite líquido < 50	inorgánico	ML	limo
			CL	arcilla
		orgánico	OL	Limo orgánico, arcilla orgánica
	Limos y arcillas límite líquido ≥ 50	inorgánico	MH	limo de alta plasticidad, limo elástico
			CH	Arcilla de alta plasticidad
		orgánico	OH	Arcilla orgánica, Limo orgánico
	Suelos altamente orgánicos			Pt

Fuente: (Suelos, s.f.)

2.1.4.4 Especificaciones de los agregados para sub-bases y bases

Estas especificaciones definen las calidades y graduaciones de mezclas de arena – arcillas, gravas o escorias seleccionadas, arenas o material triturado proveniente de pétreos o escorias o cualquier combinación de estos materiales, para ser utilizados como sub bases, bases y capas de rodadura de acuerdo a la norma ABC Administradora Boliviana de Carreteras. (ABC, 2018)

2.1.4.4.1 Requerimientos Generales

Los áridos gruesos retenidos sobre tamiz 4,75mm (Nº4), deben ser partículas resistentes, durables, constituidas de fragmentos de roca, grava o escorias. Materiales que se quiebran con los ciclos alternados de hielo-deshielo y humedad-sequedad no deben ser usados. Los áridos finos, que pasan por tamiz 4,75mm (Nº4), deben estar constituidos por arenas naturales o trituradas y por partículas minerales que pasan por tamiz 0,075mm (Nº200). Las fracciones que pasan por tamiz 0,075mm (Nº 200) no deberán ser mayores que los 2/3 de la fracción que pasa por tamiz 0,475mm (Nº 40). Los límites de consistencia de la fracción que pasa por tamiz 0,475mm. (ABC, 2018)

Tabla 10. Límites de Consistencia o de Atterberg

	Límite líquido	Índice de plasticidad
Sub base	Max. 35	Max. 8
Base	Max. 35	Max. 6
Carpeta de rodadura	Max. 35	5-10

Fuente: (ABC, 2018)

Tabla 11. Bandas Granulométricas para Sub Base, Base y capas de Rodadura

Tamiz		TM 50a	TM 50b	TM 50c	TM 40a	TM 40b	TM 40c	TM 25
(mm)	Alternativo							
50	2"	100	100	100				
37.5	1 1/2"	-	70-100	-	100	100	100	
25	1"	55-100	55-85	70-100	70-100	80-100	80-100	100
19	3/4"	-	45-75	60-90	50-80	-	-	70-100
9.5	3/8"	30-75	35-65	40-75	25-50	50-80	25-50	50-80
4.75	Nº4	20-65	25-55	30-60	10-30	35-65	10-30	35-65
2.36	Nº8	-	-	-	5-15	-	-	-
2	Nº10	10-50	15-45	15-45	-	25-50	25-50	25-50
0.425	Nº40	5-30	10-30	10-30	0-5	10-30	10-30	10-30
0.075	Nº200	0-20	0-10	0-15	0-3	5-15	5-15	5-15

Fuente: (ABC, 2018)

Tabla 12. Valores específicos

PRUEBA	SUB-BASE	BASE
CBR, mínimo	20	80
Límite líquido, máximo	25	25
Índice plástico, máximo	6	No plástico
Material que pasa el tamiz 200, máximo	10	5

Fuente: (ABC, 2018)

2.1.4.5 Materiales para Sub Base

Los materiales para sub base deberán cumplir con los requerimientos estipulados en “Requerimientos generales” y en “Materiales para sub base” y con la graduación TM-50a. En cuanto a las propiedades mecánicas, el material deberá tener las siguientes

características. En cuanto a las propiedades mecánicas, el material deberá tener un soporte $CBR \geq 20\%$; (ABC, 2018)

Tabla 13. Granulometría para capa Sub Base

TAMIZ	MATERIAL GRANULAR
2"	100
1 ^{1/2} "	-
1"	55-100
3/4"	-
3/8"	30-75
N°4	20-65
N°10	10-50
N°40	5-30
N°200	0-20

Fuente: (ABC, 2018)

2.1.4.6 Materiales para Base Granular

Los materiales para base granular cumplirán con los requerimientos indicados en Requerimientos generales y en Materiales para sub base. Las granulometrías deberán ajustarse a una de las siguientes bandas: TM-50b, TM-50c o TM-25. Cuando el material se use como base para tratamiento superficial doble el contenido mínimo de chancado será de 70%, su tamaño máximo absoluto será de 40 mm, y su Índice de Plasticidad máximo será de 4%, salvo que el proyecto estipule otro valor, debidamente justificado, el que en ningún caso podrá exceder el 6 %. En cuanto a las propiedades mecánicas, el material deberá tener un soporte $CBR \geq 80\%$. (ABC, 2018)

Tabla 14. Granulometría para capa Base

TAMIZ	LIMITES (% QUE PASA)	
	Material Natural	Material Chancado
2"	100	100
1 ^{1/2} "	70-100	-
1"	55-85	70-100

3/4"	45-75	60-90
3/8"	35-65	40-75
N°4	25-55	30-60
N°10	15-45	15-45
N°40	10-30	10-30
N°200	0-10	0-15

Fuente: (ABC, 2018)

2.1.4.7 Material para carpeta de Rodadura

Cuando se prevea que la carpeta de rodadura va a quedar expuesta por varios años, sin una protección asfáltica, el material deberá cumplir con los requerimientos de “Requerimientos generales” y de “Materiales para carpeta de rodadura”, con un contenido mínimo de chancado de 50% con la banda TM-40c. (ABC, 2018)

❖ Marco referencial

AASHTO, A. A. (2021). S (Norma) Describe el método estándar de prueba para el análisis del tamaño de partículas en suelos, proporcionado por la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y de Transporte.

ABC. (2018). Proporciona información sobre ensayos y materiales utilizados en carreteras, ofreciendo pautas y procedimientos para su aplicación.

ALVAREZ, P. (1957). (Libro) Aborda la importancia de la construcción de caminos, destacando la topografía y la calidad de los materiales en este proceso y métodos.

Braja Das, M. (2012). (Libro) Proporciona información fundamental sobre ingeniería de cimentaciones, cubriendo aspectos teóricos y prácticos.

BRISEÑO, D. J. (01 de 2018). (Recurso en línea) Proporciona información sobre pavimentos civiles, con enfoque en aspectos técnicos y prácticos.

Keller, V. P. (2004). (Guía de campo) Ofrece información sobre las mejores prácticas en la administración de caminos rurales.

KOVACS, R. D. (2011). (Libro) Introduce los conceptos básicos de la ingeniería geotécnica.

Lifeder. (11 de 12 de 2019). (Recurso en línea) Proporciona información sobre suelos aluviales.

PACHECO NUÑEZ, M. (2017). (Libro) Aborda la estabilización de materiales para carreteras como la metodología.

PEREZ, T. G. (2014). (Tesis) Evalúa los efectos de las mezclas estabilizadas granulométricas en materiales de capa base y sub base en suelos aluviales en tarija.

Rodriguez, J. B. (2005) Libro) Aborda los principios de la mecánica de suelos.

Rodríguez, A. R. (1981). (Libro) Explora la ingeniería de suelos en vías terrestres.

Sampieri, R. H. (2014). (Libro) Proporciona información sobre metodología de la investigación y estadística.

SOHMINIHAC, H. D. (2012). (Artículo) Aborda la estabilización química de suelos para la construcción de estructuras de pavimento.

Suelos, S. U. (s.f.). Wikipedia.org. (Recurso en línea)

Proporciona información sobre el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

WILLAMS, P. A. (2012). (Artículo) Aborda la aplicación del método del Triángulo de Feret en la evaluación de materiales de construcción.

Yurquina, L. A. (2016). Proporciona instrucciones y procedimientos para realizar ensayos de laboratorio en el campo de la mecánica de suelos en la UAJMS.

2.1.5 Análisis del Aporte Teórico

El marco teórico de este estudio se fundamenta sólidamente en la necesidad de optimizar los procesos de diseño y construcción de infraestructuras viales, donde la estabilización adecuada de los suelos desempeña un papel crucial para garantizar la durabilidad y seguridad de las obras.

La revisión de la literatura relevante en el campo de la ingeniería de carreteras y mecánica de suelos, revela importantes contribuciones teóricas y metodológicas. Autores como Alvarez (1957) y Keller (2004) han destacado la importancia del análisis granulométrico y la calidad de los materiales en la construcción de caminos, sentando las bases para la evaluación de suelos y agregados.

En el ámbito específico de la estabilización de suelos, se han desarrollado estrategias y técnicas orientadas a mejorar las propiedades de los materiales utilizados. Estudios como los de Pacheco Núñez (2017) y Pérez (2014) ofrecen valiosos aportes teóricos y prácticos sobre la estabilización de materiales para carreteras, incluyendo el uso de métodos granulométricos.

Por otra parte, la literatura también registra investigaciones enfocadas en los propios métodos de análisis granulométrico, como el trabajo de Williams (2012) sobre la aplicación del método del triángulo de Feret en la caracterización de agregados. Estos antecedentes sientan las bases teóricas para la comparación de diferentes enfoques metodológicos.

Sin embargo, el análisis de la literatura también revela una situación problemática en la estabilización granulométrica de suelos aluviales, donde los resultados obtenidos a través de los métodos del triángulo de Feret, granulométrico y gráfico presentan discrepancias significativas respecto a las especificaciones técnicas establecidas.

Esta problemática genera incertidumbre en los resultados y plantea la necesidad de realizar una investigación más profunda que permita comprobar la validez y confiabilidad de los métodos empleados, con el fin de proporcionar mayor certeza en la estabilización granulométrica de suelos aluviales.

En este contexto, el presente estudio se enmarca en la ingeniería de la mecánica de suelos, con el objetivo de comparar exhaustivamente los métodos del triángulo de Feret, granulométrico y gráfico, a fin de identificar el más eficaz y confiable para la estabilización de suelos aluviales en proyectos de construcción de carreteras y otras infraestructuras.

El análisis teórico realizado resalta la importancia práctica de los métodos de estabilización del suelo y la generación de recomendaciones técnicas que permitan mejorar la precisión y exactitud de los resultados en la mezcla granulométrica de suelos aluviales, considerando sus características específicas.

CAPITULO III

DISEÑO METODOLOGICO Y RELEVAMIENTO DE LA INFORMACION

CAPITULO III

DISEÑO METODOLOGICO Y RELEVAMIENTO DE LA INFORMACION

3.1 UBICACIÓN

El departamento de Tarija está ubicado al sur del país de Bolivia conocido como El Valle Central de Tarija de la provincia cercado, constituidas por las llanuras aluviales de los ríos Guadalquivir, Camacho y Tolomosa y en el extremo sur del Sub andino, conformadas por las tierras aluviales ubicadas en el llamado triángulo de Bermejo, con una superficie total de 254 km², aproximadamente 0,7% del total del departamento.

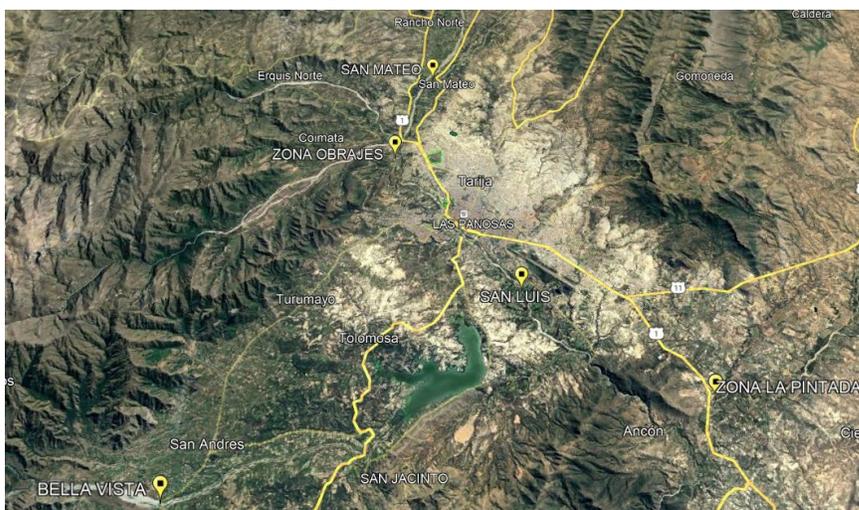
Las ubicaciones de las zonas de estudio se desarrollan en el valle central de Tarija en zonas aluviales (ríos) donde se extraerá material de estudio.

Grafico 4. Ubicación Geográfica provincia Cercado-Tarija



Fuente: Educa Bolivia provincia Cercado

Grafico 5. Ubicación de las zonas aluviales



Fuente: Google earth

Tabla 15. Zonas aluviales

ZONAS ALUVIALES VALLE CENTRAL DE TARIJA	COORDENADAS UTM	
	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
ZONA OBRAJES	317431.00 E	7620640.00 S
ZONA BELLA VISTA	310336.00 E	7605697.00 S
ZONA SAN MATEO	318754.00 E	7624836.00 S
ZONA LA PINTADA	330214.00 E	7609936.00 S
ZONA SAN LUIS	322907.00 E	7614368.00 S

Fuente: propia

3.2 CARACTERISTICAS DEL AREA DEL PROYECTO

Las terrazas y llanuras aluviales se ubican entre alturas de 1.700 y 2.700 msnm en el Valle Central de Tarija y entre 360 y 650 msnm cerca de Bermejo. Tienen pendientes entre 0 y 5% con pedregosidad superficial menor a 15%. Los suelos son profundos, de texturas medias, con disponibilidad de nutrientes de moderada a baja en el Valle Central de Tarija, y moderada a alta en el triángulo de Bermejo.

El Valle Central de Tarija tiene un clima semiárido con un periodo de disponibilidad de agua en el suelo para el crecimiento de plantas de 3 a 5 meses, pero cuenta con provisión de riego durante todo el año. Por otro lado, la eficiencia en el uso del agua de regadío es generalmente baja, presentando pérdidas grandes en la conducción como en la aplicación del riego a nivel de parcela. El periodo libre de heladas es de 7 meses. Las granizadas son frecuentes en esta zona, siendo una causa importante de pérdida de material superficial

del suelo. En la región la erosión de riberas y el desborde de los ríos son fenómenos que se presentan con bastante frecuencia, ocasionando la pérdida de material en los bordes de las riberas.

3.3 CRITERIOS DE DISEÑO METODOLÓGICO

3.3.1 Unidad de muestra; población y muestra.

Unidad de muestra: El ensayo de laboratorio de suelos.

Población: N = todos los ensayos de laboratorio de suelos establecidos para la investigación.

Tamaño de muestra “n”: desconocido.

Variable a medir: Características de los materiales ensayados para la combinación de las mezclas para estabilización granulométrica de las zonas.

3.3.2 Tamaño de muestra.

Se quiere valorar las características de los materiales mediante ensayos de laboratorio para una investigación que trata sobre la combinación de una mezcla granulométrica. Las fases de la investigación se encuentran en la tabla siguiente. El material aluvial será provisto para cubrir los ensayos de laboratorio, lo cual se prevee levantar 3 muestras de cada zona para un análisis preliminar de caracterización de la zona sin embargo, es necesario clasificar el material de forma integral, es decir sin procesamiento, se decide realizar un muestreo aleatorio de las zonas para la extracción de material aluvial de los ríos en el valle central de Tarija y extraer de cinco lugares potenciales del suelo para su caracterización granulométrica en laboratorio necesarios para la combinación a diferentes porcentajes para así comparar los mismos porcentajes para los 3 métodos.

Todos los trabajos terminan en ensayos de laboratorio, por lo tanto, se estiman cantidades de ensayos de acuerdo a sus características propias.

Desarrollo.

Unidad elemental de muestra: El ensayo de laboratorio.

Población: N = 181 ensayos establecidos para la investigación.

Tamaño de muestra “n”: desconocido.

Variable a medir: Características de los materiales ensayados para la combinación de las mezclas para estabilización granulométrica.

Cálculos y análisis previos.

- Los ensayos tienen diferentes características entre sí, pero se los puede clasificar en grupos homogéneos o estratos y aplicar el muestreo estratificado.
- La población es finita $N = 181$ ensayos y por la cantidad tiene un comportamiento de la distribución normal.
- Una investigación es exigente y por lo menos se tiene que establecer como nivel de confianza $NC = 95\%$, de acuerdo a ello la variable estandarizada es $Z = 1,96$
- El margen de error es: $e = 5 \%$, deducido por el nivel de confianza que propone el investigador.
- Por el corto tiempo establecido para la tarea corresponde a un tiempo de 4 meses, se puede asumir una varianza de $\sigma^2 = 0.10$

Cálculos finales

Tabla 16. Tamaño de muestra finales

Fases de la investigación	Nombre de los ensayos	Cantidad de ensayos	Ni	σ^2	$Ni\sigma^2$	fi	ni
Pruebas del material integridad	Exploración total zonas	12	12	0,10	1,20	0,044	5
	Granulometrías integrales zona 1	7	7	0,10	0,70	0,026	3
	Granulometrías integrales zona 2	7	7	0,10	0,70	0,026	3
	Granulometrías integrales zona 3	7	7	0,10	0,70	0,026	3
	Granulometrías integrales zona 4	7	7	0,10	0,70	0,026	3
	Granulometrías integrales zona 5	7	7	0,10	0,70	0,026	3
Pruebas del material aluvial caracterización	Contenido de humedad	12	12	0,10	1,20	0,044	5
	Peso específico	12	12	0,10	1,20	0,044	5
	Determinación de consistencia	3	3	0,10	0,30	0,011	2
	Clasificación de suelos	12	12	0,10	1,20	0,044	5
Pruebas de pre diseño del material aluvial	Combinaciones de Estabilidad de pre diseño	5	5	0,10	0,50	0,018	2
Pruebas finales de estabilización Capa	Método Triangulo	30	30	0,10	3,00	0,145	15
	Método	30	30	0,10	3,00	0,145	15

Base	Granulométrico						
	Método grafico	30	30	0,10	3,00	0,145	15
Pruebas finales de estabilización Capa Sub-Base	Método Triangulo	30	30	0,10	3,00	0,145	15
	Método Granulométrico	30	30	0,10	3,00	0,145	15
	Método Grafico	30	30	0,10	3,00	0,145	15
pruebas de estabilidad	CBR capa sub base	6	6	0,10	0,60	0,021	3
	CBR capa base	3	3	0,10	0,30	0,011	1
Ensayos totales		280			28,00		130

Fuente: Propia

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \sigma^2}{N \left(\frac{e}{Z}\right)^2 + \frac{\sum_{i=1}^n N_i \sigma^2}{N}} = \frac{28.00}{280 \left(\frac{0,05}{1,96}\right)^2 + \frac{28,00}{280}} = 100 \text{ ensayos}$$

Comparando con la cantidad de 280 ensayos inicialmente se requiere una base de 100 ensayos para darle una confiabilidad de 95% pero con el análisis estadístico se obtiene que debemos realizar 130 ensayos en un periodo de 4 meses.

3.4 APLICACIÓN PRÁCTICA

3.4.1 Extracción de muestras

3.4.1.1 Zona Obrajes

ZONAS ALUVIALES VALLE CENTRAL DE TARIJA ZONA 20K	COORDENADAS UTM	
	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
<p style="text-align: center;">ZONA OBRAJES</p> 	317431.00 E	7620640.00 S
P1	317434.00 E	7620707.00 S
P2	317439.00 E	7620648.00 S
P3	317439.00 E	7620573.00 S

Fuente: Propia

3.4.1.2 Zona Bella Vista

ZONAS ALUVIALES VALLE CENTRAL DE TARIJA ZONA 20K	COORDENADAS UTM	
	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
ZONA BELLA VISTA 	310336.00 E	7605697.00 S
P1	310302.13 E	7605777.79 S
P2	310279.87 E	7605737.74 S
P3	310287.42 E	7605771.44 S

Fuente: Propia

3.4.1.3 Zona San Mateo

ZONAS ALUVIALES VALLE CENTRAL DE TARIJA ZONA 20K	COORDENADAS UTM	
	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
ZONA SAN MATEO 	318754.00 E	7624836.00 S
P1	318761.51 E	7624849.63 S
P2	318776.08 E	7624854.66 S
P3	318825.68 E	7624848.03 S

Fuente: Propia

3.4.1.4 Zona La Pintada

ZONAS ALUVIALES VALLE CENTRAL DE TARIJA ZONA 20K	COORDENADAS UTM	
	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
ZONA LA PINTADA 	330214.00 E	7609936.00 S
P1	330195.90 E	7609923.08 S
P2	330217.10 E	7609928.24 S
P3	330209.81 E	7609925.02 S

Fuente: Propia

3.4.1.5 Zona San Luis

ZONAS ALUVIALES VALLE CENTRAL DE TARIJA ZONA 20K	COORDENADAS UTM	
	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
ZONA SAN LUIS 	322907.00 E	7614368.00 S
P1	322886.24 E	7614432.06 S
P2	322927.75 E	7614425.40 S
P3	322935.93 E	7614373.19 S

Fuente: Propia

3.4.2 Caracterización de muestras

Véase Anexo I para más detalles de los ensayos de caracterización.

ZONA	MUESTRA	W NATURAL (%)	GRANULOMETRIA % QUE PASA DEL TOTAL												LIMITES		CLASIFICACION		Dr (Kg/m3)		
			2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200	LL	LP	AASHTO	SUCS			
ZONA OBRAJES	A1	1,43	100,00	100,00	100,00	85,14	76,24	64,30	55,78	45,03	39,40	26,14	6,58	0,62	SIN LIMITES	A-1-b(0)	GP	2,56			
	A2	1,96	100,00	100,00	100,00	82,64	68,51	52,34	45,49	38,44	34,40	23,36	2,19	0,24							
	A3	1,31	100,00	100,00	100,00	84,86	76,33	57,80	51,91	42,88	38,22	22,25	1,78	0,19							
ZONA SAN MATEO	B1	0,29	100,00	100,00	94,96	79,09	68,09	50,96	42,24	33,51	29,69	23,28	6,74	0,42		SIN LIMITES	A-1-b(0)	GP	2,53		
	B1	0,26	100,00	100,00	96,21	81,96	69,05	56,03	48,54	38,20	32,56	20,24	7,26	0,28							
	B1	0,30	100,00	100,00	96,25	73,76	60,10	47,04	41,14	33,38	30,18	23,43	11,74	0,91							
ZONA BELLA VISTA	C1	0,91	100,00	93,92	74,60	43,39	33,22	22,41	17,74	13,50	11,56	7,64	3,01	0,46			SIN LIMITES	A-1-b(0)	GW	2,53	
	C1	0,74	100,00	95,68	89,28	44,54	35,39	23,11	17,96	13,31	11,57	7,86	2,61	0,40							
	C1	0,93	100,00	100,00	74,12	43,09	32,32	20,68	15,76	11,82	10,05	6,30	3,22	0,56							
ZONA PINTADA	D1	3,11	100,00	100,00	82,07	67,97	61,05	56,36	54,16	51,58	49,83	44,51	15,59	0,73				SIN LIMITES	A-2-4(0)	SP	2,56
	D1	2,21	100,00	100,00	90,90	79,28	73,57	66,03	62,42	58,63	56,56	50,87	8,06	0,32							
	D1	2,84	100,00	100,00	91,53	73,61	65,44	58,44	55,31	51,98	50,26	44,08	16,54	0,27							
ZONA SAN LUIS	E1	1,14	100,00	100,00	97,49	84,58	23,87	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	SIN LIMITES				A-1-a(0)	GP	2,67
	E1	0,84	100,00	100,00	95,56	80,48	25,82	8,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
	E1	0,81	100,00	100,00	96,04	83,79	24,83	11,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							

Fuente: Propia

3.4.3 Criterios de Aplicación

La estabilización de suelos en la mezcla granulométrica de 3 suelos es aplicada con el método triángulo de Feret, granulométrico y gráfico ya que nos proporcionan porcentajes adecuados para una mezcla, esta integración de herramientas proporciona información crucial para seleccionar adecuadamente los materiales, garantizar la resistencia, estabilidad y durabilidad de las capas constructivas. Los resultados obtenidos se evaluarán en términos de su aplicabilidad en capas de pavimento y se buscará proporcionar recomendaciones prácticas para mejorar la precisión y exactitud de los resultados obtenidos mediante los métodos de estabilización del suelo.

Se controlarán los procedimientos de aplicación de cada método y se utilizarán técnicas y equipo estandarizados en el laboratorio de suelos para garantizar la validez de los resultados. La investigación estará orientada en comparar y se buscará proporcionar recomendaciones para su uso, así como cumplir con las especificaciones técnicas requeridas considerando los siguientes aspectos.

- Tipo de Suelo: Considerar el tipo de suelo aluvial y su composición para determinar la idoneidad de los métodos de estabilización.
- Tamaño de Partícula: Evaluar el tamaño de partícula del suelo y seleccionar el método de análisis granulométrico más adecuado en función de esta característica.
- Distribución Granulométrica: Analizar la distribución granulométrica del suelo para identificar posibles variaciones y seleccionar el método que proporcione resultados más precisos.
- Requisitos de la Capa Base y Sub-base: Asegurarse de que los métodos de análisis seleccionados cumplan con los requisitos específicos de la capa base y sub-base.
- Comparación de Resultados: Realizar una comparación detallada de los resultados obtenidos con cada método de análisis para identificar diferencias significativas y seleccionar el más apropiado.
- Validación de Resultados: Verificar la consistencia y fiabilidad de los resultados obtenidos mediante pruebas adicionales y validación cruzada.

3.4.4 Metodología Empleada

La metodología empleada en este proyecto de estabilización granulométrica fue la extracción de muestras integrales de cinco zonas donde las deposiciones de los materiales

son considerables para la extracción de áridos de la zona, se realizó el respectivo acopio contando con la extracción de tres muestras de las cuales se hizo un análisis granulométrico de cada una de las muestras. Se analizaron las muestras más adecuadas para el análisis del cual se determinó el uso de un material granular con un material con graduación de fino y no se utilizó un promedio para lo cual se necesitó realizar un análisis granulométrico para tener una coherencia de análisis entre los métodos, adecuados para las mezclas de diseño con los siguientes criterios:

Datos Necesarios Análisis Granulométrico:

Método Triángulo de Feret:

Datos Requeridos:

- % Retenido en el tamiz N°4.
- % Que pasa el N°4 y es retenido en el N°200.
- % Que pasa el tamiz N°200.

Muestras Utilizadas:

Muestra E, A, B.

Proceso de Análisis:

Graficar los datos de las muestras en un sistema de coordenadas para visualizar el área de la solución de porcentajes para la mezcla de base y sub-base.

Método Granulométrico:

Datos Requeridos:

- Distribución detallada de tamaños de partículas en la muestra de suelo.

Muestras Utilizadas:

- Muestra E, A, B.

Proceso de Análisis:

- Realizar un análisis granulométrico detallado para determinar la distribución de tamaños de partículas y ajustar las proporciones según los objetivos establecidos.

Método Gráfico:

Datos Requeridos:

- % Retenido en el tamiz N°4.
- % Que pasa el tamiz N°200.

Muestras Utilizadas:

- Muestra E, A, B.

Proceso de Análisis:

- Representar los datos en un sistema de coordenadas X, Y, y graficar los materiales para comparar con las especificaciones técnicas de base y sub-base.

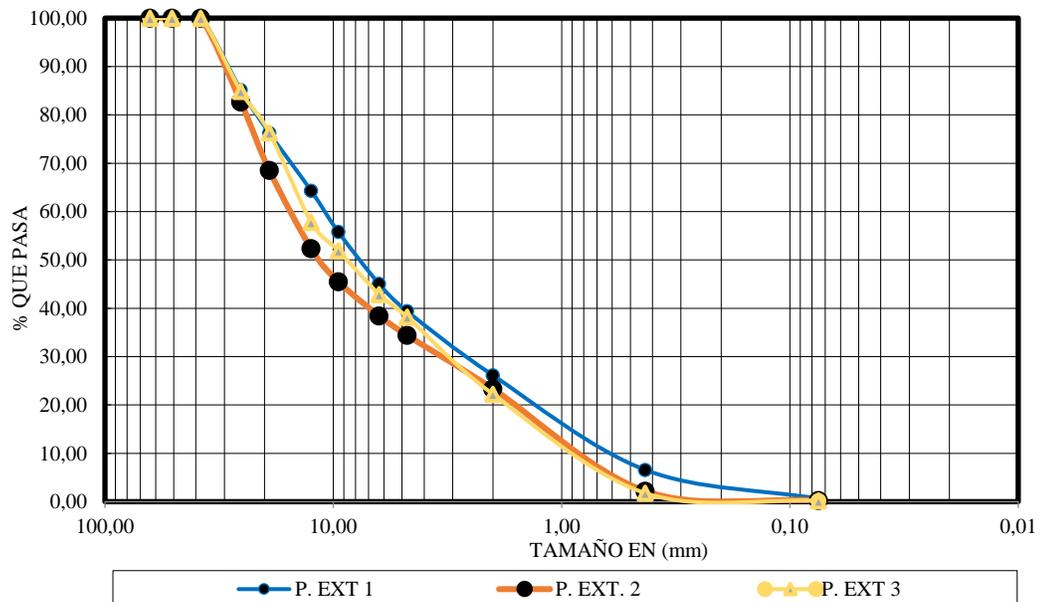
3.4.4.1 Granulometría Integral Zona Obrajes.

GRANULOMETRIA A

Peso Total (gr.) =		5000		
Tamices	Tamaño (mm)	% Que pasa del total		
		A1	A2	A3
2	63,50	100,00	100,00	100,00
2"	50,80	100,00	100,00	100,00
1 ½"	38,10	100,00	100,00	100,00
1"	25,40	85,14	82,64	84,86
¾"	19,05	76,24	68,51	76,33
½"	12,70	64,30	52,34	57,80
⅜"	9,50	55,78	45,49	51,91
¼"	6,30	45,03	38,44	42,87
Nº4	4,75	39,40	34,40	38,21
Nº10	2,00	26,14	23,36	22,24
Nº40	0,43	6,58	2,19	1,77
Nº200	0,08	0,62	0,24	0,18

Fuente: Propia

CURVA GRANULOMÉTRICA ZONA OBRAJES



Fuente: Propia

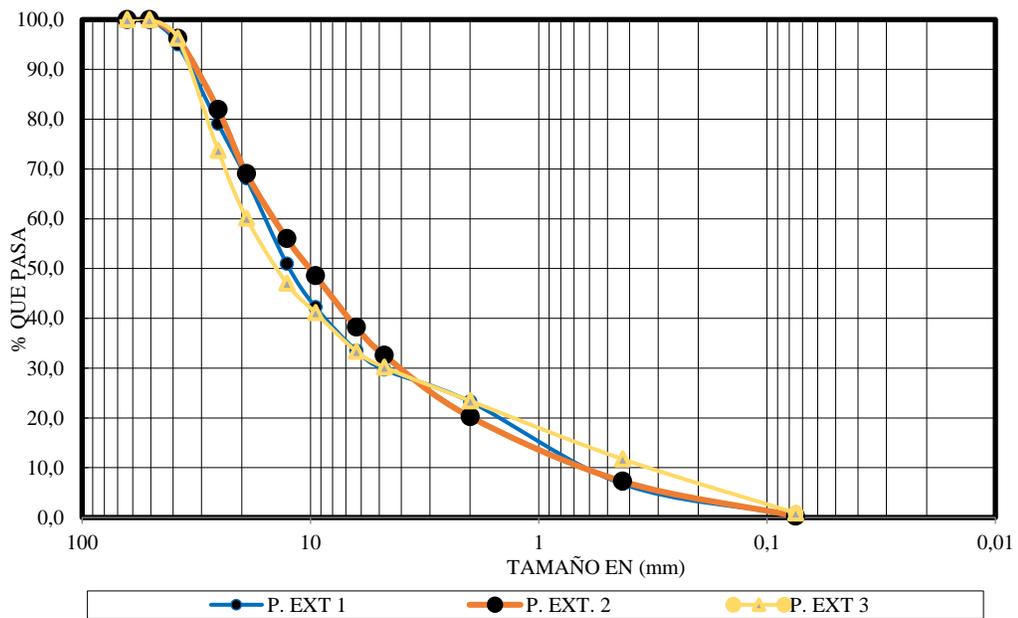
3.4.4.2 Granulometría Integral Zona San Mateo.

GRANULOMETRIA B

Peso Total (gr.) =		5000		
Tamices	Tamaño (mm)	% Que pasa del total		
		B1	B2	B3
2 ½"	63,50	100,00	100,00	100,00
2"	50,80	100,00	100,00	100,00
1 ½"	38,10	94,96	96,21	96,25
1"	25,40	79,09	81,96	73,76
¾"	19,05	68,09	69,05	60,10
½"	12,70	50,96	56,03	47,04
⅜"	9,50	42,24	48,54	41,14
¼"	6,30	33,51	38,20	33,38
Nº4	4,75	29,68	32,56	30,18
Nº10	2,00	23,27	20,24	23,43
Nº40	0,43	6,74	7,26	11,74
Nº200	0,08	0,42	0,28	0,91

Fuente: Propia

CURVA GRANULOMÉTRICA ZONA SAN MATEO



Fuente: Propia

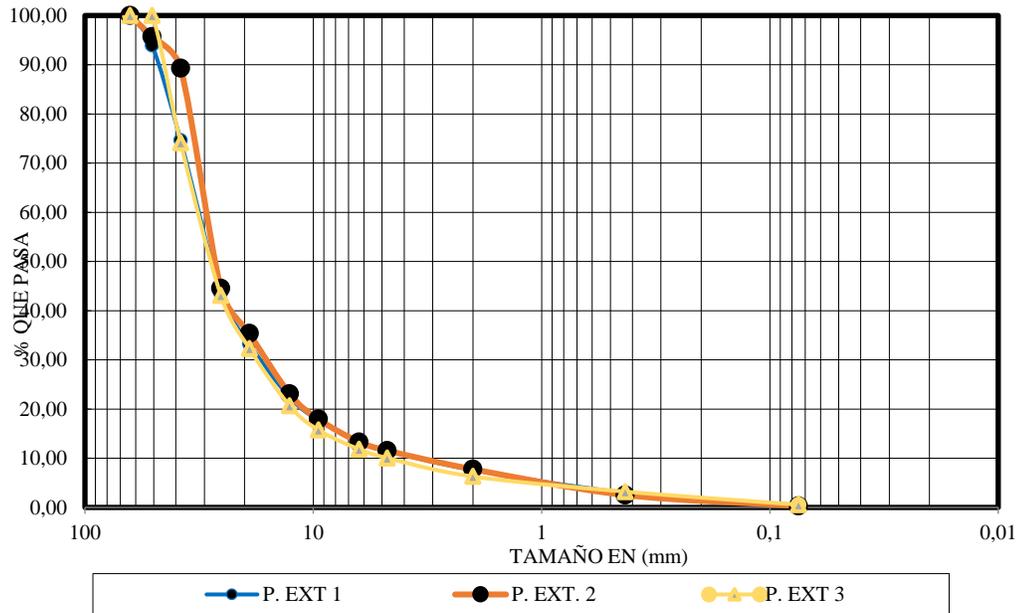
3.4.4.3 Granulometría Integral Zona Bella Vista.

GRANULOMETRIA C

Peso Total (gr.) =		5000		
Tamices	Tamaño (mm)	% Que pasa del total		
		C1	C2	C3
2½"	63,50	100,00	100,00	100,00
2"	50,80	93,92	95,68	100,00
1 ½"	38,10	74,60	89,28	74,12
1"	25,40	43,39	44,52	43,09
¾"	19,05	33,22	35,38	32,32
½"	12,70	22,41	23,10	20,68
3/8"	9,50	17,74	17,94	15,76
¼"	6,30	13,50	13,29	11,82
Nº4	4,75	11,56	11,56	10,05
Nº10	2,00	7,64	7,77	6,30
Nº40	0,43	3,01	2,52	3,22
Nº200	0,08	0,46	0,30	0,56

Fuente: Propia

CURVA GRANULOMÉTRICA ZONA BELLA VISTA



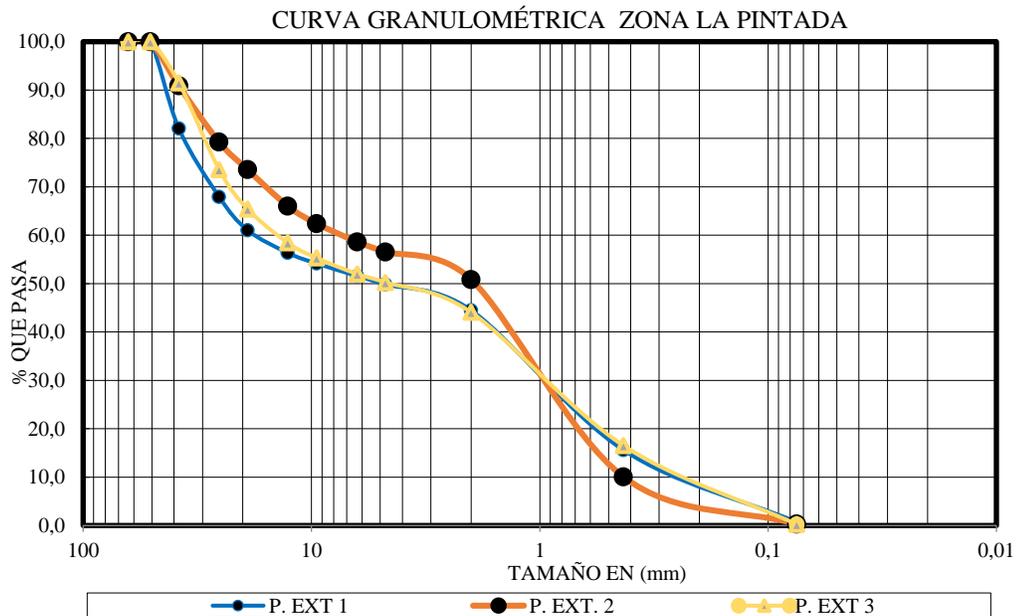
Fuente: Propia

3.4.4.4 Granulometría Integral Zona La Pintada.

GRANULOMETRIA D

Peso Total (gr.) =		5000		
Tamices	Tamaño (mm)	% Que pasa del total		
		D1	D2	D3
2½"	63,50	100,00	100,00	100,00
2"	50,80	100,00	100,00	100,00
1 ½"	38,10	82,07	90,90	91,53
1"	25,40	67,97	79,28	73,61
¾"	19,05	61,05	73,57	65,44
½"	12,70	56,36	66,03	58,44
⅜"	9,50	54,16	62,42	55,31
¼"	6,30	51,58	58,63	51,98
Nº4	4,75	49,83	56,56	50,26
Nº10	2,00	44,51	50,87	44,08
Nº40	0,43	15,59	10,06	16,54
Nº200	0,08	0,73	0,32	0,27

Fuente: Propia



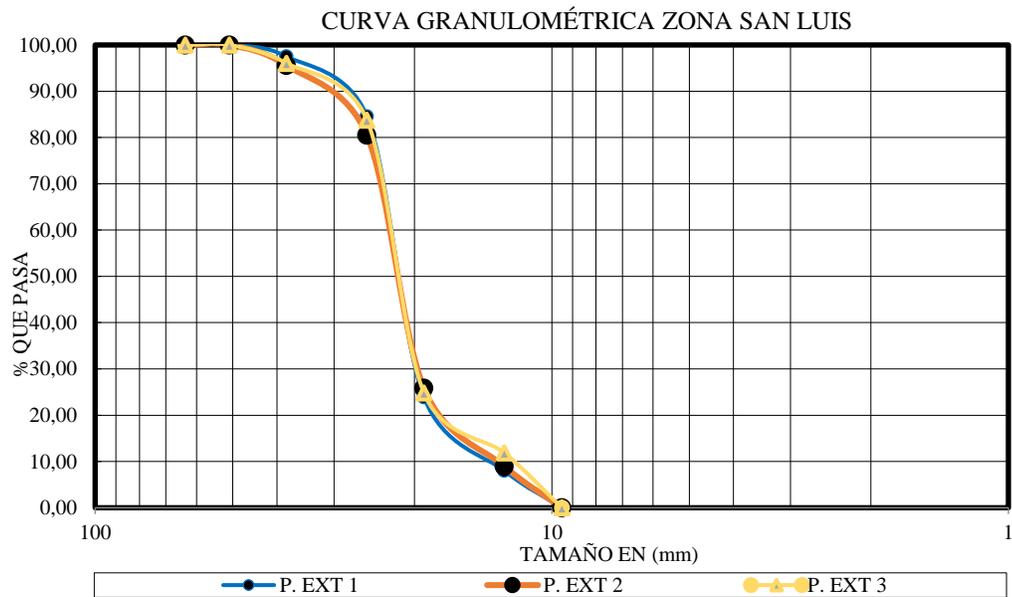
Fuente: Propia

3.4.4.5 Granulometría Integral Zona San Luis.

GRANULOMETRIA E

Peso Total (gr.) =		5000		
Tamices	Tamaño (mm)	% Que pasa del total		
		E1	E2	E3
2½"	63,50	100,00	100,00	100,00
2"	50,80	100,00	100,00	100,00
1½"	38,10	97,49	95,56	96,04
1"	25,40	84,58	80,48	83,79
¾"	19,05	23,87	25,82	24,83
½"	12,70	8,00	8,96	11,85
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00
¼"	6,30	0,00	0,00	0,00
Nº4	4,75	0,00	0,00	0,00
Nº10	2,00	0,00	0,00	0,00
Nº40	0,43	0,00	0,00	0,00
Nº200	0,08	0,00	0,00	0,00

Fuente: Propia

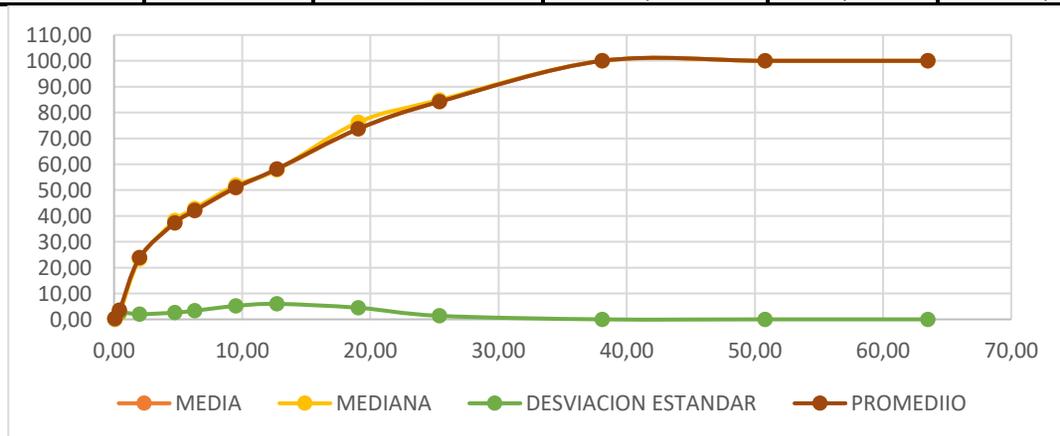


Fuente: Propia

3.4.5 Interpretación Estadística de Selección

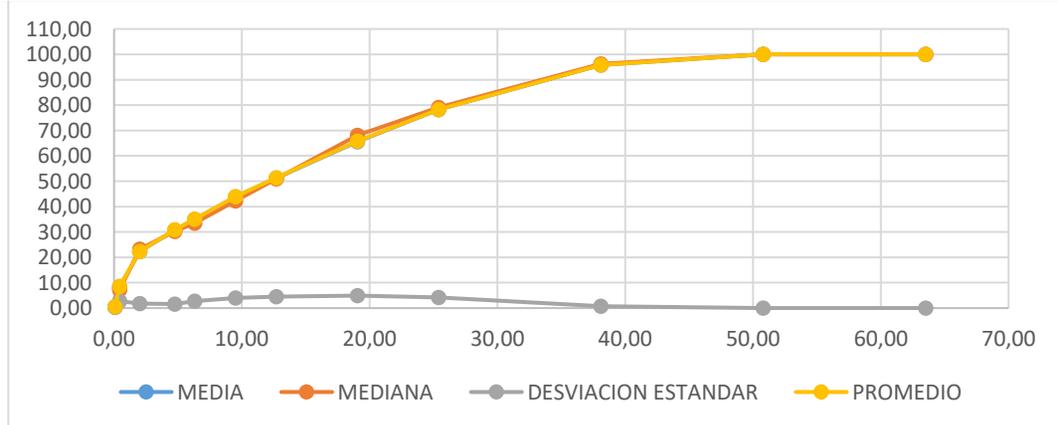
3.4.5.1 Muestra A

Peso Total (gr.) =		5000						
Tamices	Tamaño (mm)	% Que pasa del total			MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO
		A1	A2	A3				
2	63,50	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00
2"	50,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00
1 ½"	38,10	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00
1"	25,40	85,14	82,64	84,86	84,21	84,86	1,37	84,21
¾"	19,05	76,24	68,51	76,33	73,60	76,24	4,49	73,69
½"	12,70	64,30	52,34	57,80	57,94	57,80	5,99	58,15
⅜"	9,50	55,78	45,49	51,91	50,88	51,91	5,20	51,06
¼"	6,30	45,03	38,44	42,87	42,02	42,87	3,36	42,11
Nº4	4,75	39,40	34,40	38,21	37,27	38,21	2,61	37,34
Nº10	2,00	26,14	23,36	22,24	23,86	23,36	2,01	23,91
Nº40	0,43	6,58	2,19	1,77	2,94	2,19	2,66	3,51
Nº200	0,08	0,62	0,24	0,18	0,00	0,24	0,24	0,35



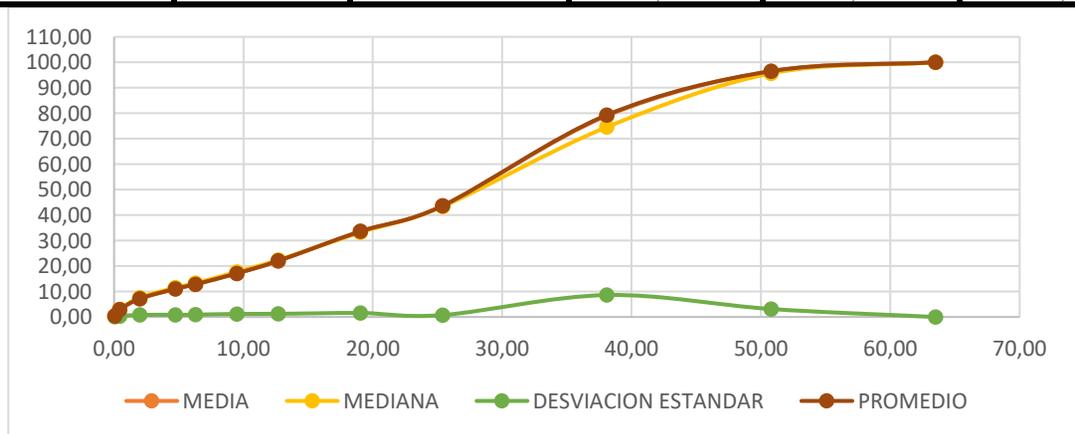
3.4.5.2 Muestra B

Peso Total (gr.) =		5000						
Tamices	Tamaño (mm)	% Que pasa del total			MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO
		B1	B2	B3				
2 ½"	63,50	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00
2"	50,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00
1 ½"	38,10	94,96	96,21	96,25	95,81	96,21	0,73	95,81
1"	25,40	79,09	81,96	73,76	78,19	79,09	4,16	78,27
¾"	19,05	68,09	69,05	60,10	65,62	68,09	4,92	65,74
½"	12,70	50,96	56,03	47,04	51,21	50,96	4,51	51,34
⅜"	9,50	42,24	48,54	41,14	43,85	42,24	3,99	43,97
¼"	6,30	33,51	38,20	33,38	34,96	33,51	2,75	35,03
Nº4	4,75	29,68	32,56	30,18	30,79	30,18	1,54	30,81
Nº10	2,00	23,27	20,24	23,43	22,26	23,27	1,80	22,31
Nº40	0,43	6,74	7,26	11,74	8,31	7,26	2,75	8,58
Nº200	0,08	0,42	0,28	0,91	0,47	0,42	0,33	0,53



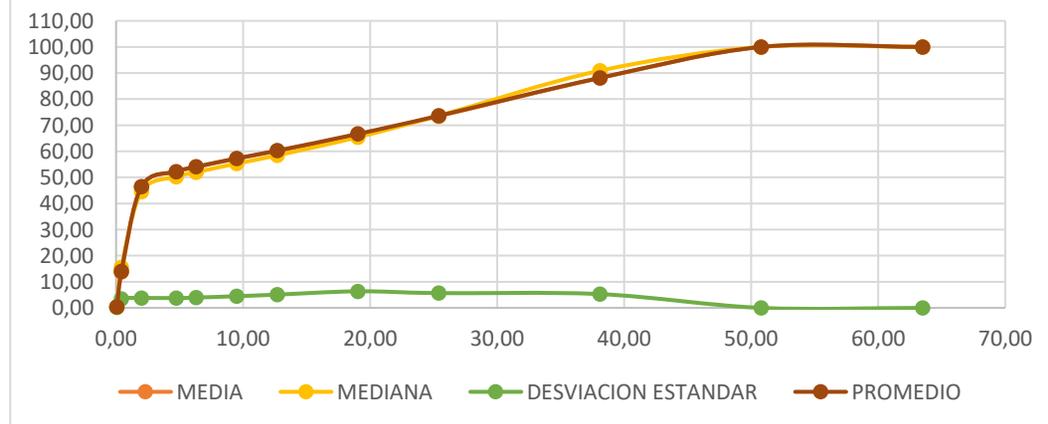
3.4.5.3 Muestra C

Peso Total (gr.) =		5000						
Tamices	Tamaño (mm)	% Que pasa del total			MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO
		C1	C2	C3				
2½"	63,50	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00
2"	50,80	93,92	95,68	100,00	96,50	95,68	3,13	96,53
1 ½"	38,10	74,60	89,28	74,12	79,03	74,60	8,61	79,33
1"	25,40	43,39	44,52	43,09	43,66	43,39	0,76	43,67
¾"	19,05	33,22	35,38	32,32	33,61	33,22	1,57	33,64
½"	12,70	22,41	23,10	20,68	22,04	22,41	1,24	22,06
3/8"	9,50	17,74	17,94	15,76	17,12	17,74	1,21	17,15
¼"	6,30	13,50	13,29	11,82	12,85	13,29	0,92	12,87
Nº4	4,75	11,56	11,56	10,05	11,03	11,56	0,87	11,06
Nº10	2,00	7,64	7,77	6,30	7,20	7,64	0,82	7,23
Nº40	0,43	3,01	2,52	3,22	2,90	3,01	0,36	2,91
Nº200	0,08	0,46	0,30	0,56	0,43	0,46	0,13	0,44



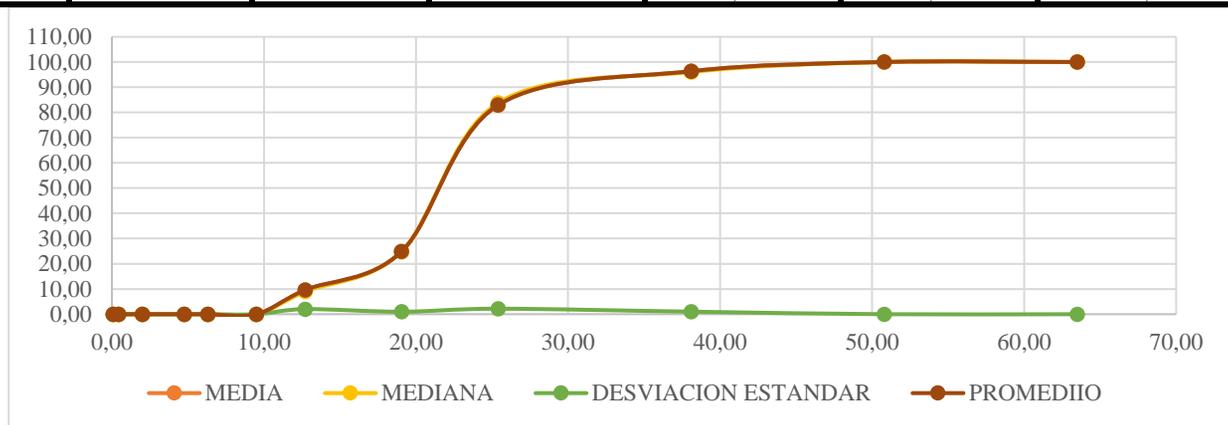
3.4.5.4 Muestra D

Peso Total (gr.) =		5000						
Tamices	Tamaño (mm)	% Que pasa del total			MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO
		D1	D2	D3				
2½"	63,50	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00
2"	50,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00
1 ½"	38,10	82,07	90,90	91,53	88,06	90,90	5,29	88,17
1"	25,40	67,97	79,28	73,61	73,47	73,61	5,65	73,62
¾"	19,05	61,05	73,57	65,44	66,49	65,44	6,35	66,69
½"	12,70	56,36	66,03	58,44	60,14	58,44	5,09	60,28
3/8"	9,50	54,16	62,42	55,31	57,19	55,31	4,47	57,30
¼"	6,30	51,58	58,63	51,98	53,97	51,98	3,96	54,06
Nº4	4,75	49,83	56,56	50,26	52,13	50,26	3,77	52,22
Nº10	2,00	44,51	50,87	44,08	46,38	44,51	3,80	46,49
Nº40	0,43	15,59	10,06	16,54	13,74	15,59	3,50	14,06
Nº200	0,08	0,73	0,32	0,27	0,40	0,32	0,25	0,44



3.4.5.5 Muestra E

Peso Total (gr.) =		5000						
Tamices	Tamaño (mm)	% Que pasa del total			MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	PROMEDIO
		E1	E2	E3				
2½"	63,50	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00
2"	50,80	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	100,00
1 ½"	38,10	97,49	95,56	96,04	96,36	96,04	1,01	96,37
1"	25,40	84,58	80,48	83,79	82,93	83,79	2,17	82,95
¾"	19,05	23,87	25,82	24,83	24,83	24,83	0,97	24,84
½"	12,70	8,00	8,96	11,85	9,47	8,96	2,00	9,61
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
¼"	6,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nº4	4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nº10	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nº40	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nº200	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



3.4.6 Metodología Mezcla de 3 Suelos

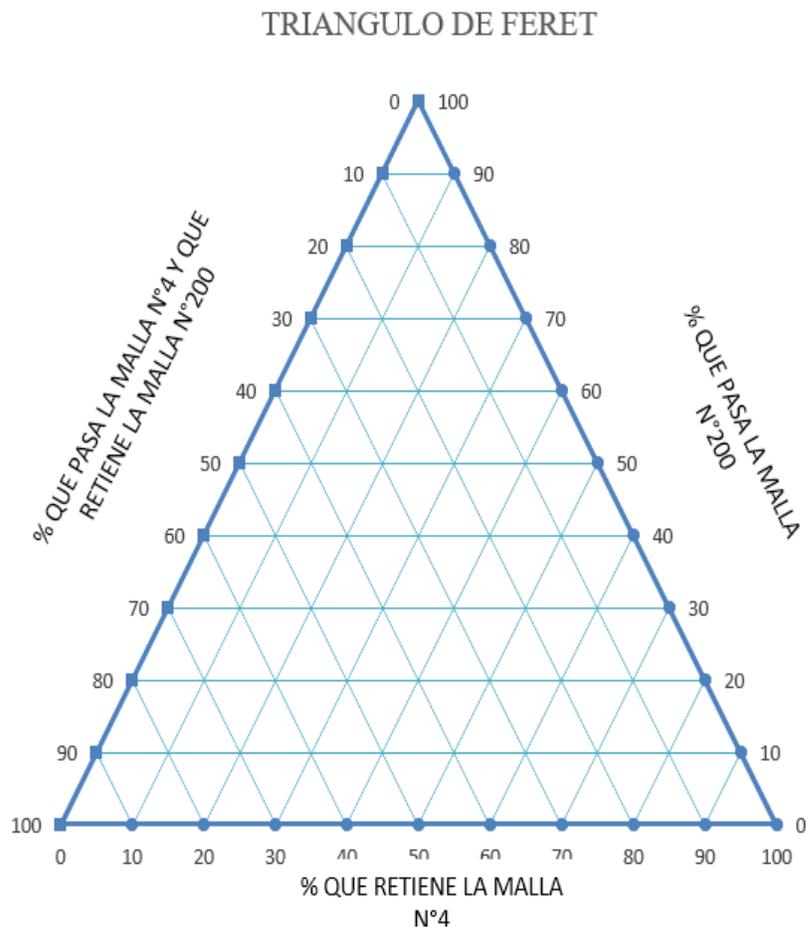
3.4.6.1 Método Triangulo de Feret

luego del criterio de selección con las muestras que trabajaremos para emplear el método del triángulo de Feret, para el cual necesitaremos los porcentajes retenidos en el tamiz N°4, lo que pasa el N°4 y retenido en el N°200 y lo que pasa el tamiz N°200. Con los datos graficaremos 3 puntos que nos mostraran el área de la solución que nos proporcionaran los porcentajes para la mezcla para una base y sub base.

DESCRIPCION	%RET TAMIZ N°4	%QUE PASA N°4 Y RET N°200	%QUE PASA EL TAMIZ N°200
MUESTRA E	0,0	0,0	0,0
MUESTRA A	60,6	38,8	0,6
MUESTRA B	69,8	29,3	0,9

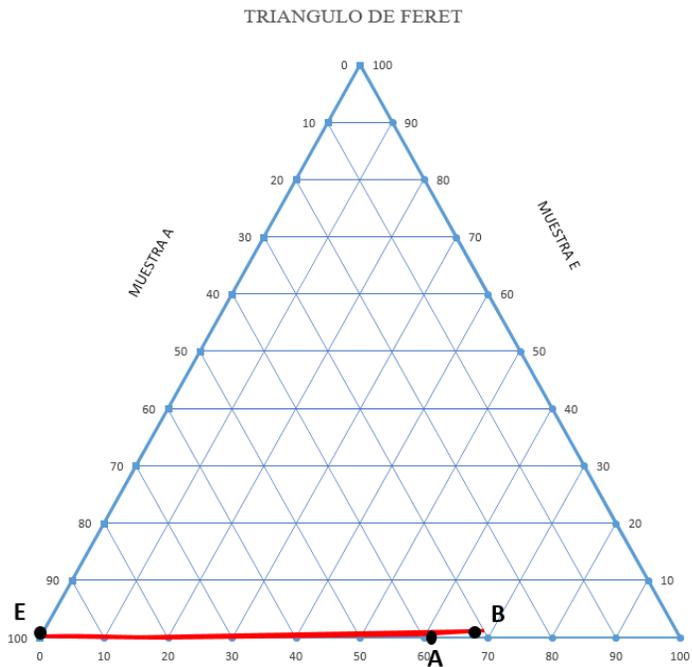
Fuente: Propia

Grafico 6. Triangulo de Feret



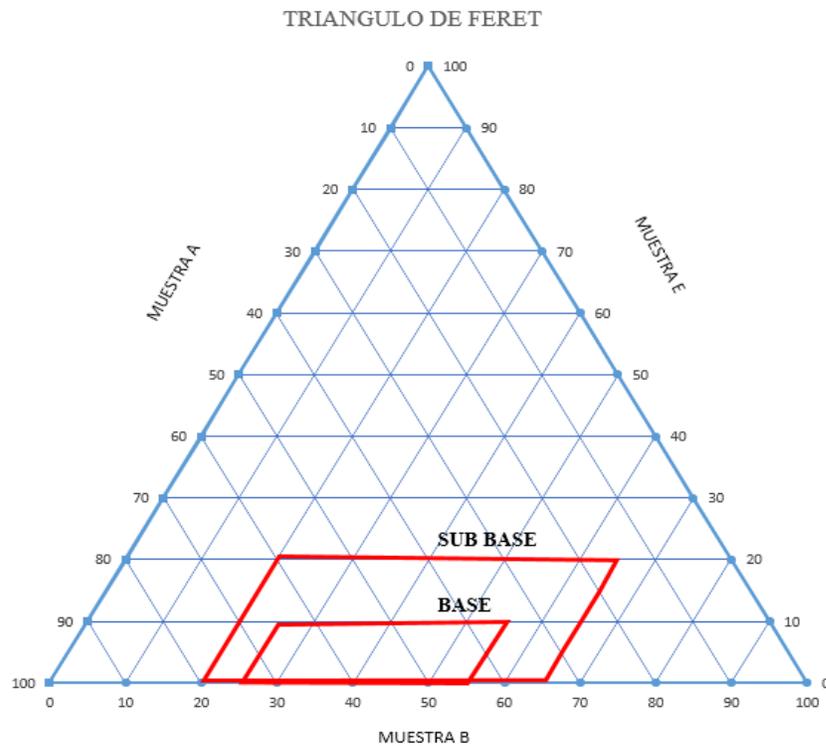
Fuente: Propia

Grafico 7. Área de solución triángulo de Feret



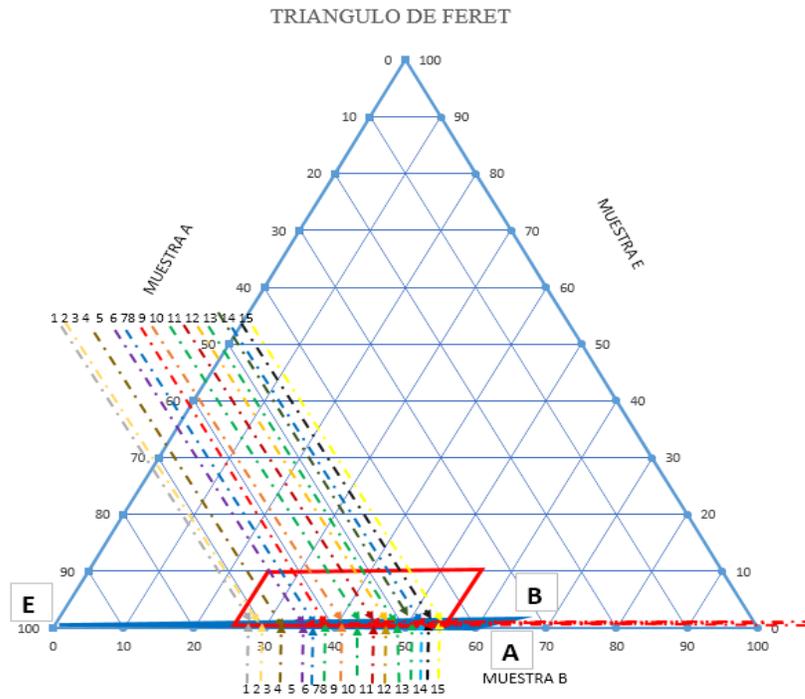
Fuente: Propia

Grafico 8. Especificación técnica para base y sub base



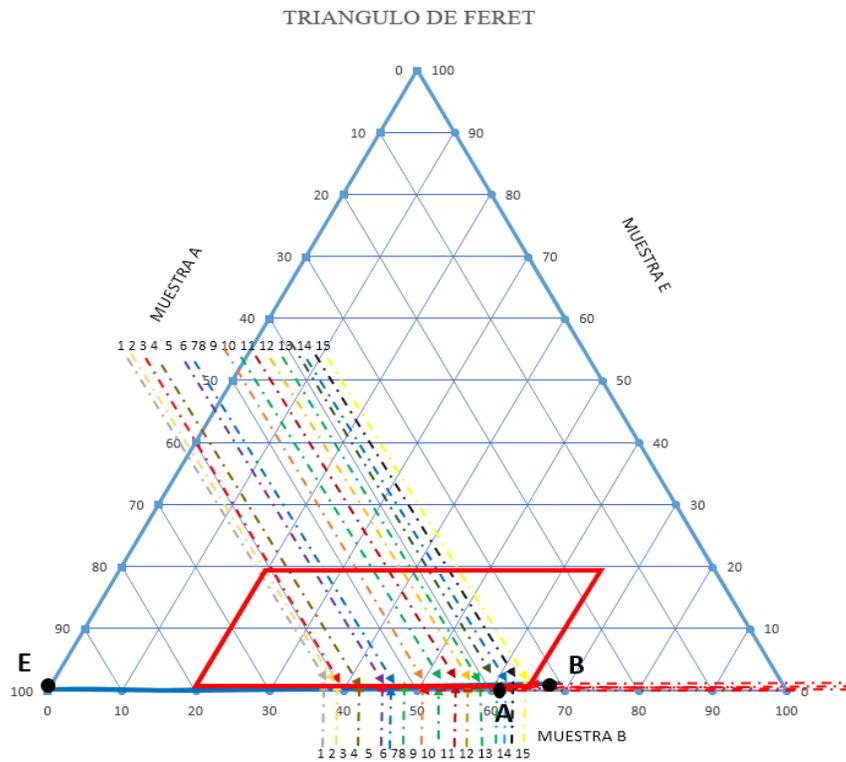
Fuente: Propia

Grafico 9. Combinaciones capa base



Fuente: Propia

Grafico 10. Combinaciones capa sub base



Fuente: Propia

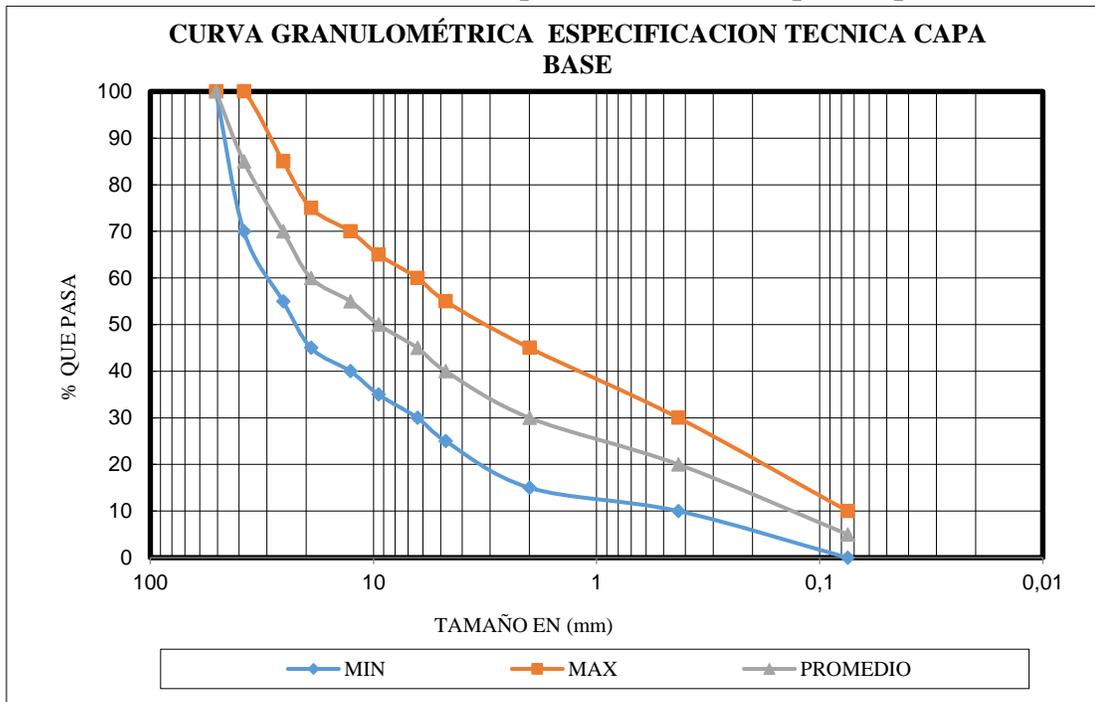
3.4.6.2 Método Granulométrico

El método granulométrico es un enfoque utilizado en ingeniería civil para ajustar la combinación de tamaños de partículas en una muestra de suelo sin depender de representaciones visuales en gráficos específicos. Este método se basa en el análisis detallado de la distribución de tamaños de partículas mediante cálculos matemáticos y fraccionamiento de la muestra en diferentes rangos granulométricos. Al establecer objetivos claros, seleccionar las fracciones adecuadas y calcular las proporciones necesarias, los ingenieros pueden diseñar una combinación granulométrica óptima que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas para la estabilización del suelo.

Para lo cual se sigue los siguientes pasos:

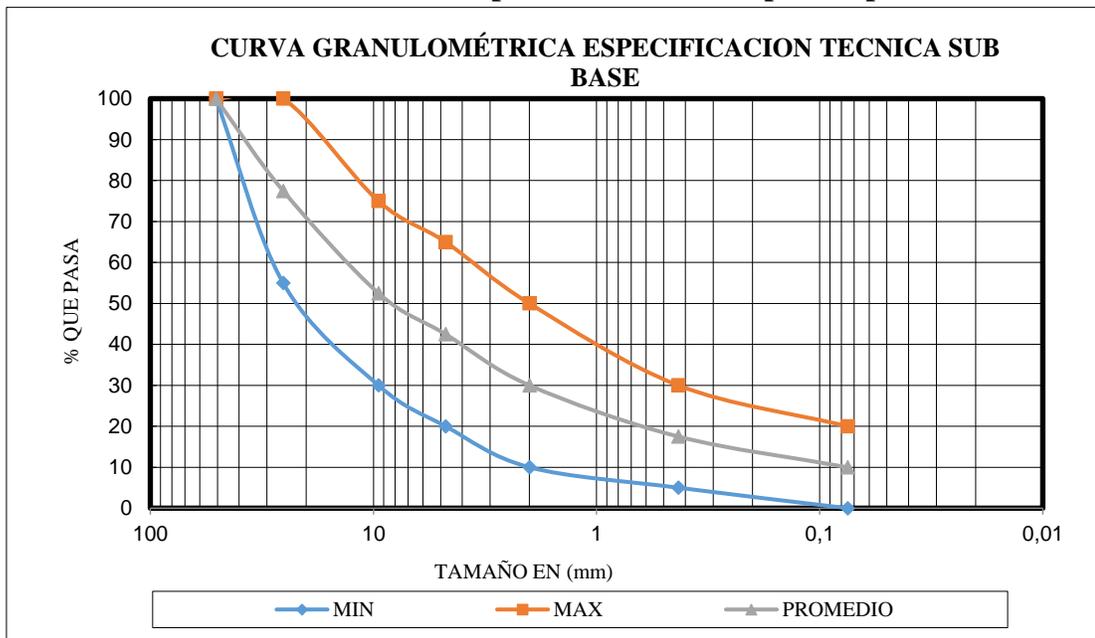
- **Análisis Granulométrico:** Realiza el análisis granulométrico de la muestra de suelo que deseas estabilizar para determinar la distribución de tamaños de partículas presentes en la muestra.
- **Identificación de Objetivos:** Establece los objetivos de la combinación granulométrica en función de las especificaciones técnicas requeridas para la estabilización del suelo, como los límites granulométricos y las proporciones de tamaños de partículas deseables.
- **Selección de Fracciones Granulométricas:** Divide la muestra de suelo en fracciones granulométricas según los tamaños de partículas presentes y determina las proporciones de cada fracción en relación con los objetivos establecidos.
- **Cálculo de Mezcla:** Calcula las proporciones necesarias de cada fracción granulométrica para obtener la combinación deseada. Puedes utilizar cálculos matemáticos para ajustar las proporciones y lograr la distribución adecuada de tamaños de partículas.
- **Selección de Aditivos:** Si es necesario, selecciona los aditivos adecuados que te ayudarán a mejorar las propiedades del suelo y a cumplir con las especificaciones técnicas requeridas.
- **Mezcla y Verificación:** Mezcla las fracciones granulométricas y los aditivos, si es necesario, siguiendo las proporciones calculadas. Verifica la combinación resultante mediante análisis granulométricos posteriores para asegurarte de que cumple con los objetivos establecidos.

Grafico 11. Granulometría Especificación técnica para capa base ABC



Fuente: Propia

Grafico 12. Granulometría Especificación técnica para capa sub base ABC



Fuente: Propia

3.4.6.3 Método Gráfico

El método gráfico para la estabilización granulométrica es una herramienta valiosa que contribuye significativamente a la eficiencia y calidad de los proyectos de ingeniería civil.

Se lleva las granulometrías a un sistema de coordenadas X, Y no tiene que ser la misma escala en X que en Y se recomienda que Y sea el doble que en X.

- Se escoge un tamiz grueso y un fino
- El tamiz N°4 y el tamiz N°200

DESCRIPCION	X	Y
	% Ret N°4	% que pasa N°200
MUESTRA E	100,00	0,00
MUESTRA A	60,60	0,62
MUESTRA B	69,82	0,91
ESP TEC BASE	25-55	0-10
ESP TEC SUB BASE	20-65	0-20

Fuente: Propia

Los tamices escogidos para el gráfico va depender que tan lejos o cerca está la solución.

Se grafica los tamices escogidos para los materiales E, A, B.

- En el eje “X” se grafica el material grueso con él % retenido en el tamiz N°4.
- En el eje “Y” se grafica el tamiz fino con él % pasante del tamiz N° 200
- De acuerdo a las especificaciones técnicas mínimas y máximas se crea un rectángulo con un centroide “S” que intersekte con una recta graficada con los materiales de A, B, C. o que pase por el recuadro de las especificaciones.

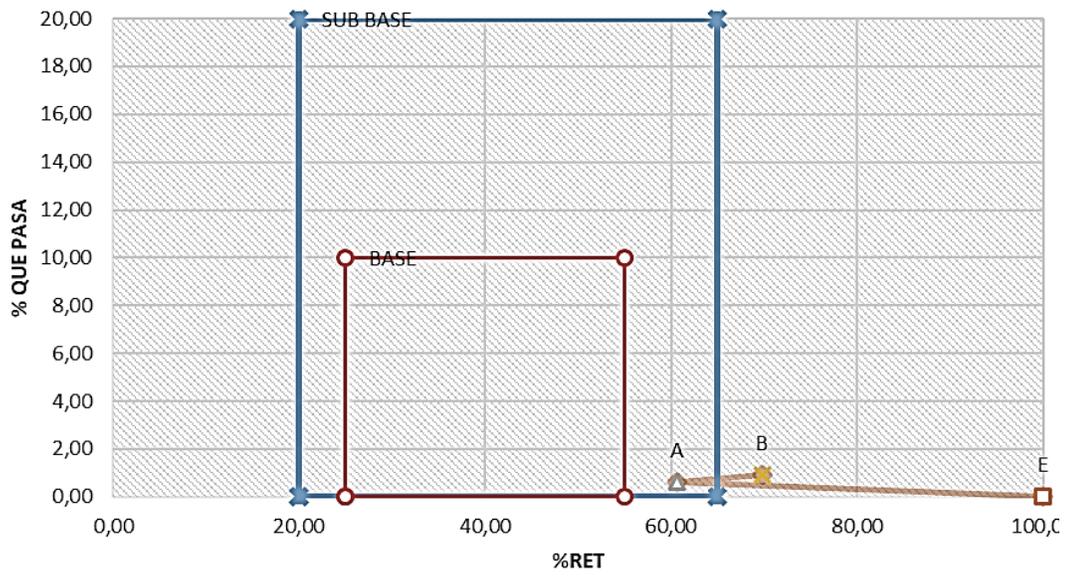
Se recomienda inspeccionar con la recta más cercana y medir las distancias entre puntos

Mat A= (“X” % Retenido, “Y” % Pasante)

Mat B = (“X” % Retenido, “Y” % Pasante)

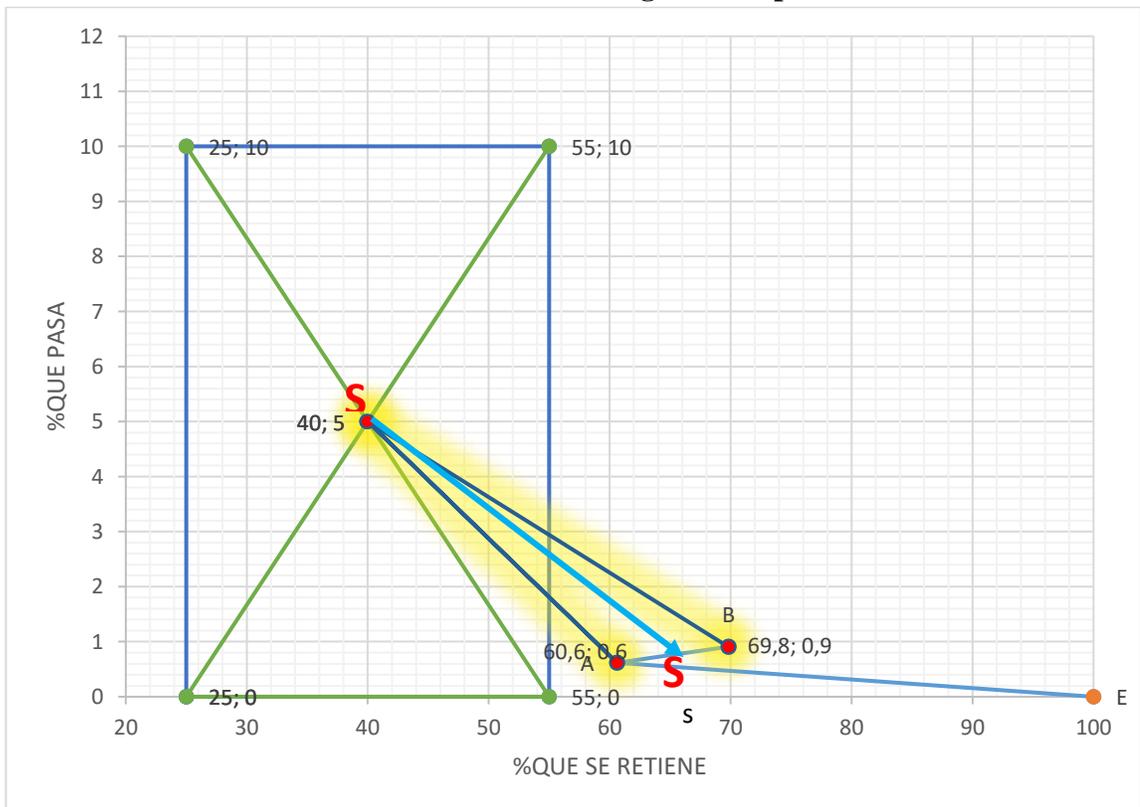
Mat C = (“X” % Retenido, “Y” % Pasante)

Grafico 13. Especificaciones método grafico ABC



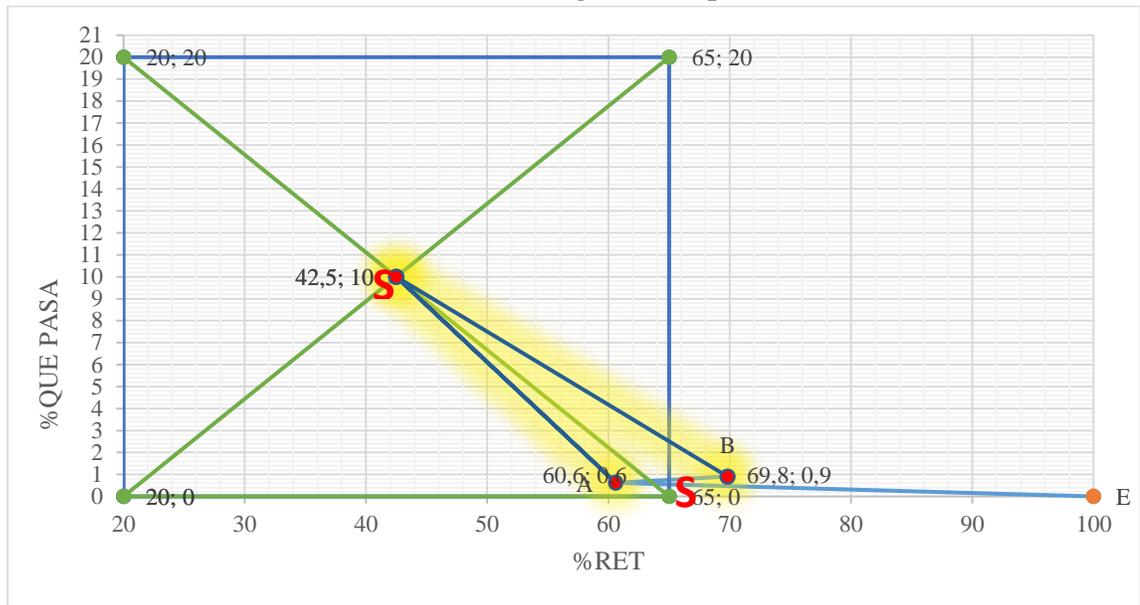
Fuente: Propia

Grafico 14. Método grafico capa base



Fuente: Propia

Grafico 15. Método grafico capa sub base



Fuente: Propia

$$B = \frac{SB}{SB+AS} * 100(\%)$$

$$A'' = \frac{AS}{AS+SB} * 100(\%)$$

$$A = \frac{BB}{BB+EA} * \%A''(\%)$$

$$E = \frac{EA}{EA+BB} * \%A''(\%)$$

Donde:

AS= distancia entre el punto A y B con una distancia SA.

SB= distancia entre el punto B y A con una distancia SB.

BB= distancia del punto A con el eje X

EA= distancia entre los puntos E y A (BRISEÑO, 2018)

3.4.7 Combinaciones de Estabilización Granulométrica Mezcla de 3 Suelos

3.4.7.1 Método Triangulo de Feret

3.4.7.1.1 Capa Base

COMBINACION CAPAN BASE					
MUESTRA	COMBINACION 1	COMBINACION 2	COMBINACION 3	COMBINACION 4	COMBINACION 5
E	0,60%	0,62%	0,64%	0,66%	0,68%
A	72,00%	70,00%	66,80%	65,00%	64,00%
B	27,40%	29,38%	32,56%	34,34%	35,32
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

COMBINACION CAPA BASE					
MUESTRA	COMBINACION 6	COMBINACION 7	COMBINACION 8	COMBINACION 9	COMBINACION 10
E	0,70%	0,72%	0,74%	0,76%	0,78%
A	60,30%	59,00%	57,00%	55,00%	53,00%
B	39,00%	40,28%	42,26%	44,24%	46,22%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

COMBINACION CAPA BASE					
MUESTRA	COMBINACION 11	COMBINACION 12	COMBINACION 13	COMBINACION 14	COMBINACION 15
E	0,80%	0,82%	0,84%	0,86%	0,88%
A	51,00%	48,00%	47,00%	46,00%	45,00%
B	48,20%	51,08%	52,06%	53,24%	54,12%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

3.4.7.1.2 Capa Sub Base

COMBINACION CAPA SUB BASE					
MUESTRA	COMBINACION 1	COMBINACION 2	COMBINACION 3	COMBINACION 4	COMBINACION 5
E	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
A	62,40%	61,30%	60,20%	58,00%	55,00%
B	37,50%	38,50%	39,50%	41,60%	44,50%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

COMBINACION CAPA SUB BASE					
MUESTRA	COMBINACION 6	COMBINACION 7	COMBINACION 8	COMBINACION 9	COMBINACION 10
E	0,50%	0,50%	0,60%	0,70%	0,90%
A	53,00%	48,50%	48,00%	45,00%	42,00%
B	46,50%	51,00%	51,40%	54,30%	57,10%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

COMBINACION CAPA SUB BASE					
MUESTRA	COMBINACION 11	COMBINACION 12	COMBINACION 13	COMBINACION 14	COMBINACION 15
E	0,90%	0,80%	0,70%	0,60%	0%
A	41,00%	37,50%	37,00%	36,00%	35,00%
B	58,10%	61,70%	62,30%	63,40%	65,00%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

3.4.7.2 Método Granulométrico

3.4.7.2.1 Capa Base

COMBINACION CAPA BASE					
MUESTRA	COMBINACION 1	COMBINACION 2	COMBINACION 3	COMBINACION 4	COMBINACION 5
E	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
A	90,00%	80,00%	70,00%	60,00%	50,00%
B	9,90%	19,80%	29,70%	39,60%	49,50%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

COMBINACION CAPA BASE					
MUESTRA	COMBINACION 6	COMBINACION 7	COMBINACION 8	COMBINACION 9	COMBINACION 10
E	0,60%	0,70%	0,80%	0,90%	1,00%
A	40,00%	30,00%	20,00%	10,00%	20,00%
B	59,40%	69,30%	79,20%	89,10%	79,00%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

COMBINACION CAPA BASE					
MUESTRA	COMBINACION 11	COMBINACION 12	COMBINACION 13	COMBINACION 14	COMBINACION 15
E	2,00%	3,00%	4,00%	5,00%	0,50%
A	30,00%	40,00%	50,00%	50,00%	45,00%
B	68,00%	57,00%	46,00%	45,00%	54,50%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

3.4.7.2.2 Capa Sub Base

COMBINACION CAPA SUB BASE					
MUESTRA	COMBINACION 1	COMBINACION 2	COMBINACION 3	COMBINACION 4	COMBINACION 5
E	0,10%	0,20%	0,30%	0,40%	0,50%
A	45,00%	46,00%	50,00%	55,00%	60,00%
B	54,90%	53,80%	49,70%	44,60%	39,50%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

COMBINACION CAPA SUB BASE					
MUESTRA	COMBINACION 6	COMBINACION 7	COMBINACION 8	COMBINACION 9	COMBINACION 10
E	0,50%	0,50%	0,60%	0,70%	0,90%
A	65,00%	30,00%	40,00%	45,00%	10,00%
B	34,50%	69,50%	59,40%	54,30%	89,10%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

COMBINACION CAPA SUB BASE					
MUESTRA	COMBINACION N 11	COMBINACION 12	COMBINACION 13	COMBINACION 14	COMBINACION 15
E	0,90%	0,80%	0,70%	0,60%	0%
A	20,00%	30,00%	40,00%	45,00%	50,00%
B	79,10%	69,20%	59,30%	54,40%	50,00%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

3.4.7.3 Método Grafico

3.4.7.3.1 Capa Base

COMBINACION CAPA BASE					
MUESTRA	COMBINACION 1	COMBINACION 2	COMBINACION 3	COMBINACION 4	COMBINACION 5
E	1,46%	1,36%	1,27%	1,17%	1,07%
A	98,54%	91,97%	85,40%	78,83%	72,26%
B	0,00%	6,67%	13,33%	20,00%	26,67%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

COMBINACION CAPA BASE					
MUESTR A	COMBINACION 6	COMBINACION 7	COMBINACION 8	COMBINACION 9	COMBINACION 10
E	0,97%	0,85%	0,78%	0,68%	0,58%
A	65,69%	57,64%	52,55%	45,99%	39,42%
B	33,33%	41,51%	46,67%	53,33%	60,00%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

COMBINACION CAPA BASE					
MUESTR A	COMBINACION 11	COMBINACION 12	COMBINACION 13	COMBINACION 14	COMBINACION 15
E	0,49%	0,39%	0,29%	0,19%	0,10%
A	32,85%	26,28%	19,71%	13,14%	6,57%
B	66,67%	73,33%	80,00%	86,67%	93,33%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

3.4.7.3.2 Capa Sub Base

COMBINACION CAPA SUB BASE					
MUESTR A	COMBINACION 1	COMBINACION 2	COMBINACION 3	COMBINACION 4	COMBINACION 5
E	1,46%	1,36%	1,27%	1,16%	1,07%
A	98,54%	91,98%	85,42%	78,55%	72,30%
B	0,00%	6,66%	13,31%	20,28%	26,63%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

COMBINACION CAPA SUB BASE					
MUESTR A	COMBINACION 6	COMBINACION 7	COMBINACION 8	COMBINACION 9	COMBINACION 10
E	0,97%	0,88%	0,78%	0,68%	0,59%
A	65,74%	59,19%	52,63%	46,07%	39,51%
B	33,28%	39,94%	46,59%	53,25%	59,91%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

COMBINACION CAPA SUB BASE					
MUESTR A	COMBINACION 11	COMBINACION 12	COMBINACION 13	COMBINACION 14	COMBINACION 15
E	0,49%	0,39%	0,29%	0,20%	0,10%
A	32,95%	26,39%	19,83%	13,27%	6,71%
B	66,56%	73,22%	79,88%	86,53%	93,19%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%

3.4.8 Verificación de Combinaciones

La verificación de las combinaciones elegidas será a base de una granulometría determinada por la especificación técnica A.B.C. que cubra las especificaciones requeridas para base o sub base para los métodos triangulo de Feret, granulométrico y grafico que realizaremos en función a la siguiente fórmula:

$$E (\% \text{ de comb}) + A (\% \text{ de comb}) + B (\% \text{ de comb}) = 100\%$$

Al realizar la comprobación con los porcentajes total igual a 100, se encontrará la suma de todos los tamices o mallas retenidas en cada una de las mismas.

3.4.8.1 Combinación 1 Capa Base Método Triangulo de Feret

E=0,60%

A=72,00%

B=27,40%

- 2"

$$100(0,006) + 100(0,72) + 100(0,274) = 100$$

- 1 1/2"

$$100(0,006) + 100(0,72) + 100(0,274) = 98,96$$

- 1"

$$97,49(0,006) + 100(0,72) + 96,25(0,274) = 82,02$$

- 3/4"

$$84,58(0,006) + 85,14(0,72) + 73,76(0,274) = 71,50$$

- 1/2"

$$23,87(0,006) + 76,24(0,72) + 60,10(0,274) = 59,23$$

- 3/8"

$$8(0,006) + 64,30(0,72) + 47,04(0,274) = 51,43$$

- 1/4"

$$0(0,006) + 55,78(0,72) + 41,14(0,274) = 41,47$$

- N°4

$$0(0,006) + 45,03(0,72) + 33,38(0,274) = 36,64$$

- N°10

$$0(0,006) + 39,40(0,72) + 30,18(0,274) = 25,24$$

- N°40

$$0(0,006) + 26,14(0,72) + 23,43(0,274) = 7,95$$

- N°200

$$0(0,006) + 6,58(0,72) + 11,74(0,274) = 0,69$$

3.5 RESULTADOS DE ESTABILIZACION MEDIANTE FORMULA

los resultados mostrados son a continuación son resultados de las granulometrías resultados de los cálculos por formula que serán base para las comprobaciones de cada método y verificar sus variaciones entre los mismos para capa base y sub base.

3.5.1 Capa Base Método Triangulo de Feret

COMBINACION FORMULA CAPA BASE METODO TRIANGULO DE FERET % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	98,96	98,88	98,76	98,70	98,52	98,52	98,47	98,40	98,32	98,25	98,17	98,06	98,02	97,99	97,95
1"	82,01	81,79	81,43	81,22	80,69	80,69	80,55	80,32	80,10	79,87	79,65	79,31	79,20	79,08	78,97
¾"	71,50	71,17	70,65	70,35	69,57	69,57	69,36	69,03	68,70	68,37	68,04	67,55	67,38	67,21	67,04
½"	59,23	58,88	58,32	58,00	57,17	57,17	56,94	56,59	56,23	55,88	55,53	55,00	54,82	54,64	54,46
3/8"	51,43	51,13	50,66	50,38	49,68	49,68	49,48	49,18	48,88	48,58	48,28	47,83	47,68	47,52	47,37
¼"	41,57	41,33	40,95	40,73	40,17	40,17	40,01	39,77	39,53	39,29	39,06	38,70	38,58	38,45	38,33
Nº4	36,64	36,45	36,14	35,97	35,53	35,53	35,40	35,21	35,02	34,83	34,64	34,36	34,26	34,16	34,06
Nº10	25,24	25,19	25,09	25,04	24,90	24,90	24,86	24,80	24,75	24,69	24,63	24,54	24,51	24,48	24,45
Nº40	7,95	8,05	8,22	8,31	8,54	8,54	8,61	8,71	8,81	8,91	9,01	9,17	9,21	9,26	9,31
Nº200	0,69	0,70	0,71	0,71	0,73	0,73	0,73	0,73	0,74	0,75	0,75	0,75	0,76	0,77	0,77

Fuente: Propia

3.5.2 Capa Base Método Granulométrico

COMBINACION FORMULA CAPA BASE METODO GRANULOMETRICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	99,63	99,25	98,88	98,51	98,13	97,76	97,39	97,01	96,64	97,01	97,40	97,79	98,18	98,19	97,94
1"	84,01	82,88	81,75	80,63	79,50	78,37	77,25	76,12	74,99	76,14	77,39	78,63	79,88	79,99	78,93
¾"	74,59	72,94	71,29	69,64	67,98	66,33	64,68	63,03	61,38	62,96	64,21	65,47	66,72	66,35	67,18
½"	62,53	60,77	59,00	57,24	55,47	53,71	51,94	50,18	48,41	50,10	51,43	52,77	54,11	53,72	54,61
3/8"	54,27	52,77	51,26	49,76	48,25	46,75	45,24	43,74	42,23	43,66	44,71	45,76	46,81	46,40	47,52
¼"	43,83	42,63	41,43	40,24	39,04	37,84	36,64	35,45	34,25	35,38	36,21	37,04	37,87	37,54	38,46
Nº4	38,44	37,49	36,54	35,59	34,64	33,69	32,74	31,78	30,83	31,72	32,34	32,96	33,58	33,28	34,18
Nº10	25,85	25,55	25,26	24,97	24,67	24,38	24,08	23,79	23,49	23,74	23,78	23,81	23,85	23,62	24,54
Nº40	7,08	7,59	8,09	8,59	9,10	9,60	10,11	10,61	11,12	10,59	9,96	9,32	8,69	8,57	9,36
Nº200	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,81	0,84	0,87	0,84	0,80	0,76	0,73	0,72	0,77

Fuente: Propia

3.5.3 Capa Base Método Grafico

COMBINACION FORMULA CAPA BASE METODO GRAFICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,0 0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	99,95	99,72	99,47	99,22	98,97	98,73	98,42	98,23	97,98	97,74	97,49	97,24	96,99	96,75	96,50
1"	84,97	84,37	83,61	82,85	82,10	81,34	80,41	79,82	79,06	78,30	77,55	76,79	76,03	75,27	74,51
¾"	76,00	74,45	73,42	72,40	71,37	70,35	69,09	68,30	67,27	66,25	65,22	64,20	63,17	62,15	61,12
½"	64,05	62,38	61,29	60,19	59,09	58,00	56,65	55,81	54,71	53,61	52,52	51,42	50,32	49,23	48,13
3/8"	55,57	54,04	53,12	52,20	51,28	50,36	49,23	48,51	47,59	46,67	45,75	44,83	43,91	42,98	42,06
¼"	44,86	43,64	42,91	42,17	41,44	40,71	39,81	39,24	38,51	37,78	37,05	36,31	35,58	34,85	34,12
Nº4	39,26	38,25	37,67	37,09	36,52	35,94	35,24	34,79	34,21	33,64	33,06	32,49	31,91	31,34	30,76
Nº10	26,10	25,61	25,45	25,30	25,14	24,99	24,80	24,67	24,52	24,36	24,21	24,05	23,90	23,74	23,59
Nº40	6,65	6,83	7,18	7,53	7,88	8,23	8,66	8,93	9,29	9,64	9,99	10,34	10,69	11,04	11,39
Nº200	0,62	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89

Fuente: Propia

3.5.4 Capa Base Método Triangulo de Feret

COMBINACION FORMULA CAPA SUB BASE METODO TRIANGULO DE FERET % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,0 0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	80,87	80,75	80,64	80,40	79,84	79,84	79,33	79,28	78,95	78,63	78,52	78,11	78,04	77,92	77,74
3/8"	50,23	50,03	49,83	49,47	48,69	48,69	48,03	47,92	47,44	46,92	46,77	46,30	46,27	46,16	46,26
Nº4	35,90	35,77	35,64	35,41	34,92	34,92	34,50	34,42	34,12	33,78	33,69	33,40	33,38	33,32	33,41
Nº10	25,10	25,05	24,99	24,91	24,75	24,75	24,63	24,59	24,49	24,36	24,33	24,26	24,27	24,27	24,38
Nº40	8,51	8,55	8,60	8,70	8,94	8,94	9,18	9,19	9,33	9,47	9,52	9,71	9,75	9,81	9,93
Nº200	0,72	0,73	0,73	0,74	0,75	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80	0,81

Fuente: Propia

3.5.5 Capa Base Método Granulométrico

COMPROBACION CAPA SUB BASE METODO GRANULOMETRICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	78,89	79,01	79,48	80,06	80,64	81,21	77,22	78,37	78,95	74,99	76,13	77,26	78,38	78,94	79,45
3/8"	47,69	47,79	48,34	49,03	49,72	50,45	45,33	46,75	47,44	42,23	43,70	45,20	46,71	47,48	48,46
Nº4	34,30	34,36	34,70	35,13	35,56	36,02	32,80	33,69	34,12	30,83	31,75	32,71	33,66	34,15	34,79
Nº10	24,63	24,63	24,72	24,83	24,94	25,08	24,13	24,38	24,49	23,49	23,76	24,06	24,35	24,51	24,79
Nº40	9,40	9,34	9,12	8,85	8,58	8,32	10,13	9,60	9,33	11,12	10,60	10,10	9,59	9,35	9,16
Nº200	0,78	0,77	0,76	0,74	0,73	0,71	0,82	0,79	0,77	0,87	0,84	0,81	0,78	0,77	0,76

Fuente: Propia

3.5.1 Capa Base Método Grafico

COMBINACION FORMULA CAPA SUB BASE METODO GRAFICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	84,97	84,37	83,61	82,82	82,10	81,34	80,59	79,83	79,07	78,32	77,56	76,80	76,04	75,29	74,53
3/8"	55,57	54,05	53,13	52,16	51,28	50,36	49,44	48,52	47,60	46,68	45,76	44,84	43,92	43,00	42,08
Nº4	39,26	38,25	37,67	37,07	36,52	35,95	35,37	34,80	34,22	33,65	33,07	32,50	31,92	31,35	30,77
Nº10	26,10	25,61	25,45	25,29	25,14	24,99	24,83	24,68	24,52	24,37	24,21	24,06	23,90	23,75	23,59
Nº40	6,65	6,83	7,18	7,55	7,88	8,23	8,58	8,93	9,28	9,63	9,98	10,33	10,68	11,03	11,38
Nº200	0,62	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89

Fuente: Propia

3.5.2 Resultados de Estabilización Mediante Comprobación

3.5.2.1 Capa Base

3.5.2.1.1 Método Triangulo De Feret

ANEXO A

COMPROBACION CAPA BASE METODO TRIANGULO DE FERET % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	92,67	95,22	96,95	92,66	88,62	90,27	93,02	94,16	93,54	94,29	93,79	91,45	93,03	92,74	92,41
1"	73,75	77,54	82,76	79,90	77,31	74,53	76,37	75,90	73,96	77,12	78,61	78,27	79,83	81,50	82,89
¾"	67,10	67,78	69,59	66,88	64,35	66,19	64,56	64,82	65,30	69,36	70,03	71,15	70,71	71,89	71,50
½"	56,56	55,86	56,16	54,57	53,35	54,81	53,00	53,33	53,33	57,04	57,12	57,26	56,62	57,41	56,22
3/8"	50,01	48,75	48,39	47,37	46,45	47,72	45,89	46,13	46,31	50,26	50,16	50,07	49,53	50,22	48,92
¼"	41,99	38,55	35,91	36,86	37,19	41,06	35,76	35,20	36,58	42,02	41,71	41,47	40,79	41,38	40,08
Nº4	38,04	34,48	31,48	32,93	33,75	35,35	31,97	30,62	32,03	37,47	37,21	37,03	36,78	37,47	36,82
Nº10	27,42	23,78	20,68	23,26	24,99	25,94	22,24	20,74	21,44	26,08	26,30	26,82	27,17	27,91	28,29
Nº40	6,31	6,18	6,07	6,84	7,41	7,31	6,48	6,07	4,76	7,45	8,10	8,85	9,62	10,58	11,10
Nº200	0,37	0,33	0,29	0,36	0,39	0,32	0,28	0,20	0,30	0,42	0,37	0,42	0,46	0,73	0,50

3.5.2.1.2 Método Granulométrico

ANEXO B

COMPROBACION CAPA BASE METODO GRANULOMETRICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	95,10	93,94	92,98	92,38	91,83	91,34	90,90	90,60	95,29	100,0	95,67	91,46	87,20	90,08	88,98
1"	81,10	78,25	76,11	76,17	76,49	76,48	76,68	77,06	81,79	86,58	81,30	76,16	70,93	74,78	75,96
¾"	69,35	66,92	64,62	64,55	64,64	64,46	64,48	64,69	68,43	72,64	68,04	63,63	59,01	61,74	63,02
½"	58,73	55,10	51,64	50,89	50,28	49,40	48,73	48,25	52,74	57,71	53,07	48,59	43,88	46,50	47,65
3/8"	51,49	48,11	44,48	43,58	42,69	41,60	40,71	40,11	44,02	48,40	44,89	41,63	38,08	40,93	42,53
¼"	41,40	38,85	36,54	35,75	34,97	34,00	33,42	32,74	35,10	38,14	35,82	33,74	31,38	33,15	33,95
Nº4	36,58	34,67	33,61	32,83	32,03	31,08	30,46	29,77	31,24	33,40	31,94	30,73	29,24	30,41	30,94
Nº10	24,37	24,96	25,96	25,67	25,32	24,85	24,76	24,47	23,37	22,96	23,12	23,61	23,64	23,68	23,74
Nº40	6,01	8,51	11,29	11,93	12,51	13,17	13,82	14,45	11,14	8,51	8,53	8,88	8,84	9,51	10,36
Nº200	0,36	0,56	0,83	0,86	0,89	0,92	0,94	0,98	0,37	0,44	0,52	0,64	0,75	0,74	0,85

3.5.2.1.3 Método Grafico

ANEXO C

COMPROBACION CAPA BASE METODO GRAFICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	96,54	95,89	94,80	94,57	94,07	91,50	89,31	85,44	88,81	92,18	92,10	91,99	91,93	93,53	90,35
1"	81,42	82,87	83,73	84,61	85,52	81,26	76,47	71,43	76,99	82,55	80,22	77,76	75,45	78,60	80,99
¾"	73,86	75,65	76,75	78,05	79,29	73,88	67,90	61,74	66,65	71,54	68,71	65,90	63,28	64,99	71,58
½"	61,10	62,29	63,60	64,32	65,45	60,38	55,15	49,39	54,25	59,08	56,54	54,00	51,68	54,44	56,02
3/8"	54,45	55,10	56,01	56,26	57,36	52,21	47,16	41,46	47,17	52,86	49,49	46,06	42,94	47,29	48,53
¼"	44,07	44,68	45,37	45,54	46,65	43,04	39,53	35,09	38,46	41,84	39,38	36,62	34,28	40,12	38,59
Nº4	39,02	39,51	40,25	40,54	42,02	39,09	36,02	32,12	34,92	37,73	35,66	33,28	31,31	37,08	35,24
Nº10	27,14	27,60	28,28	28,67	30,36	29,04	27,88	25,80	26,71	27,64	26,63	25,56	25,37	27,88	27,06
Nº40	5,54	6,04	6,56	7,31	6,48	8,47	9,91	10,86	9,94	9,04	9,73	10,97	11,59	12,38	11,18
Nº200	0,26	0,24	0,25	0,32	0,18	0,30	0,36	0,39	0,42	0,47	0,50	0,60	0,66	0,60	0,75

3.5.2.2 Capa Sub Base

3.5.2.2.1 Método Triangulo De Feret

ANEXO D

COMPROBACION CAPA SUB BASE METODO TRIAMGULO DE FERET % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	79,27	75,57	71,19	77,83	83,28	79,42	79,82	78,91	76,22	73,32	75,87	78,38	80,71	77,05	73,83
3/8"	53,18	49,56	45,75	49,07	51,60	48,44	47,75	48,99	46,80	46,61	47,42	49,90	51,86	49,31	47,55
Nº4	37,97	37,28	34,52	35,94	36,76	36,41	35,78	37,06	35,18	34,88	35,81	37,26	38,97	37,06	36,73
Nº10	27,02	27,56	26,70	27,14	26,81	26,79	25,16	27,75	26,57	26,94	26,43	27,46	28,44	27,68	28,56
Nº40	8,48	10,10	12,59	10,22	8,39	8,48	8,06	11,81	8,93	7,38	8,90	10,72	12,76	11,83	11,06
Nº200	0,67	0,50	0,32	0,37	0,38	0,50	0,52	0,62	0,37	0,26	0,37	0,40	0,50	0,42	0,36

3.5.2.2 Método Granulométrico

ANEXO E

COMPROBACION CAPA SUB BASE METODO GRANULOMETRICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	79,27	75,57	71,19	77,83	83,28	79,42	79,82	78,91	76,22	73,32	75,87	78,38	80,71	77,05	73,83
3/8"	53,18	49,56	45,75	49,07	51,60	48,44	47,75	48,99	46,80	46,61	47,42	49,90	51,86	49,31	47,55
Nº4	37,97	37,28	34,52	35,94	36,76	36,41	35,78	37,06	35,18	34,88	35,81	37,26	38,97	37,06	36,73
Nº10	27,02	27,56	26,70	27,14	26,81	26,79	25,16	27,75	26,57	26,94	26,43	27,46	28,44	27,68	28,56
Nº40	8,48	10,10	12,59	10,22	8,39	8,48	8,06	11,81	8,93	7,38	8,90	10,72	12,76	11,83	11,06
Nº200	0,67	0,50	0,32	0,37	0,38	0,50	0,52	0,62	0,37	0,26	0,37	0,40	0,50	0,42	0,36

3.5.2.2.3 Método Grafico

ANEXO F

COMPROBACION CAPA SUB BASE METODO GRAFICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	81,42	82,88	83,73	84,61	85,52	81,26	76,47	71,43	76,99	81,72	80,22	77,76	75,45	78,60	80,98
3/8"	54,45	55,10	56,01	56,26	57,36	52,21	47,16	41,46	47,17	53,22	49,49	46,06	42,94	47,29	48,52
Nº4	39,02	39,49	40,25	40,54	42,02	39,09	36,02	32,12	34,92	39,04	35,66	33,28	31,31	37,08	35,20
Nº10	27,14	27,58	28,28	28,67	30,36	29,04	27,88	25,80	26,71	28,10	26,63	25,56	25,37	27,88	27,00
Nº40	5,54	6,04	6,56	7,31	6,48	8,47	9,91	10,86	9,94	9,13	9,73	10,97	11,59	12,38	11,12
Nº200	0,26	0,24	0,25	0,32	0,18	0,30	0,36	0,39	0,42	0,39	0,50	0,60	0,66	0,60	0,70

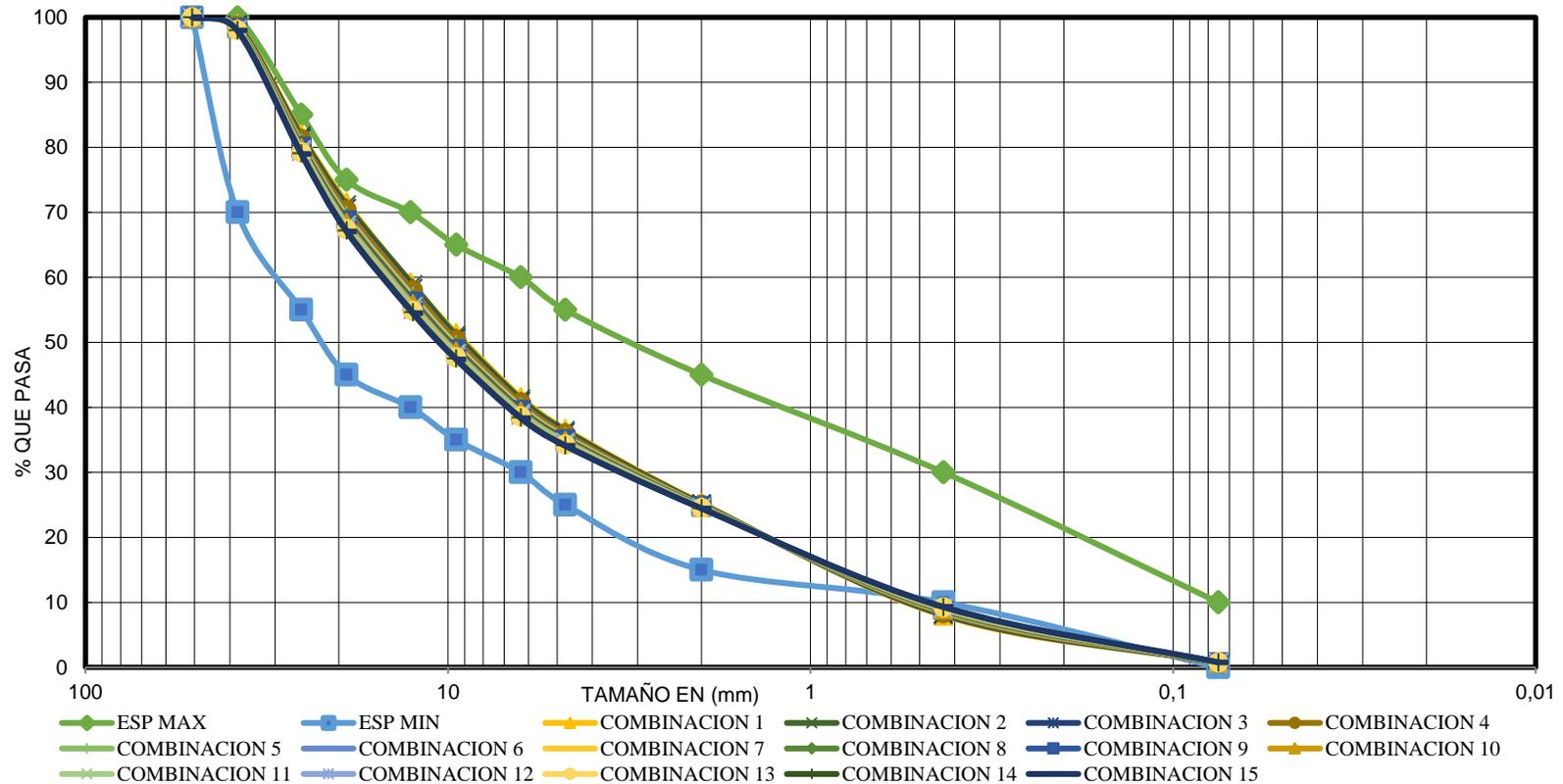
Nota: las combinaciones comprobadas de cada método están detalladas en la sección de anexos para cada método y cada capa base como sub base numeradamente detallada para cada uno.

Véase Anexos II

3.6 RESULTADOS

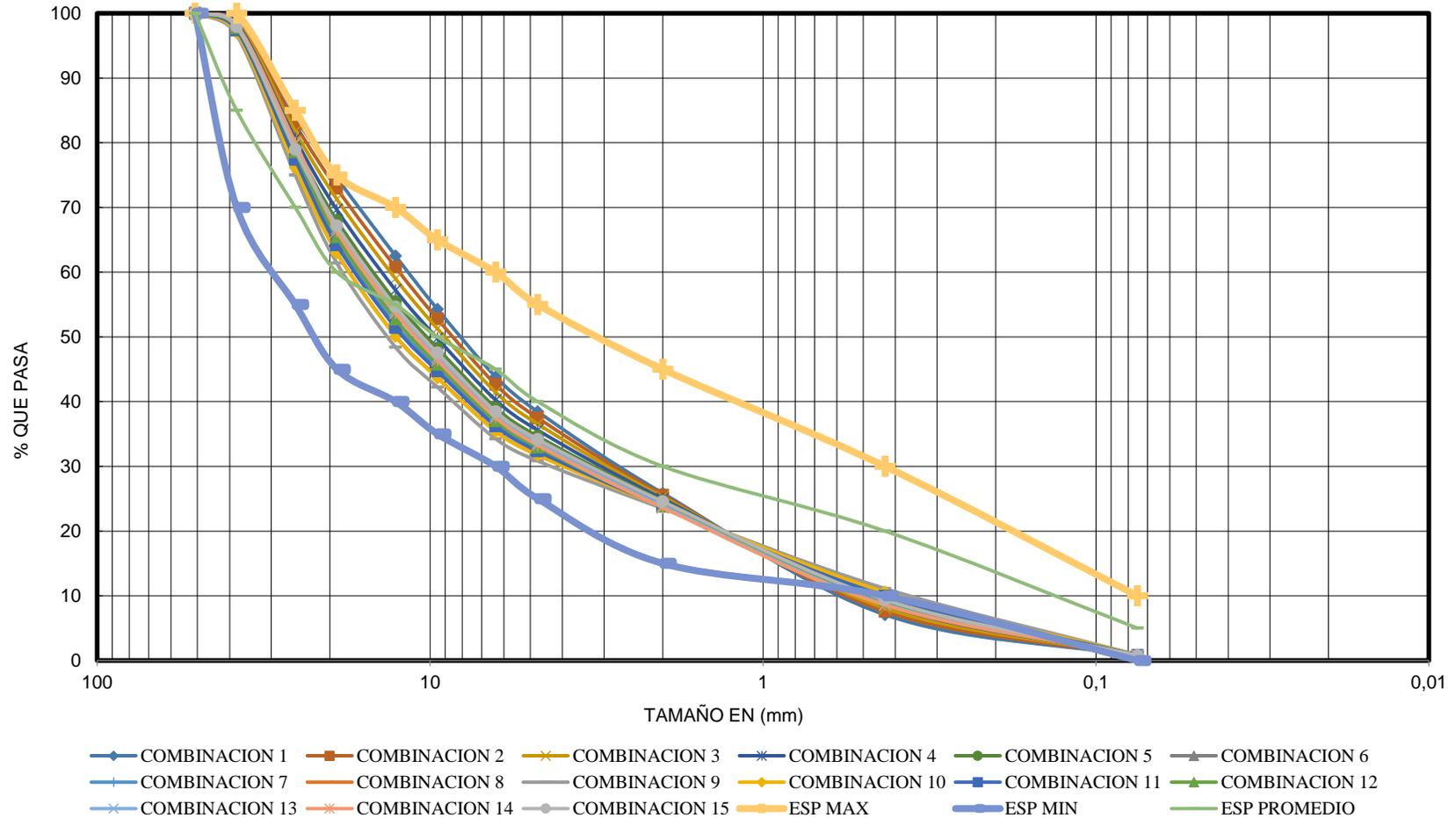
3.6.1 Gráficos de Granulometrías de Combinaciones la Capa Base Material Aluvial

Grafico 16. Curva granulométrica combinaciones método triangulo de Feret mezcla E-A-B capa Base



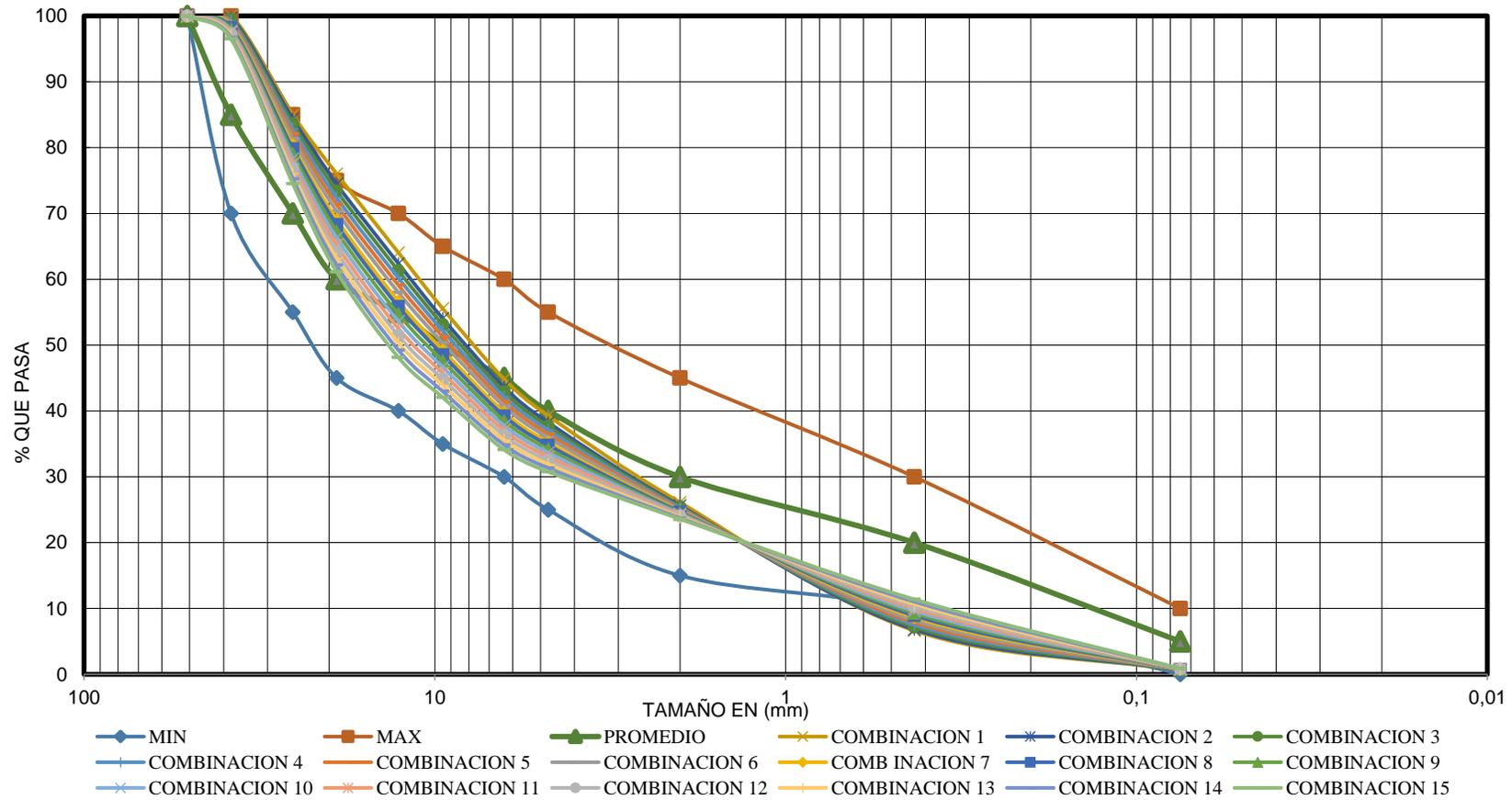
Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que no se encuentran dentro de las bandas que limita la norma ABC para la capa base. Y analizando la graduación se requiere más material fino en las combinaciones para esta mezcla de 3 suelos

Grafico 17. Curva granulométrica combinaciones método Granulométrico mezcla E-A-B capa Base



Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que no se encuentran dentro de las bandas que limita la norma ABC para la capa base. Y analizando la graduación se requiere más material fino en las combinaciones para esta mezcla de 3 suelos

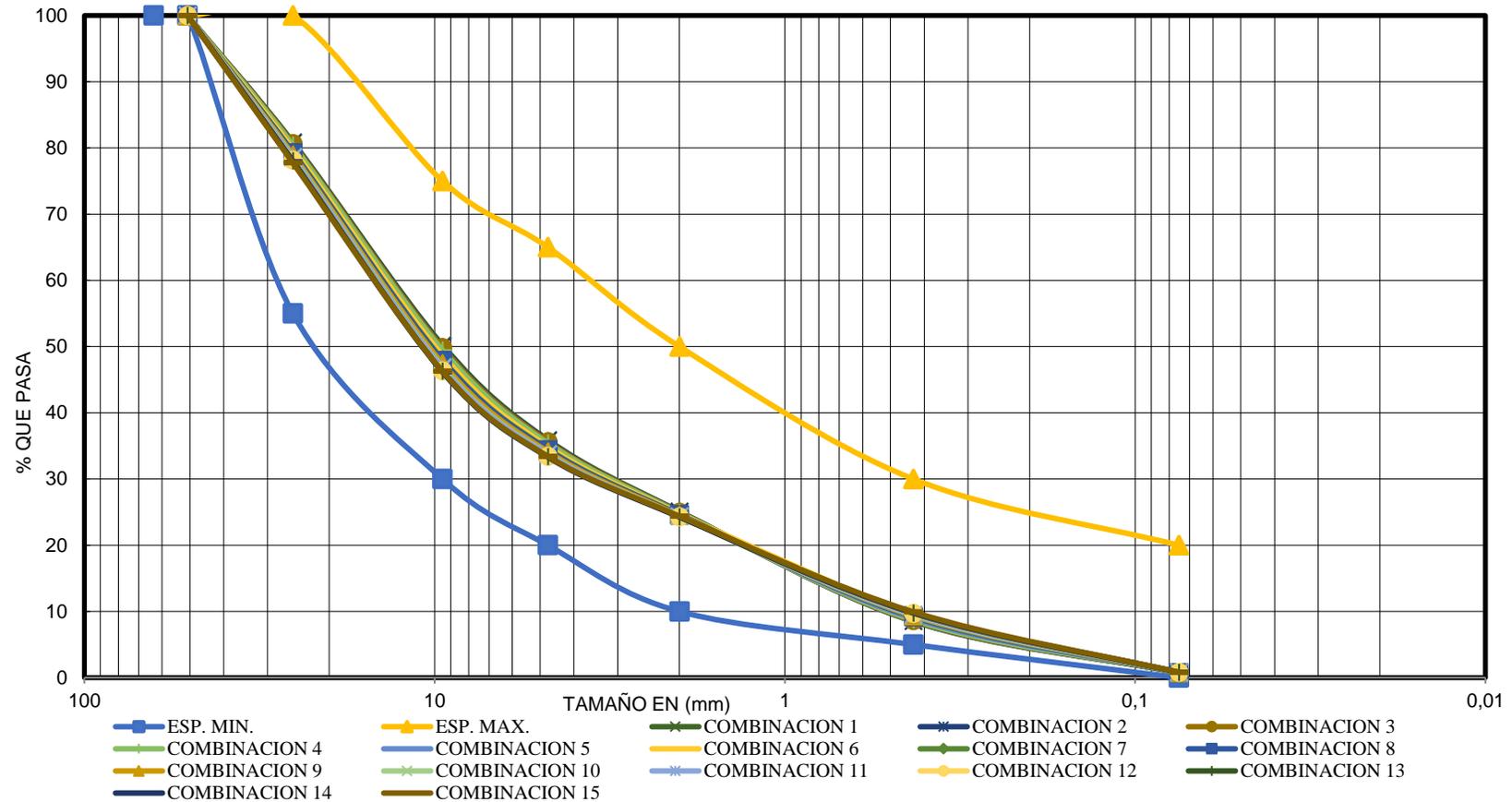
Grafico 18. Curva granulométrica combinaciones método Grafico mezcla E-A-B capa Base



Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que no se encuentran dentro de las bandas que limita la norma ABC para la capa base. Y analizando la graduación se requiere más material fino en las combinaciones para esta mezcla de 3 suelos

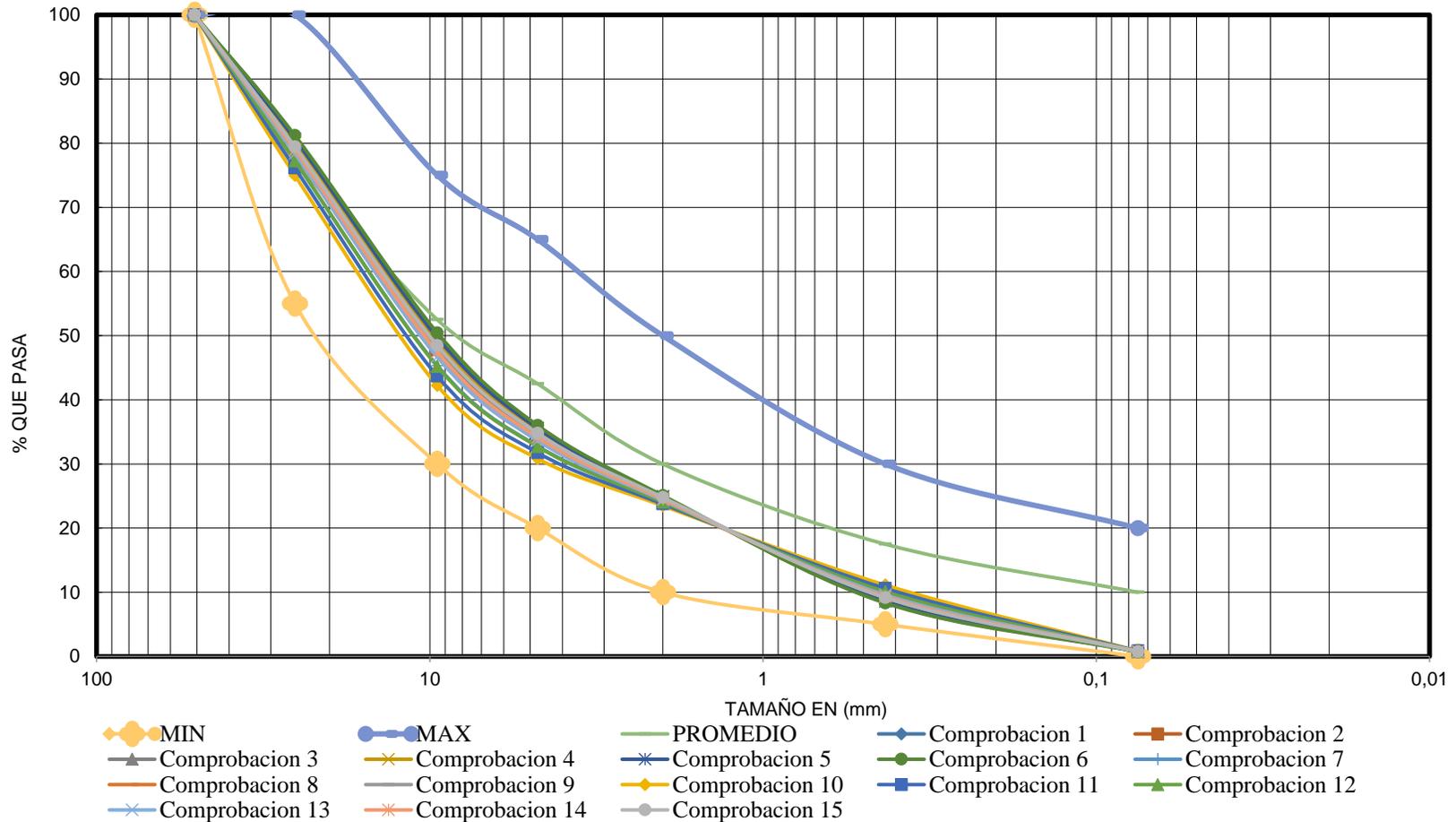
3.6.2 Gráficos de Granulometrías de Combinaciones la Capa Sub Base Material Aluvial

Grafico 19. Curva granulométrica combinaciones método Triangulo de Feret mezcla E-A-B capa sub-Base



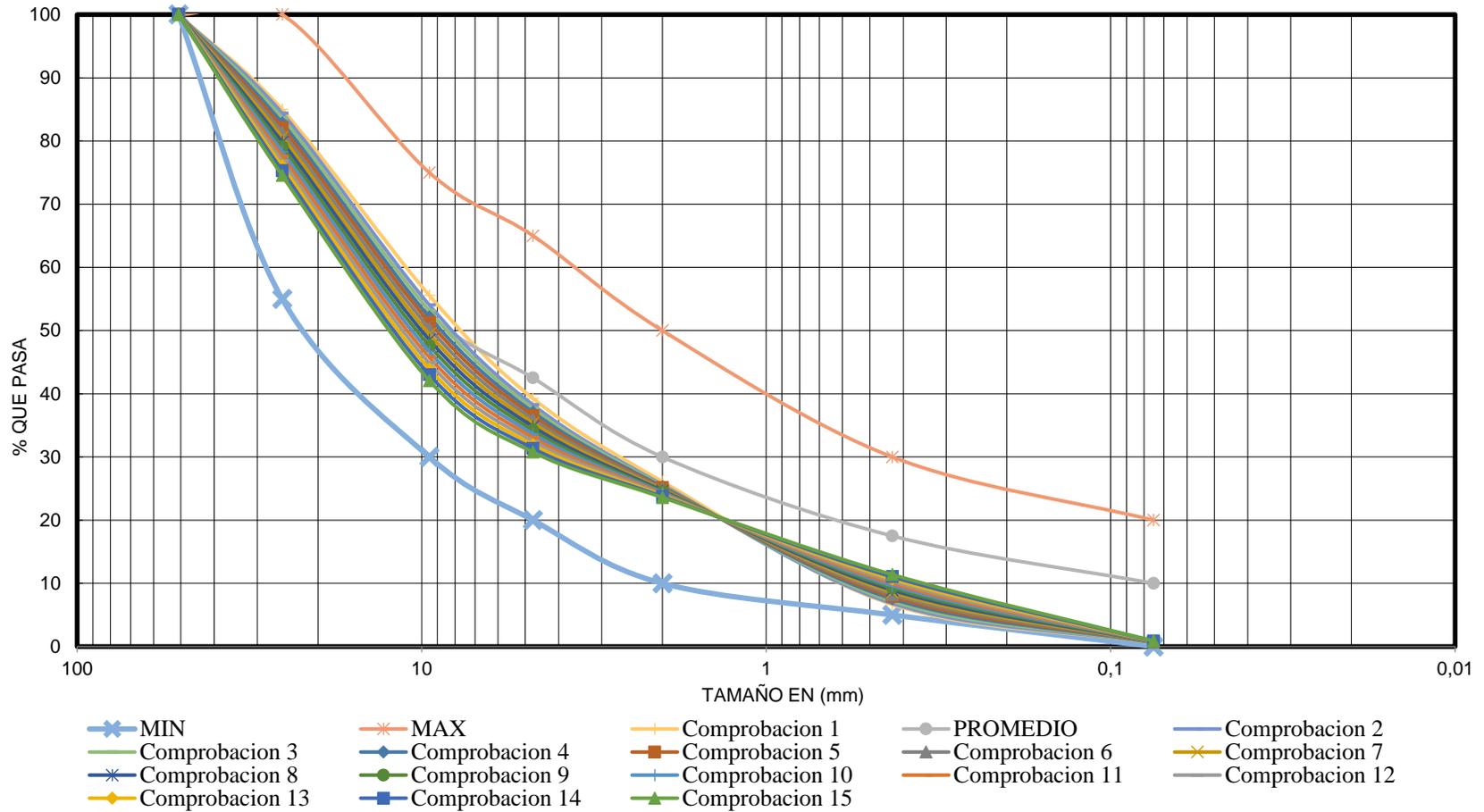
Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que se encuentran dentro de las bandas que limita la norma ABC para la capa sub base. Y analizando la graduación cumplen los requerimientos en las combinaciones para esta mezcla de 3 suelos

Grafico 20. Curva granulométrica combinaciones método granulométrico mezcla E-A-B capa sub-Base



Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que se encuentran dentro de las bandas que limita la norma ABC para la capa sub base. Y analizando la graduación cumplen los requerimientos en las combinaciones para esta mezcla de 3 suelos

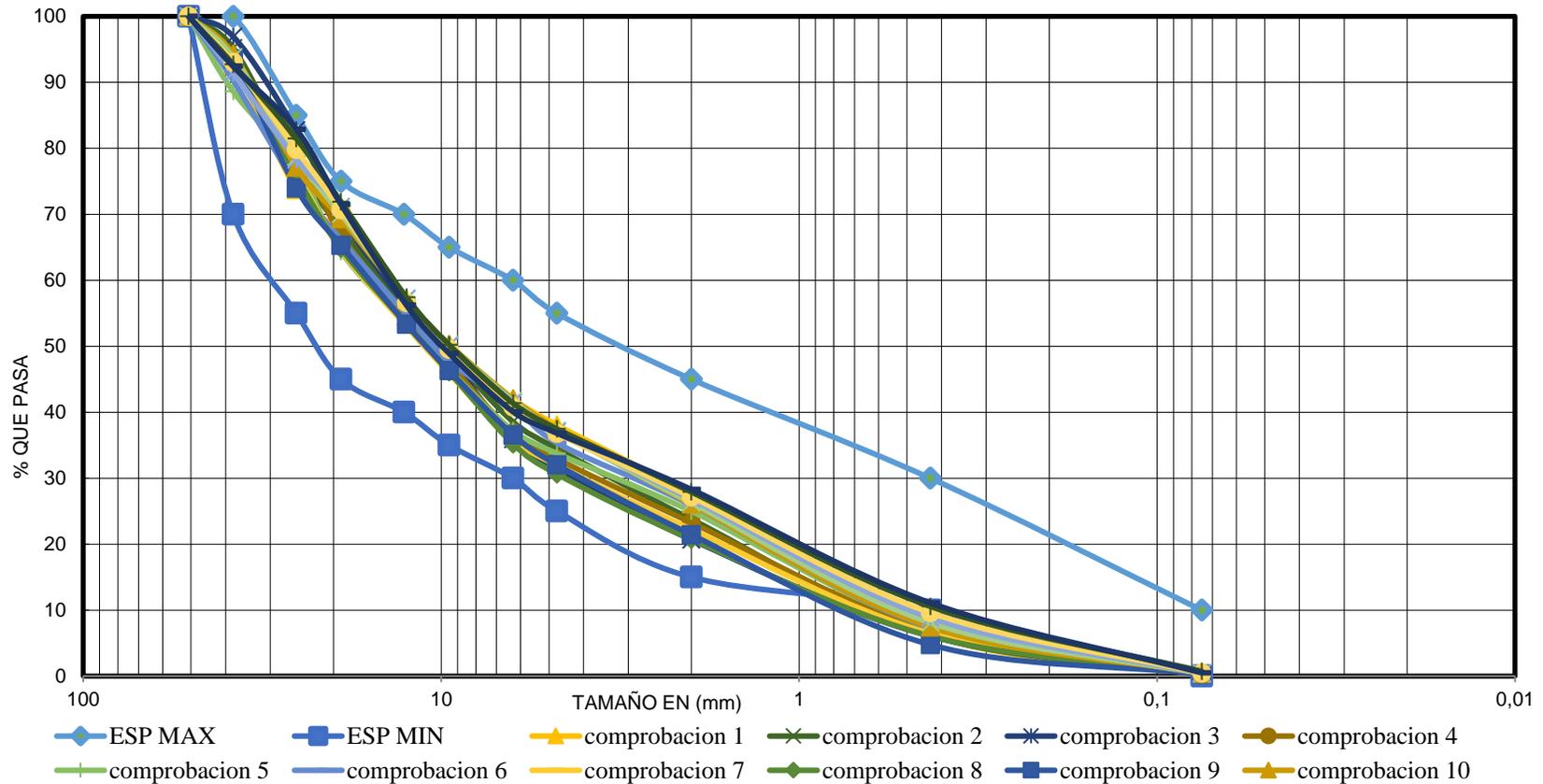
Grafico 21. Curva granulométrica combinaciones método Grafico mezcla E-A-B capa sub-Base



Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que se encuentran dentro de las bandas que limita la norma ABC para la capa sub base. Y analizando la graduación cumplen los requerimientos en las combinaciones para esta mezcla de 3 suelos

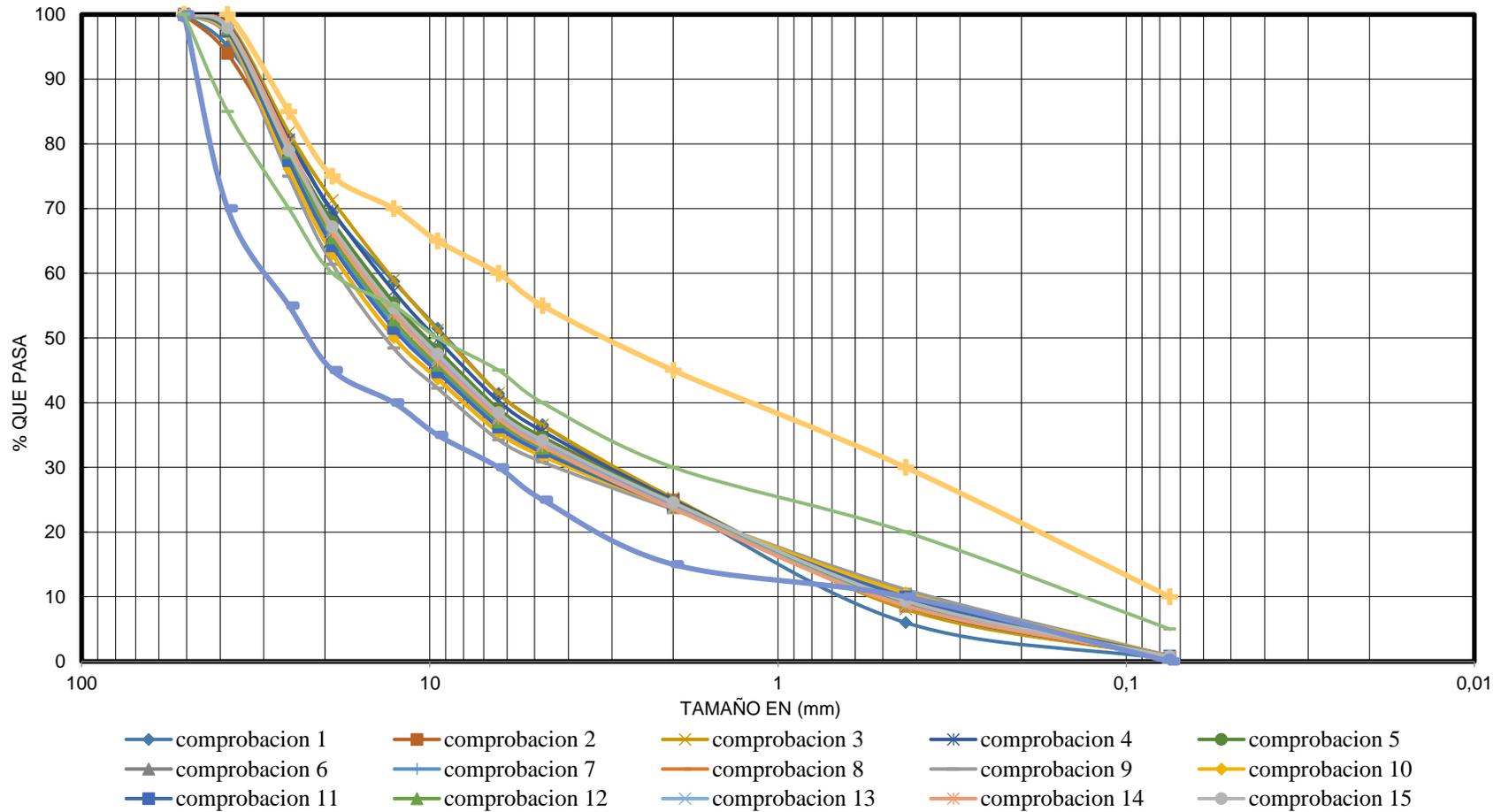
3.6.3 Gráficos de Granulometrías de Comprobación la Capa Base Material Aluvial

Grafico 22. Curva granulométrica comprobación método Triangulo de Feret suelo E-A-B capa Base



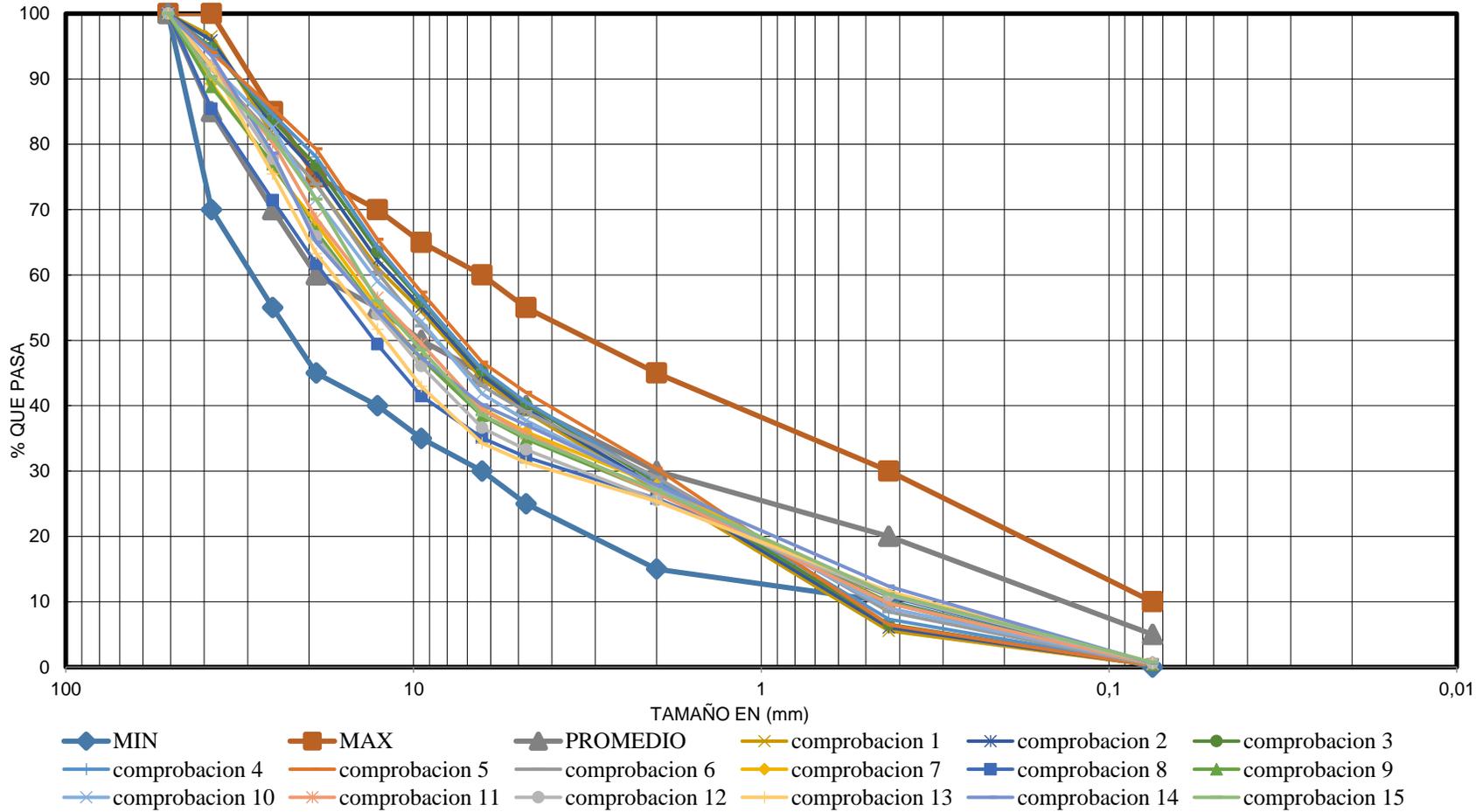
Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que no se encuentran dentro de las bandas que limita la norma ABC para la capa base. Y analizando la graduación no cumplen los requerimientos en las combinaciones para esta mezcla de 3 suelos

Grafico 23. Curva granulométrica comprobación método Granulométrico suelo E-A-B capa Base



Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que no se encuentran dentro de las bandas que limita la norma ABC para la capa base. Y analizando la graduación no cumplen los requerimientos en las combinaciones para esta mezcla de 3 suelos.

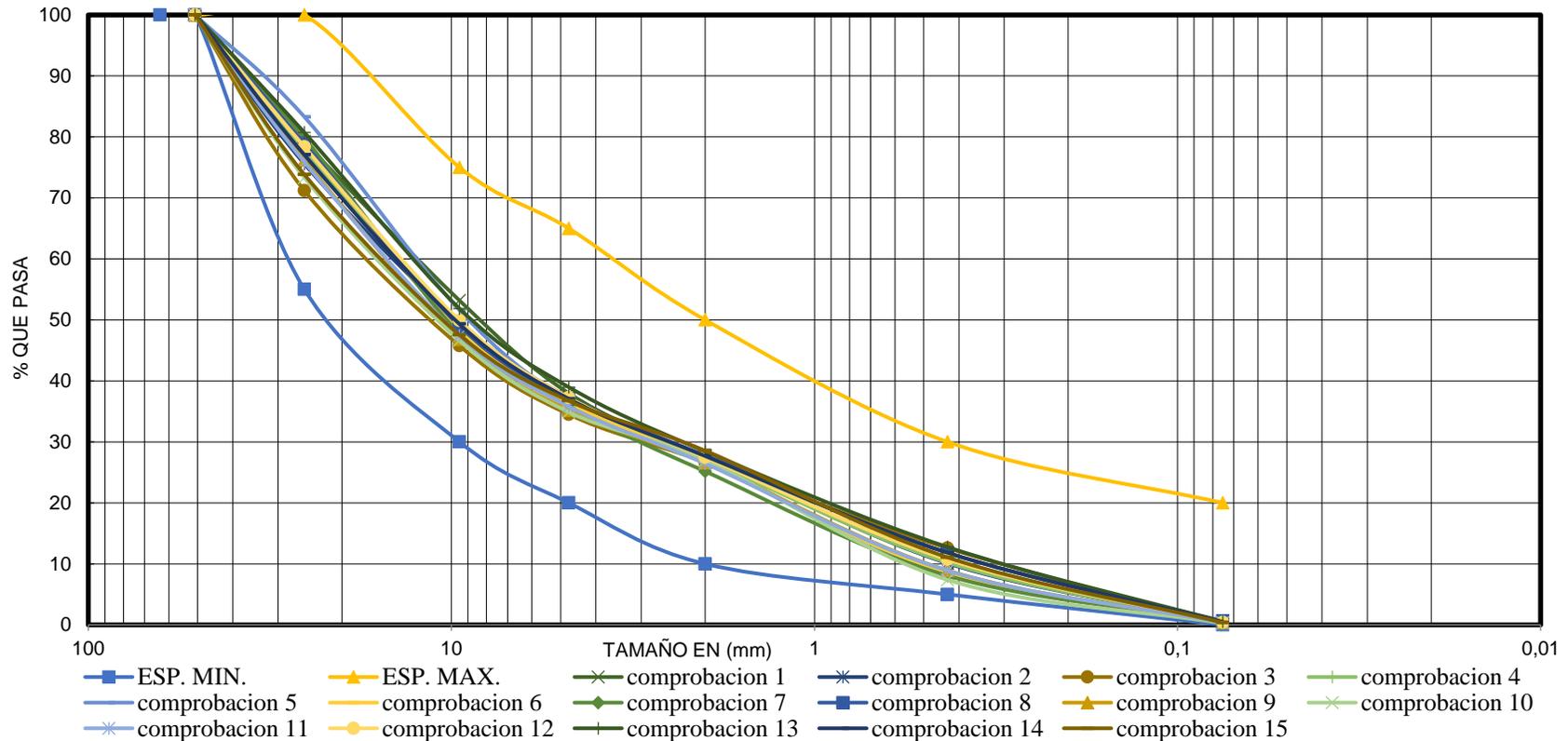
Grafico 24. Curva granulométrica comprobación método Grafico suelo E-A-B capa Base



Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que no se encuentran dentro de las bandas que limita la norma ABC para la capa base. Y analizando la graduación no cumplen los requerimientos en las combinaciones para esta mezcla de 3 suelos

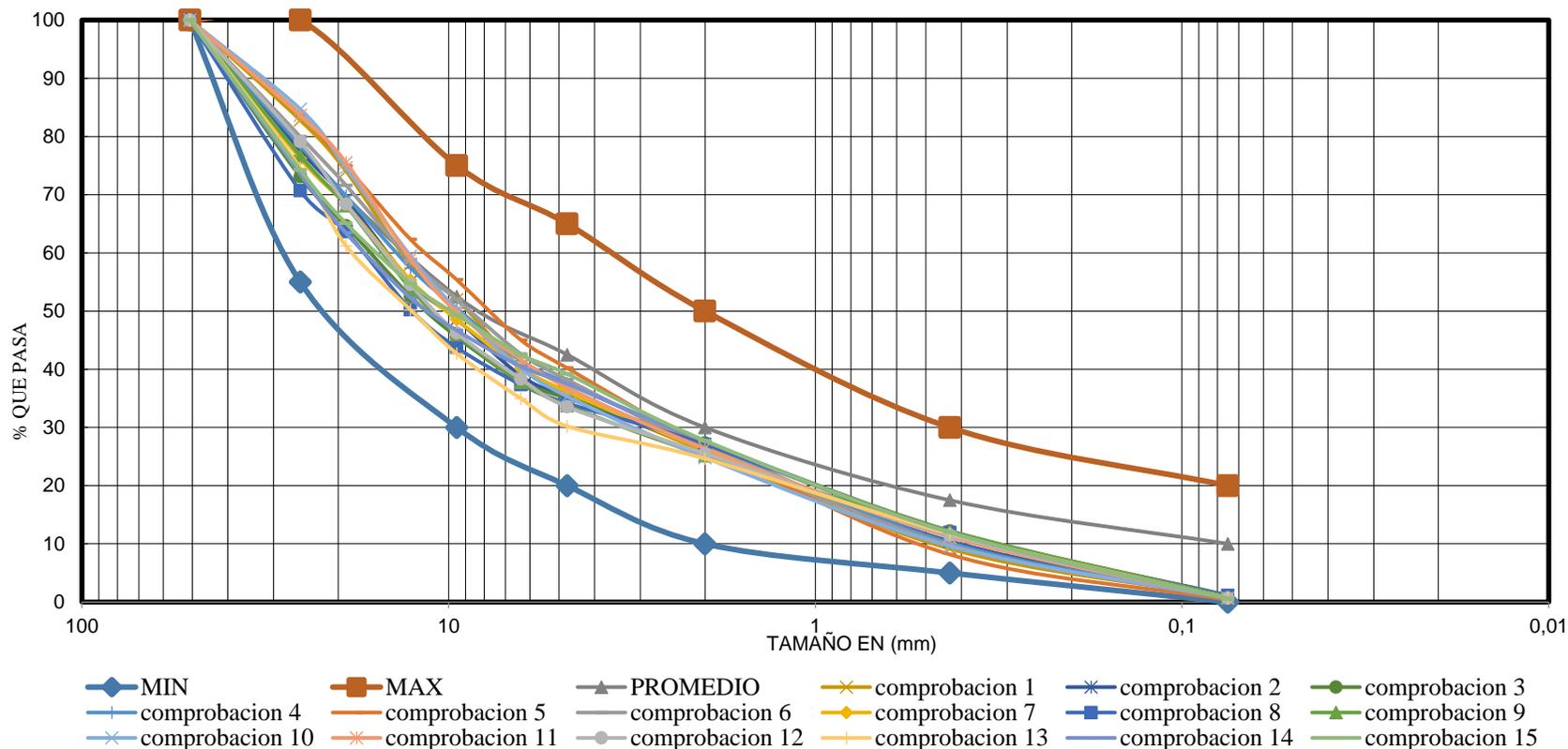
3.6.4 Gráficos de Granulometrías de Comprobación la Capa Sub Base Material Aluvial

Grafico 25. Curva granulométrica comprobación método Triangulo de Feret suelo E-A-B capa sub-Base



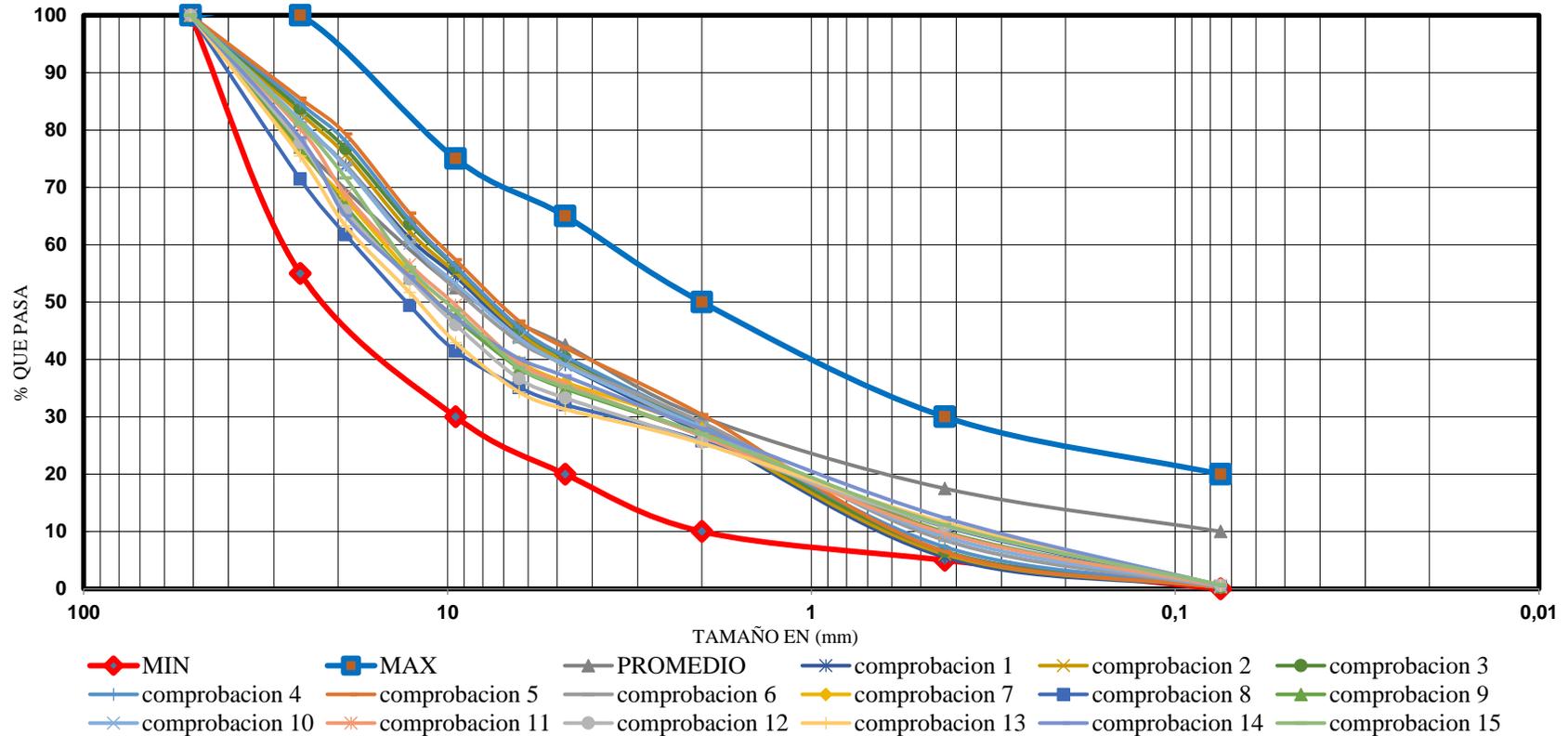
Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que se encuentran dentro de las bandas que limita la norma ABC para la capa base. Y analizando la graduación cumplen los requerimientos en las combinaciones para esta mezcla de 3 suelos. El gráfico muestra la relación entre el tamaño de las partículas y el porcentaje que pasa a través de un tamiz. A medida que el tamaño disminuye, el porcentaje que pasa aumenta, lo que es típico en análisis granulométricos.

Grafico 26. Curva granulométrica comprobación método Granulométrico suelo E-A-B capa sub- Base



Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que no se encuentran dentro de las bandas que limita la norma ABC para la capa base. Y analizando la graduación no cumplen los requerimientos en las combinaciones para esta mezcla de 3 suelos. e observa que, a medida que disminuye el tamaño de las partículas, el porcentaje que pasa aumenta, lo cual es típico en análisis granulométricos. La línea de promedio proporciona una referencia general sobre la distribución de tamaños de las muestras analizadas.

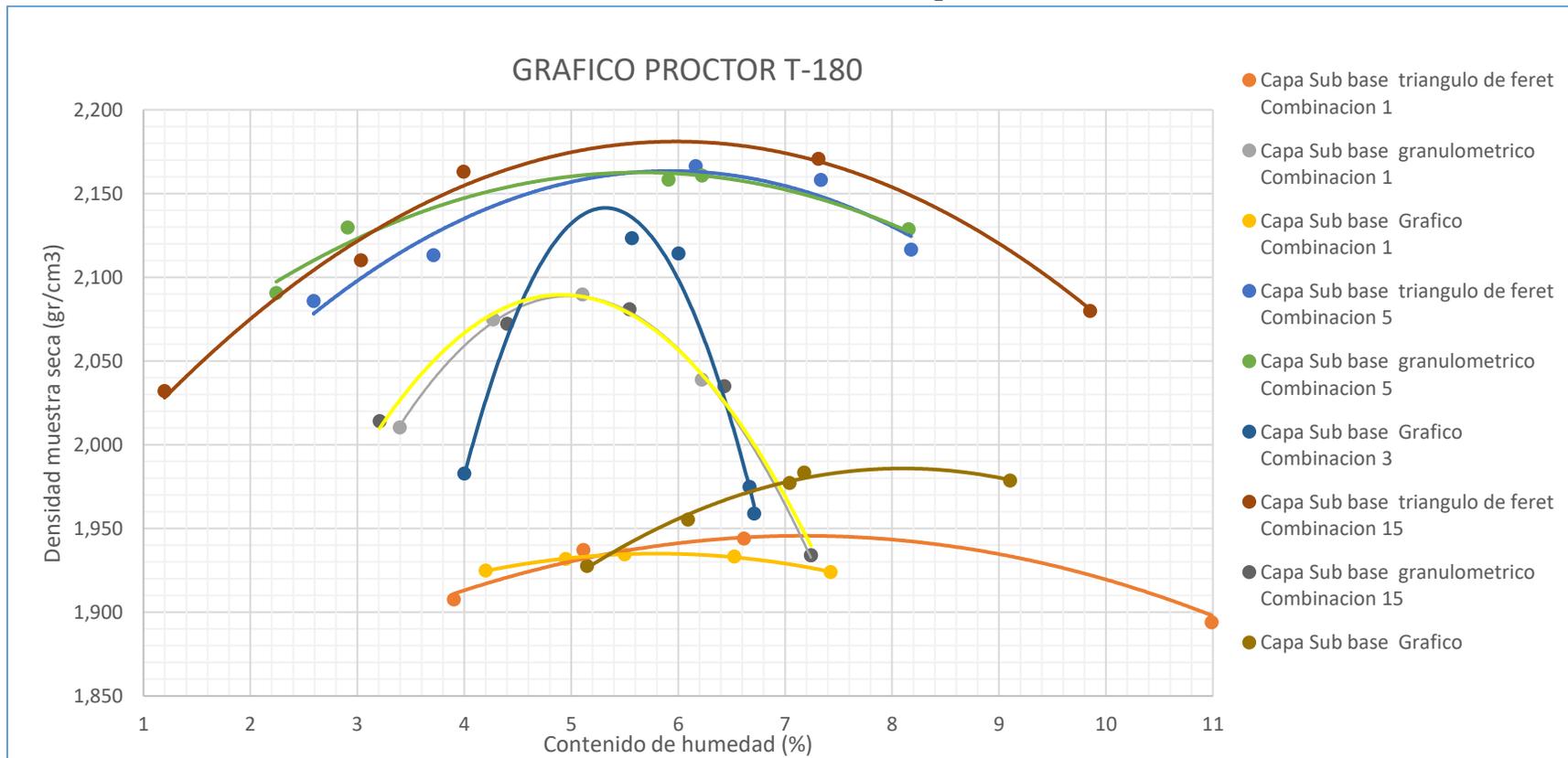
Grafico 27. Curva granulométrica comprobación método Grafico mezcla E-A-B capa sub-Base



Las granulometrías resultantes de los ensayos nos muestran que algunas combinaciones se encuentran dentro de las bandas que limita la norma ABC para la capa sub base. Y analizando la graduación cumplen los requerimientos en las combinaciones para esta mezcla de 3 suelos, pero existe variaciones entre combinaciones más que en los demás métodos en las diferentes combinaciones. Se observa que a medida que disminuye el tamaño de las partículas, el porcentaje que pasa aumenta, lo que es típico en análisis granulométricos. Las diferentes comprobaciones (numeradas del 1 al 15) muestran variaciones en la distribución de tamaños, lo que puede influir en las propiedades mecánicas del material analizado.

3.6.5 Gráficos De Proctor T-180 Para Capa Base Y Sub Base

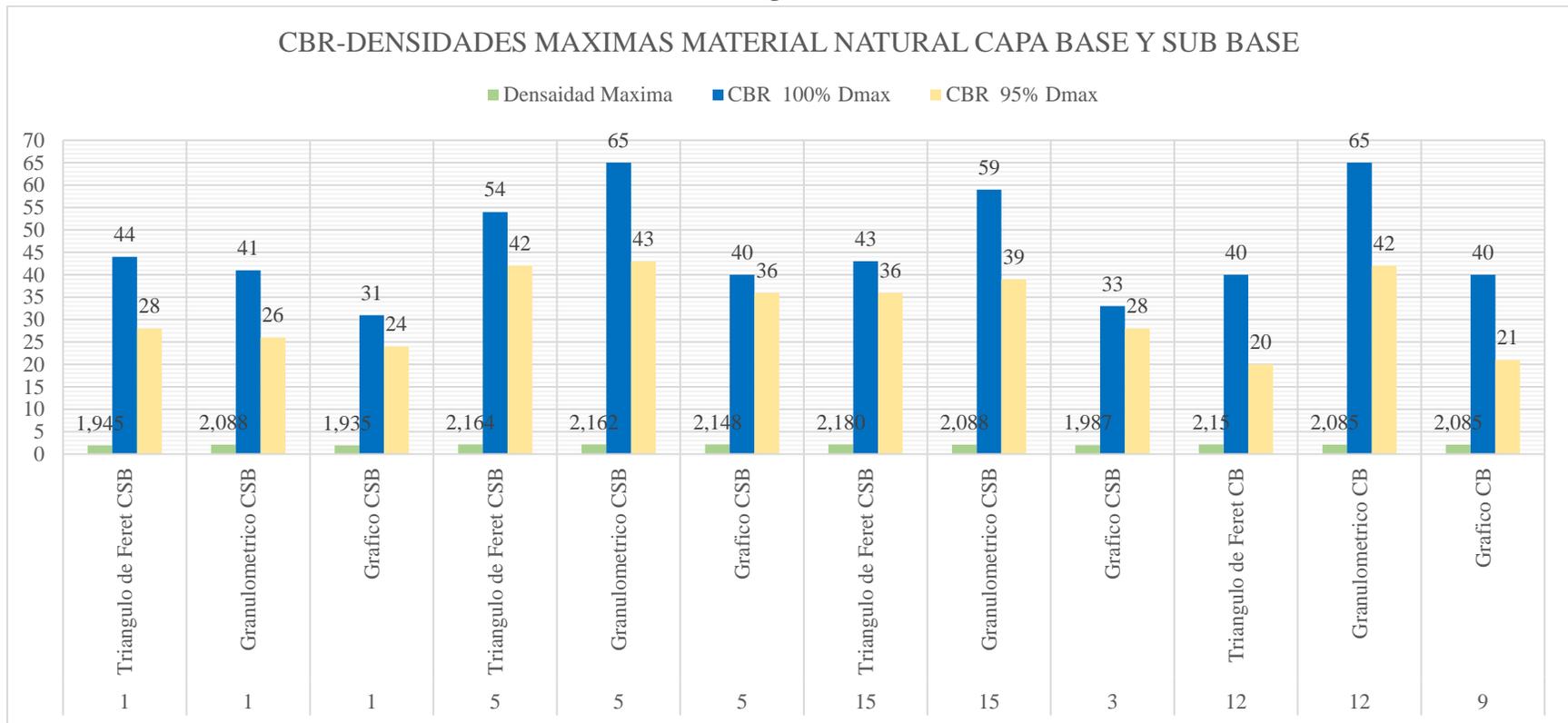
Gráfico 28. Gráfico De Curva T-180 Capa Base Y Sub Base



El gráfico Proctor T-180 muestra que la combinación "Capa Sub base triángulo de Feret Combinación 1" alcanza la mayor densidad seca, mientras que la "Capa Sub base granulométrico Combinación 15" presenta la densidad más. Otras combinaciones, como la "Capa Sub base granulométrico Combinación 1", también tienen densidades. Las densidades aumentan con el contenido de humedad hasta un punto máximo, después del cual tienden a disminuir. Este análisis es crucial para determinar la efectividad de las mezclas. Los resultados a detalle se mostrarán en la sección de Anexos G

3.6.6 Gráfico De CBR- DENSIDAD Para Capa Base Y Sub Base

Grafico 29. Histograma CBR –Densidad



El gráfico "CBR-Densidades Máximas Material Natural Capa Base y Sub Base" presenta las densidades máximas y los valores del CBR (California Bearing Ratio) para diferentes combinaciones de materiales. Se observa que la combinación "Triángulo de Feret CSB" muestra un CBR de 65, lo que indica una buena capacidad de soporte, mientras que la combinación "Granulométrico CSB" tiene un CBR más bajo de 24. Las densidades varían, con la "Densidad Máxima" alcanzando hasta 2.18 g/cm³ en algunas combinaciones. Los resultados a detalle se mostraran en la sección de Anexos G

CAPITULO IV

PRESENTACION DE DATOS ANALISIS Y RESULTADOS

CAPITULO IV

PRESENTACION DE DATOS ANALISIS Y RESULTADOS

Los resultados proporcionados por los ensayos con un análisis estadístico son detallados sobre la comparación de tres métodos de estabilización granulométrica de suelos aluviales:

- Método del Triángulo de Feret
- Método Granulométrico
- Método Gráfico

El objetivo de este estudio es comparar el desempeño de estos tres métodos en la determinación del tamaño de partícula de los materiales para su uso en la construcción de capas de base y sub-base de carreteras.

Los principales criterios de análisis utilizados en este trabajo son:

Análisis de Varianza (ANOVA): Para determinar si existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos por los tres métodos granulométricos para lo cual son necesarios los resultados de la combinación por fórmula y los resultados de la comprobación para cada una de las combinaciones y utilizando la media entre ambos resultados para su análisis.

Prueba de Tukey: Para identificar específicamente entre qué pares de métodos existen diferencias estadísticamente significativas a partir de los datos de la prueba Anova.

Y un análisis de estadística inferencial de medias, medianas, desviaciones estándar y varianzas para evaluar la consistencia y confiabilidad de cada combinación y método en la medición del tamaño de partícula.

La comparación de los resultados de cada método con los requisitos técnicos establecidos para las capas de base y sub-base de carreteras.

Estos criterios de análisis permitirán determinar cuál de los tres métodos granulométricos es el más adecuado para la caracterización de los materiales aluviales en función de su desempeño y conformidad con las especificaciones técnicas.

4.1 ESTADISTICA DESCRIPTIVA

En esta sección, se presenta un análisis estadístico descriptivo de los datos obtenidos en el estudio comparativo de los tres métodos granulométricos: Triángulo de Feret, Granulométrico y Gráfico.

Se presentan tablas que muestran los valores del porcentaje que pasa por cada tamiz, tanto para las combinaciones de fórmula como para las comprobaciones realizadas, para cada uno de los tres métodos granulométricos. Estas tablas se presentan por separado para la capa base y la capa sub-base.

Para cada combinación y método, se ha calculado la media aritmética entre los valores de la combinación por fórmula y los valores de la comprobación. Esto permite obtener un valor promedio representativo del comportamiento de cada método para cada combinación. Y con la elaboración de gráficos que demuestran las curvas granulométricas para cada método, incluyendo los valores mínimos, máximos y promedios. Estos gráficos permiten visualizar y comparar el desempeño de cada método en la caracterización del tamaño de partícula de los materiales, tanto para la capa base como para la capa sub-base. El objetivo de este análisis estadístico descriptivo es proporcionar una caracterización detallada de los resultados obtenidos por cada uno de los tres métodos granulométricos.

4.1.1 Presentación de Planillas de Variable para Análisis Estadístico.

CAPA BASE METODO TRIANGULO DE FERET

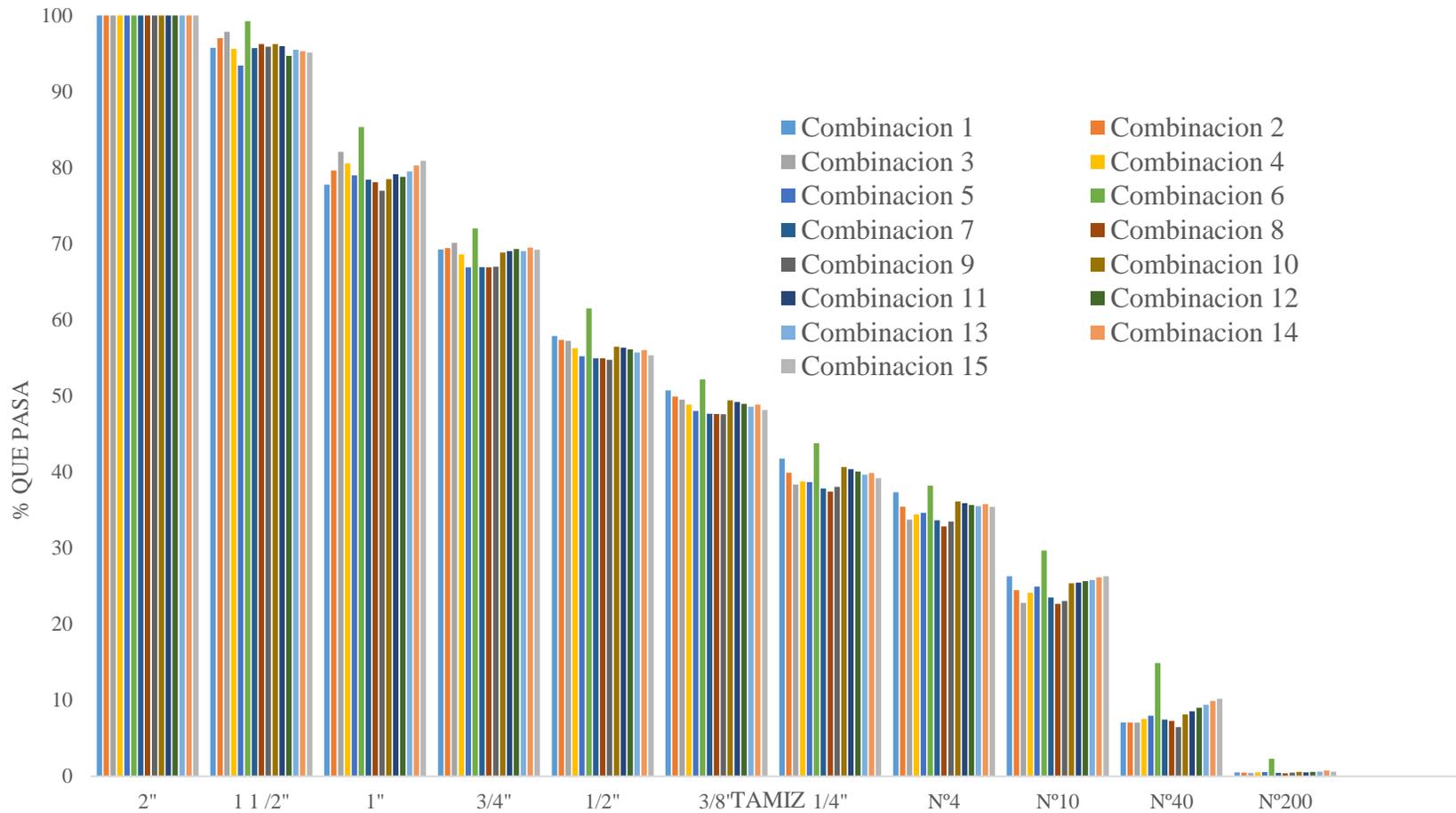
COMBINACION FORMULA CAPA BASE METODO TRIAMGULO DE FERET % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	98,96	98,88	98,76	98,70	98,52	98,52	98,47	98,40	98,32	98,25	98,17	98,06	98,02	97,99	97,95
1"	82,01	81,79	81,43	81,22	80,69	80,69	80,55	80,32	80,10	79,87	79,65	79,31	79,20	79,08	78,97
¾"	71,50	71,17	70,65	70,35	69,57	69,57	69,36	69,03	68,70	68,37	68,04	67,55	67,38	67,21	67,04
½"	59,23	58,88	58,32	58,00	57,17	57,17	56,94	56,59	56,23	55,88	55,53	55,00	54,82	54,64	54,46
3/8"	51,43	51,13	50,66	50,38	49,68	49,68	49,48	49,18	48,88	48,58	48,28	47,83	47,68	47,52	47,37
¼"	41,57	41,33	40,95	40,73	40,17	40,17	40,01	39,77	39,53	39,29	39,06	38,70	38,58	38,45	38,33
Nº4	36,64	36,45	36,14	35,97	35,53	35,53	35,40	35,21	35,02	34,83	34,64	34,36	34,26	34,16	34,06
Nº10	25,24	25,19	25,09	25,04	24,90	24,90	24,86	24,80	24,75	24,69	24,63	24,54	24,51	24,48	24,45
Nº40	7,95	8,05	8,22	8,31	8,54	8,54	8,61	8,71	8,81	8,91	9,01	9,17	9,21	9,26	9,31
Nº200	0,69	0,70	0,71	0,71	0,73	0,73	0,73	0,73	0,74	0,75	0,75	0,76	0,76	0,77	0,77

Fuente: Propia

COMPROBACION CAPA BASE METODO TRIAMGULO DE FERET % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	92,67	95,22	96,95	92,66	88,62	90,27	93,02	94,16	93,54	94,29	93,79	91,45	93,03	92,74	92,41
1"	73,75	77,54	82,76	79,90	77,31	74,53	76,37	75,90	73,96	77,12	78,61	78,27	79,83	81,50	82,89
¾"	67,10	67,78	69,59	66,88	64,35	66,19	64,56	64,82	65,30	69,36	70,03	71,15	70,71	71,89	71,50
½"	56,56	55,86	56,16	54,57	53,35	54,81	53,00	53,33	53,33	57,04	57,12	57,26	56,62	57,41	56,22
3/8"	50,01	48,75	48,39	47,37	46,45	47,72	45,89	46,13	46,31	50,26	50,16	50,07	49,53	50,22	48,92
¼"	41,99	38,55	35,91	36,86	37,19	41,06	35,76	35,20	36,58	42,02	41,71	41,47	40,79	41,38	40,08
Nº4	38,04	34,48	31,48	32,93	33,75	35,35	31,97	30,62	32,03	37,47	37,21	37,03	36,78	37,47	36,82
Nº10	27,42	23,78	20,68	23,26	24,99	25,94	22,24	20,74	21,44	26,08	26,30	26,82	27,17	27,91	28,29
Nº40	6,31	6,18	6,07	6,84	7,41	7,31	6,48	6,07	4,76	7,45	8,10	8,85	9,62	10,58	11,10
Nº200	0,37	0,33	0,29	0,36	0,39	0,32	0,28	0,20	0,30	0,42	0,37	0,42	0,46	0,73	0,50

MEDIA ENTRE LA COMBINACION Y VERIFICACION CAPA BASE METODO TRIANGULO DE FERET DEL % QUE PASA																
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15	MEDIA
2 ½"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	95,76	97,03	97,85	95,63	93,44	99,26	95,71	96,26	95,90	96,25	95,96	94,70	95,49	95,33	95,14	95,97
1"	77,77	79,64	82,09	80,56	78,98	85,35	78,43	78,08	76,97	78,48	79,13	78,79	79,51	80,28	80,91	79,64
¾"	69,26	69,45	70,11	68,59	66,91	72,01	66,92	66,89	66,98	68,86	69,02	69,32	69,02	69,51	69,24	68,79
½"	57,88	57,35	57,23	56,26	55,23	61,51	54,94	54,93	54,76	56,46	56,32	56,12	55,71	56,01	55,34	56,38
3/8"	50,72	49,93	49,51	48,85	48,04	52,18	47,65	47,63	47,58	49,41	49,21	48,94	48,59	48,85	48,13	49,00
¼"	41,78	39,91	38,35	38,75	38,65	43,78	37,82	37,42	38,03	40,63	40,36	40,06	39,67	39,89	39,20	39,59
Nº4	37,33	35,45	33,73	34,42	34,63	38,19	33,64	32,84	33,49	36,13	35,90	35,67	35,50	35,78	35,42	35,18
Nº10	26,31	24,47	22,78	24,13	24,95	29,67	23,51	22,68	23,03	25,37	25,45	25,66	25,81	26,14	26,30	25,03
Nº40	7,08	7,05	7,06	7,54	7,96	14,89	7,47	7,27	6,48	8,15	8,54	9,01	9,41	9,90	10,17	8,34
Nº200	0,50	0,48	0,45	0,51	0,53	2,30	0,46	0,38	0,47	0,56	0,53	0,57	0,59	0,75	0,62	0,58

Grafico 30. Media Combinación vs Comprobación método Triangulo de Feret capa Base



Interpretación: Este gráfico compara las medias de las combinaciones obtenidas mediante el método Triángulo de Feret con las verificaciones realizadas. La consistencia en las medias sugiere que el método es confiable para la estabilización de suelos aluviales.

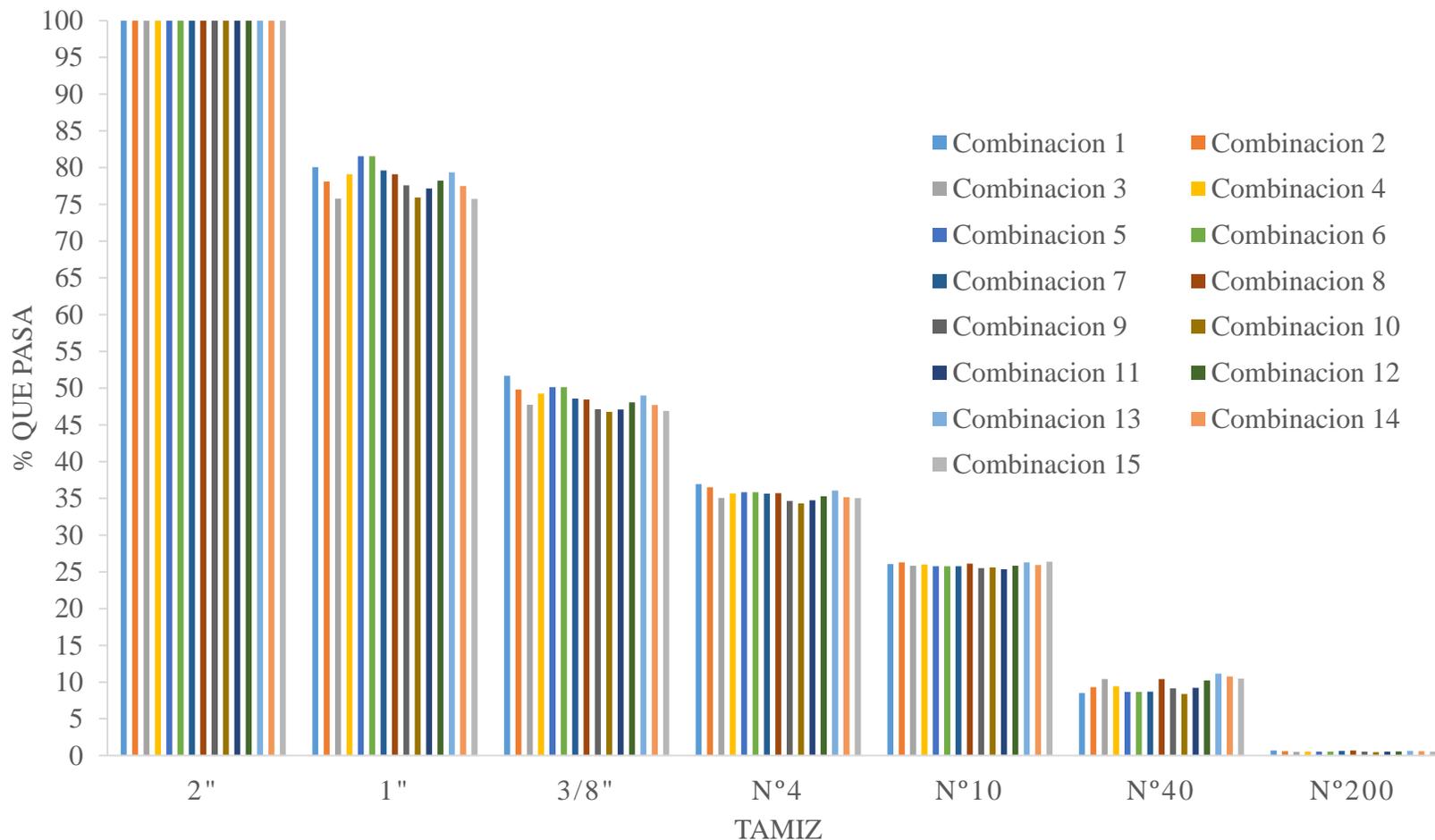
CAPA SUB-BASE METODO TRIANGULO DE FERET

COMBINACION FORMULA CAPA SUB BASE METODO TRIANGULO DE FERET % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	80,87	80,75	80,64	80,40	79,84	79,84	79,33	79,28	78,95	78,63	78,52	78,11	78,04	77,92	77,74
3/8"	50,23	50,03	49,83	49,47	48,69	48,69	48,03	47,92	47,44	46,92	46,77	46,30	46,27	46,16	46,26
Nº4	35,90	35,77	35,64	35,41	34,92	34,92	34,50	34,42	34,12	33,78	33,69	33,40	33,38	33,32	33,41
Nº10	25,10	25,05	24,99	24,91	24,75	24,75	24,63	24,59	24,49	24,36	24,33	24,26	24,27	24,27	24,38
Nº40	8,51	8,55	8,60	8,70	8,94	8,94	9,18	9,19	9,33	9,47	9,52	9,71	9,75	9,81	9,93
Nº200	0,72	0,73	0,73	0,74	0,75	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80	0,81

COMPROBACION CAPA SUB BASE METODO TRIANGULO DE FERET % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	79,27	75,57	71,19	77,83	83,28	79,42	79,82	78,91	76,22	73,32	75,87	78,38	80,71	77,05	73,83
3/8"	53,18	49,56	45,75	49,07	51,60	48,44	47,75	48,99	46,80	46,61	47,42	49,90	51,86	49,31	47,55
Nº4	37,97	37,28	34,52	35,94	36,76	36,41	35,78	37,06	35,18	34,88	35,81	37,26	38,97	37,06	36,73
Nº10	27,02	27,56	26,70	27,14	26,81	26,79	25,16	27,75	26,57	26,94	26,43	27,46	28,44	27,68	28,56
Nº40	8,48	10,10	12,59	10,22	8,39	8,48	8,06	11,81	8,93	7,38	8,90	10,72	12,76	11,83	11,06
Nº200	0,67	0,50	0,32	0,37	0,38	0,50	0,52	0,62	0,37	0,26	0,37	0,40	0,50	0,42	0,36

MEDIA ENTRE LA COMBINACION Y VERIFICACION CAPA SUB BASE METODO TRIANGULO DE FERET DEL % QUE PASA																
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15	MEDIA
2 ½"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	80,06	78,12	75,77	79,11	81,54	81,54	79,63	79,10	77,57	75,93	77,18	78,24	79,36	77,48	75,76	78,41
3/8"	51,69	49,80	47,75	49,27	50,12	50,12	48,57	48,45	47,12	46,76	47,09	48,07	48,98	47,71	46,90	48,54
Nº4	36,92	36,52	35,07	35,67	35,83	35,83	35,65	35,72	34,65	34,33	34,73	35,28	36,07	35,14	35,03	35,49
Nº10	26,04	26,27	25,84	26,00	25,76	25,76	25,75	26,12	25,51	25,62	25,36	25,81	26,27	25,92	26,39	25,89
Nº40	8,49	9,29	10,40	9,43	8,66	8,66	8,71	10,42	9,13	8,36	9,20	10,20	11,15	10,77	10,48	9,52
Nº200	0,70	0,60	0,48	0,52	0,53	0,53	0,61	0,69	0,53	0,45	0,54	0,56	0,63	0,58	0,54	0,56

Grafico 31. Media Combinación vs Comprobación método Triangulo de Feret capa sub Base



Interpretación: Este gráfico muestra la comparación de las medias para la capa sub-base. La estabilidad de las medias indica que el método es efectivo en la caracterización de los materiales para esta capa.

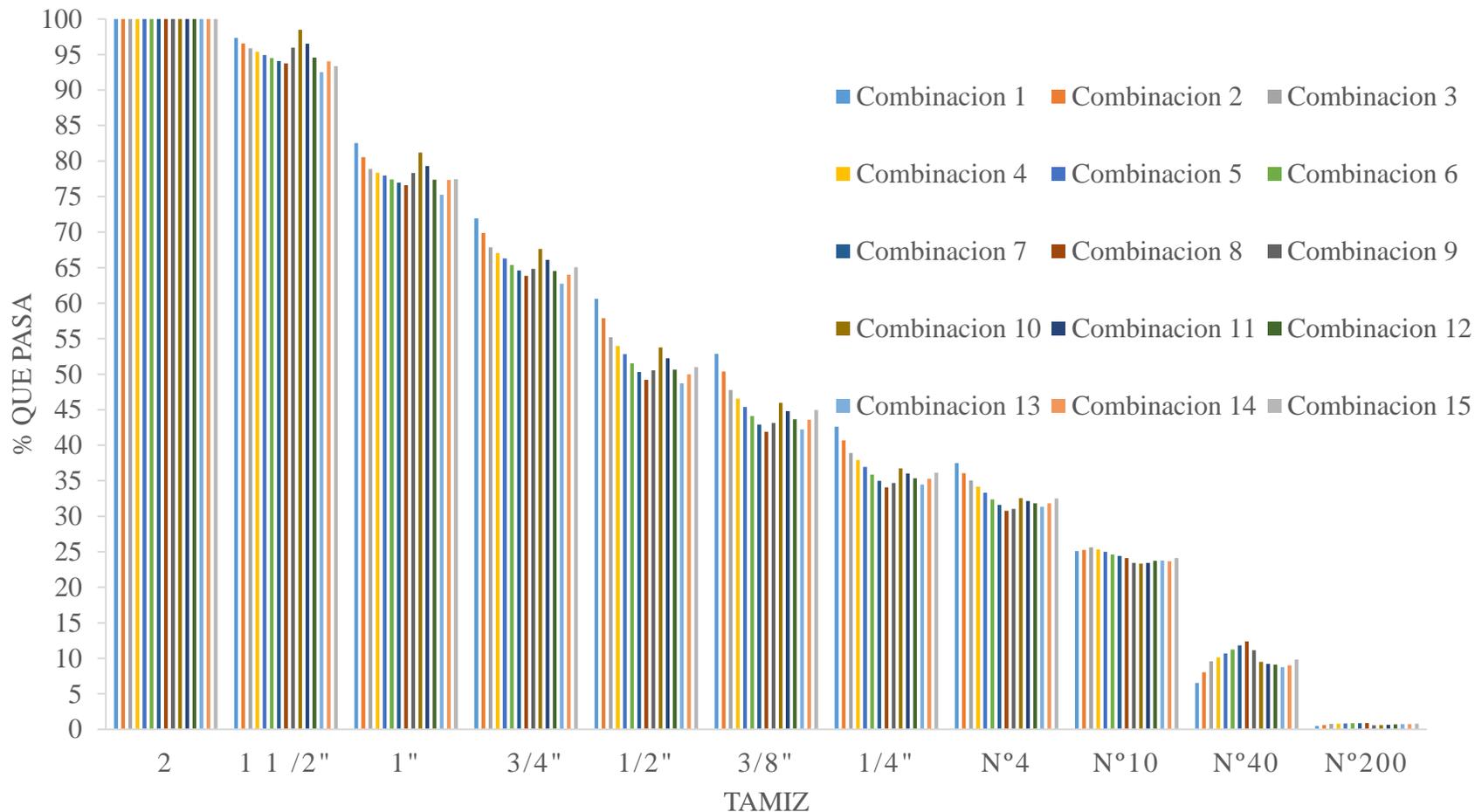
CAPA BASE METODO GRANULOMETRICO

COMBINACION FORMULA CAPA BASE METODO GRANULOMETRICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	99,63	99,25	98,88	98,51	98,13	97,76	97,39	97,01	96,64	97,01	97,40	97,79	98,18	98,19	97,94
1"	84,01	82,88	81,75	80,63	79,50	78,37	77,25	76,12	74,99	76,14	77,39	78,63	79,88	79,99	78,93
¾"	74,59	72,94	71,29	69,64	67,98	66,33	64,68	63,03	61,38	62,96	64,21	65,47	66,72	66,35	67,18
½"	62,53	60,77	59,00	57,24	55,47	53,71	51,94	50,18	48,41	50,10	51,43	52,77	54,11	53,72	54,61
3/8"	54,27	52,77	51,26	49,76	48,25	46,75	45,24	43,74	42,23	43,66	44,71	45,76	46,81	46,40	47,52
¼"	43,83	42,63	41,43	40,24	39,04	37,84	36,64	35,45	34,25	35,38	36,21	37,04	37,87	37,54	38,46
Nº4	38,44	37,49	36,54	35,59	34,64	33,69	32,74	31,78	30,83	31,72	32,34	32,96	33,58	33,28	34,18
Nº10	25,85	25,55	25,26	24,97	24,67	24,38	24,08	23,79	23,49	23,74	23,78	23,81	23,85	23,62	24,54
Nº40	7,08	7,59	8,09	8,59	9,10	9,60	10,11	10,61	11,12	10,59	9,96	9,32	8,69	8,57	9,36
Nº200	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,81	0,84	0,87	0,84	0,80	0,76	0,73	0,72	0,77

COMPROBACION CAPA BASE METODO GRANULOMETRICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	95,10	93,94	92,98	92,38	91,83	91,34	90,90	90,60	95,29	100,0	95,67	91,46	87,20	90,08	88,98
1"	81,10	78,25	76,11	76,17	76,49	76,48	76,68	77,06	81,79	86,58	81,30	76,16	70,93	74,78	75,96
¾"	69,35	66,92	64,62	64,55	64,64	64,46	64,48	64,69	68,43	72,64	68,04	63,63	59,01	61,74	63,02
½"	58,73	55,10	51,64	50,89	50,28	49,40	48,73	48,25	52,74	57,71	53,07	48,59	43,88	46,50	47,65
3/8"	51,49	48,11	44,48	43,58	42,69	41,60	40,71	40,11	44,02	48,40	44,89	41,63	38,08	40,93	42,53
¼"	41,40	38,85	36,54	35,75	34,97	34,00	33,42	32,74	35,10	38,14	35,82	33,74	31,38	33,15	33,95
Nº4	36,58	34,67	33,61	32,83	32,03	31,08	30,46	29,77	31,24	33,40	31,94	30,73	29,24	30,41	30,94
Nº10	24,37	24,96	25,96	25,67	25,32	24,85	24,76	24,47	23,37	22,96	23,12	23,61	23,64	23,68	23,74
Nº40	6,01	8,51	11,29	11,93	12,51	13,17	13,82	14,45	11,14	8,51	8,53	8,88	8,84	9,51	10,36
Nº200	0,36	0,56	0,83	0,86	0,89	0,92	0,94	0,98	0,37	0,44	0,52	0,64	0,75	0,74	0,85

MEDIA ENTRE LA COMBINACION Y VERIFICACION CAPA BASE METODO GRANULOMETRICO DEL % QUE PASA																
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15	MEDIA
2½"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1½"	97,34	96,56	95,88	95,39	94,93	94,50	94,08	93,75	95,96	98,50	96,53	94,57	92,53	94,04	93,36	95,18
1"	82,54	80,53	78,88	78,37	77,98	77,42	76,96	76,59	78,32	81,19	79,32	77,39	75,27	77,34	77,43	78,35
¾"	71,92	69,86	67,87	67,04	66,29	65,39	64,58	63,86	64,81	67,63	66,10	64,54	62,74	64,01	65,07	66,07
½"	60,60	57,86	55,20	53,97	52,81	51,51	50,31	49,20	50,53	53,77	52,24	50,64	48,73	49,98	51,01	52,47
3/8"	52,86	50,39	47,75	46,57	45,39	44,10	42,92	41,89	43,12	45,97	44,80	43,64	42,22	43,58	44,96	45,25
¼"	42,60	40,70	38,91	37,93	36,95	35,87	34,99	34,06	34,67	36,73	36,01	35,35	34,47	35,27	36,13	36,64
Nº4	37,50	36,05	35,05	34,18	33,31	32,36	31,58	30,76	31,04	32,55	32,14	31,82	31,34	31,81	32,52	32,88
Nº10	25,10	25,25	25,61	25,32	25,00	24,61	24,42	24,13	23,43	23,35	23,45	23,71	23,75	23,65	24,13	24,32
Nº40	6,52	8,03	9,56	10,13	10,67	11,25	11,82	12,38	11,13	9,49	9,22	9,10	8,76	9,03	9,84	9,68
Nº200	0,48	0,62	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,91	0,57	0,61	0,65	0,70	0,74	0,73	0,81	0,72

Grafico 32. Media Combinación vs Comprobación método Granulométrico capa Base



Interpretación: Este gráfico muestra las medias de las combinaciones y comprobaciones del método granulométrico. Las diferencias observadas sugieren que, aunque el método es útil, puede haber variaciones que afecten la precisión de los resultados.

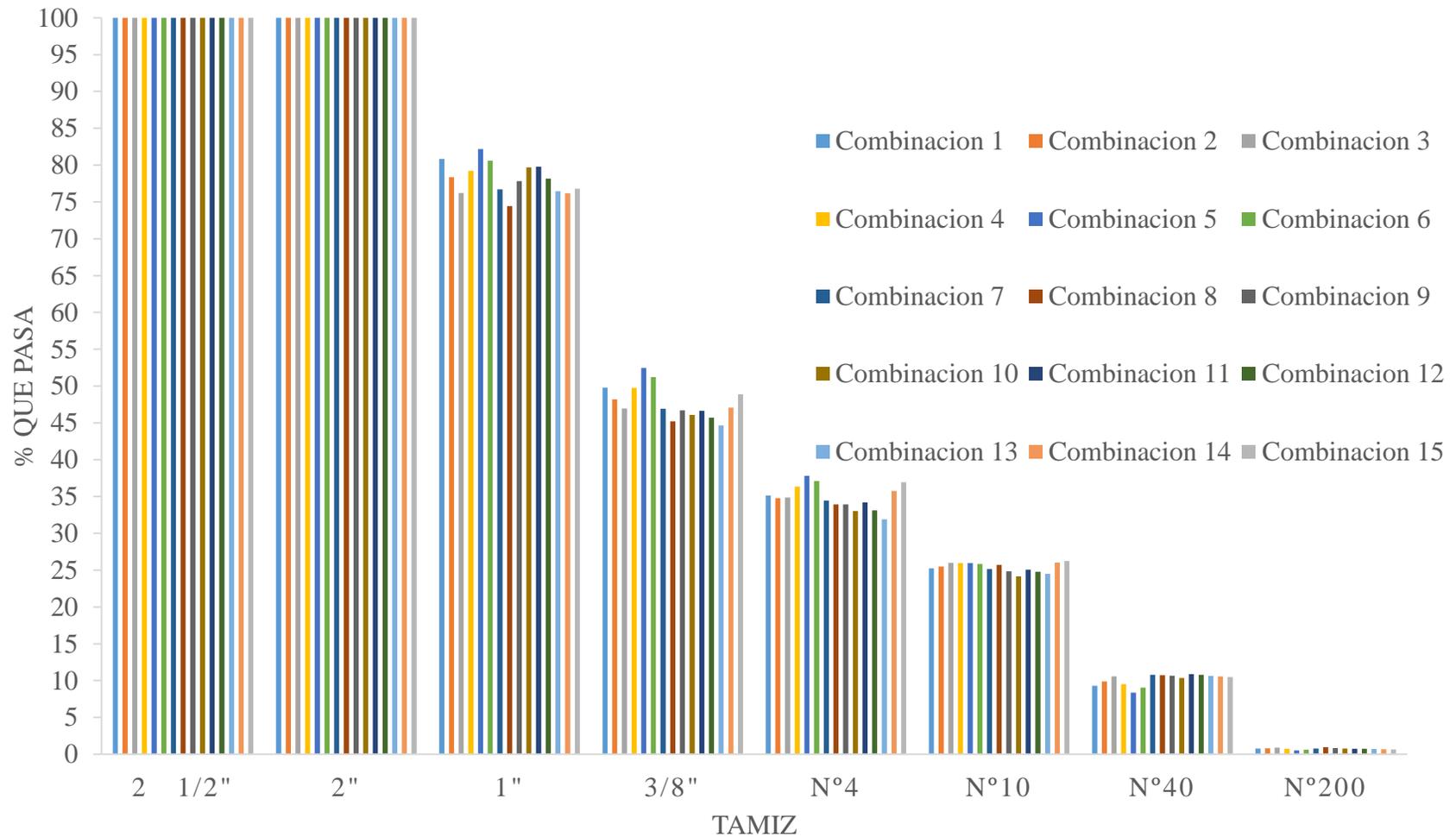
CAPA SUB-BASE METODO GRANULOMETRICO

COMBINACION FORMULA CAPA SUB BASE METODO GRANULOMETRICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	78,89	79,01	79,48	80,06	80,64	81,21	77,22	78,37	78,95	74,99	76,13	77,26	78,38	78,94	79,45
3/8"	47,69	47,79	48,34	49,03	49,72	50,45	45,33	46,75	47,44	42,23	43,70	45,20	46,71	47,48	48,46
Nº4	34,30	34,36	34,70	35,13	35,56	36,02	32,80	33,69	34,12	30,83	31,75	32,71	33,66	34,15	34,79
Nº10	24,63	24,63	24,72	24,83	24,94	25,08	24,13	24,38	24,49	23,49	23,76	24,06	24,35	24,51	24,79
Nº40	9,40	9,34	9,12	8,85	8,58	8,32	10,13	9,60	9,33	11,12	10,60	10,10	9,59	9,35	9,16
Nº200	0,78	0,77	0,76	0,74	0,73	0,71	0,82	0,79	0,77	0,87	0,84	0,81	0,78	0,77	0,76

COMPROBACION CAPA SUB BASE METODO GRANULOMETRICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	79,27	75,57	71,19	77,83	83,28	79,42	79,82	78,91	76,22	73,32	75,87	78,38	80,71	77,05	73,83
3/8"	53,18	49,56	45,75	49,07	51,60	48,44	47,75	48,99	46,80	46,61	47,42	49,90	51,86	49,31	47,55
Nº4	37,97	37,28	34,52	35,94	36,76	36,41	35,78	37,06	35,18	34,88	35,81	37,26	38,97	37,06	36,73
Nº10	27,02	27,56	26,70	27,14	26,81	26,79	25,16	27,75	26,57	26,94	26,43	27,46	28,44	27,68	28,56
Nº40	8,48	10,10	12,59	10,22	8,39	8,48	8,06	11,81	8,93	7,38	8,90	10,72	12,76	11,83	11,06
Nº200	0,67	0,50	0,32	0,37	0,38	0,50	0,52	0,62	0,37	0,26	0,37	0,40	0,50	0,42	0,36

MEDIA ENTRE LA COMBINACION Y VERIFICACION CAPA SUB BASE METODO GRANULOMETRICO DEL % QUE PASA																
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15	MEDIA
2 ½"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	80,83	78,34	76,21	79,23	82,18	80,59	76,72	74,43	77,81	79,70	79,79	78,18	76,47	76,19	76,81	78,20
3/8"	49,79	48,20	46,94	49,75	52,47	51,20	46,90	45,21	46,71	46,08	46,64	45,71	44,65	47,07	48,89	47,70
Nº4	35,13	34,76	34,86	36,35	37,81	37,09	34,45	33,93	33,94	33,02	34,21	33,12	31,89	35,77	36,93	34,85
Nº10	25,25	25,49	26,00	25,98	25,95	25,84	25,17	25,71	24,83	24,16	25,05	24,78	24,50	26,02	26,23	25,39
Nº40	9,29	9,88	10,56	9,50	8,38	9,05	10,78	10,72	10,67	10,35	10,89	10,78	10,63	10,58	10,47	10,14
Nº200	0,79	0,81	0,92	0,74	0,51	0,63	0,79	0,95	0,84	0,77	0,75	0,74	0,72	0,68	0,65	0,74

Grafico 33. Media Combinación vs Comprobación método Granulométrico capa sub-Base



Interpretación: Este gráfico compara las medias para la capa sub-base. Las discrepancias pueden indicar la necesidad de ajustar las combinaciones de materiales para mejorar la estabilidad.

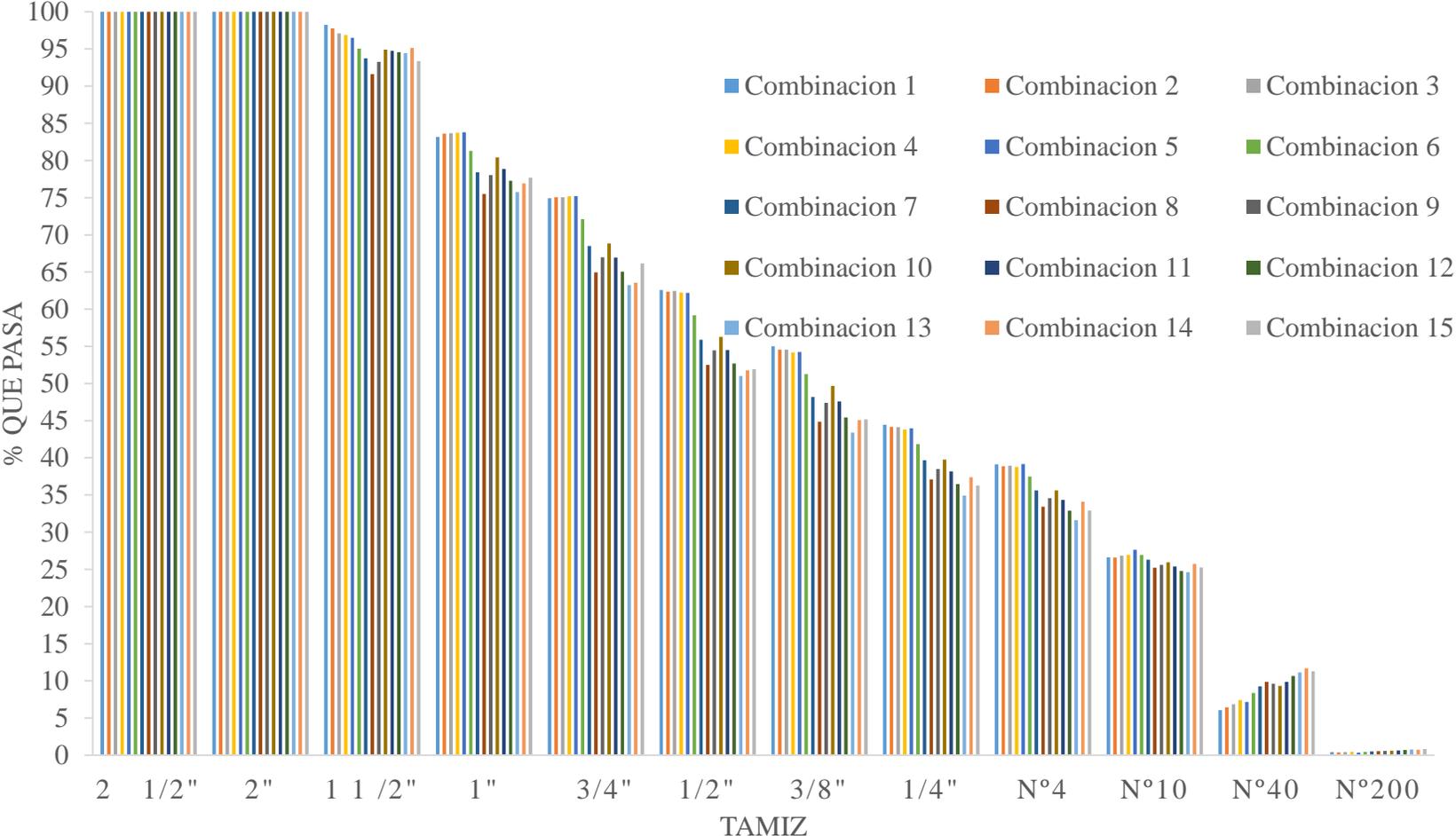
CAPA BASE METODO GRAFICO

COMBINACION FORMULA CAPA BASE METODO GRAFICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	99,95	99,72	99,47	99,22	98,97	98,73	98,42	98,23	97,98	97,74	97,49	97,24	96,99	96,75	96,50
1"	84,97	84,37	83,61	82,85	82,10	81,34	80,41	79,82	79,06	78,30	77,55	76,79	76,03	75,27	74,51
¾"	76,00	74,45	73,42	72,40	71,37	70,35	69,09	68,30	67,27	66,25	65,22	64,20	63,17	62,15	61,12
½"	64,05	62,38	61,29	60,19	59,09	58,00	56,65	55,81	54,71	53,61	52,52	51,42	50,32	49,23	48,13
3/8"	55,57	54,04	53,12	52,20	51,28	50,36	49,23	48,51	47,59	46,67	45,75	44,83	43,91	42,98	42,06
¼"	44,86	43,64	42,91	42,17	41,44	40,71	39,81	39,24	38,51	37,78	37,05	36,31	35,58	34,85	34,12
Nº4	39,26	38,25	37,67	37,09	36,52	35,94	35,24	34,79	34,21	33,64	33,06	32,49	31,91	31,34	30,76
Nº10	26,10	25,61	25,45	25,30	25,14	24,99	24,80	24,67	24,52	24,36	24,21	24,05	23,90	23,74	23,59
Nº40	6,65	6,83	7,18	7,53	7,88	8,23	8,66	8,93	9,29	9,64	9,99	10,34	10,69	11,04	11,39
Nº200	0,62	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89

COMPROBACION CAPA BASE METODO GRAFICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 ½"	96,54	95,89	94,80	94,57	94,07	91,50	89,31	85,44	88,81	92,18	92,10	91,99	91,93	93,53	90,35
1"	81,42	82,87	83,73	84,61	85,52	81,26	76,47	71,43	76,99	82,55	80,22	77,76	75,45	78,60	80,99
¾"	73,86	75,65	76,75	78,05	79,29	73,88	67,90	61,74	66,65	71,54	68,71	65,90	63,28	64,99	71,58
½"	61,10	62,29	63,60	64,32	65,45	60,38	55,15	49,39	54,25	59,08	56,54	54,00	51,68	54,44	56,02
3/8"	54,45	55,10	56,01	56,26	57,36	52,21	47,16	41,46	47,17	52,86	49,49	46,06	42,94	47,29	48,53
¼"	44,07	44,68	45,37	45,54	46,65	43,04	39,53	35,09	38,46	41,84	39,38	36,62	34,28	40,12	38,59
Nº4	39,02	39,51	40,25	40,54	42,02	39,09	36,02	32,12	34,92	37,73	35,66	33,28	31,31	37,08	35,24
Nº10	27,14	27,60	28,28	28,67	30,36	29,04	27,88	25,80	26,71	27,64	26,63	25,56	25,37	27,88	27,06
Nº40	5,54	6,04	6,56	7,31	6,48	8,47	9,91	10,86	9,94	9,04	9,73	10,97	11,59	12,38	11,18
Nº200	0,26	0,24	0,25	0,32	0,18	0,30	0,36	0,39	0,42	0,47	0,50	0,60	0,66	0,60	0,75

MEDIA ENTRE LA COMBINACION Y VERIFICACION CAPA BASE METODO GRAFICO DEL % QUE PASA																
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15	MEDIA
2½"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1½"	98,23	97,78	97,10	96,87	96,49	95,04	93,76	91,61	93,28	94,92	94,76	94,58	94,43	95,12	93,37	95,14
1"	83,17	83,62	83,67	83,73	83,79	81,30	78,42	75,51	78,02	80,40	78,87	77,27	75,74	76,92	77,69	79,82
¾"	74,92	75,05	75,07	75,17	75,23	72,09	68,49	64,94	66,96	68,84	66,94	65,04	63,23	63,55	66,15	69,30
½"	62,56	62,33	62,43	62,22	62,19	59,18	55,90	52,50	54,48	56,28	54,49	52,69	51,00	51,77	51,92	56,63
3/8"	55,00	54,57	54,55	54,19	54,23	51,28	48,18	44,85	47,38	49,67	47,58	45,44	43,42	45,09	45,18	49,21
¼"	44,46	44,16	44,12	43,83	43,97	41,86	39,67	37,11	38,48	39,76	38,19	36,46	34,93	37,39	36,28	39,91
Nº4	39,14	38,87	38,94	38,78	39,17	37,48	35,62	33,43	34,56	35,62	34,34	32,88	31,61	34,09	32,92	35,74
Nº10	26,62	26,58	26,83	26,93	27,63	26,94	26,29	25,23	25,59	25,95	25,39	24,79	24,62	25,73	25,27	26,01
Nº40	6,07	6,42	6,86	7,42	7,15	8,35	9,27	9,85	9,61	9,33	9,86	10,65	11,13	11,69	11,28	8,81
Nº200	0,40	0,39	0,40	0,46	0,36	0,46	0,51	0,54	0,57	0,61	0,64	0,70	0,75	0,72	0,81	0,54

Grafico 34. Media Combinación vs Comprobación método Grafico capa Base



Interpretación: Este gráfico compara las medias de las combinaciones y verificaciones del método gráfico para la capa base. La consistencia en los resultados respalda la precisión del método gráfico en la estabilización de suelos.

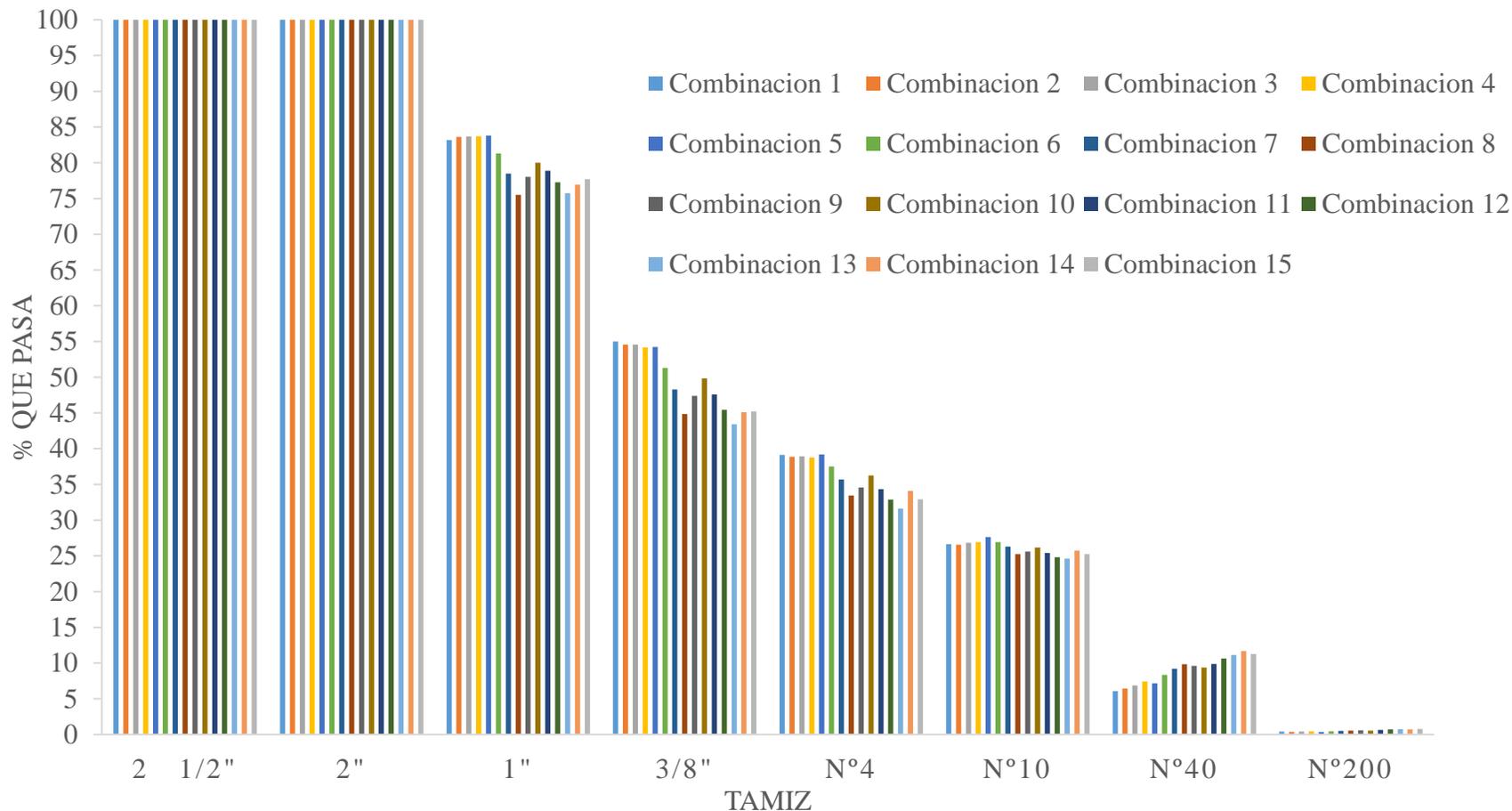
CAPA SUB-BASE METODO GRAFICO

COMBINACION FORMULA CAPA SUB BASE METODO GRAFICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	84,97	84,37	83,61	82,82	82,10	81,34	80,59	79,83	79,07	78,32	77,56	76,80	76,04	75,29	74,53
3/8"	55,57	54,05	53,13	52,16	51,28	50,36	49,44	48,52	47,60	46,68	45,76	44,84	43,92	43,00	42,08
Nº4	39,26	38,25	37,67	37,07	36,52	35,95	35,37	34,80	34,22	33,65	33,07	32,50	31,92	31,35	30,77
Nº10	26,10	25,61	25,45	25,29	25,14	24,99	24,83	24,68	24,52	24,37	24,21	24,06	23,90	23,75	23,59
Nº40	6,65	6,83	7,18	7,55	7,88	8,23	8,58	8,93	9,28	9,63	9,98	10,33	10,68	11,03	11,38
Nº200	0,62	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,89

COMPROBACION CAPA SUB BASE METODO GRAFICO % QUE PASA															
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15
2 ½"	100,0	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	81,42	82,88	83,73	84,61	85,52	81,26	76,47	71,43	76,99	81,72	80,22	77,76	75,45	78,60	80,98
3/8"	54,45	55,10	56,01	56,26	57,36	52,21	47,16	41,46	47,17	53,22	49,49	46,06	42,94	47,29	48,52
Nº4	39,02	39,49	40,25	40,54	42,02	39,09	36,02	32,12	34,92	39,04	35,66	33,28	31,31	37,08	35,20
Nº10	27,14	27,58	28,28	28,67	30,36	29,04	27,88	25,80	26,71	28,10	26,63	25,56	25,37	27,88	27,00
Nº40	5,54	6,04	6,56	7,31	6,48	8,47	9,91	10,86	9,94	9,13	9,73	10,97	11,59	12,38	11,12
Nº200	0,26	0,24	0,25	0,32	0,18	0,30	0,36	0,39	0,42	0,39	0,50	0,60	0,66	0,60	0,70

MEDIA ENTRE LA COMBINACION Y VERIFICACION CAPA SUB BASE METODO GRAFICO % QUE PASA																
Tamiz	Combinación 1	Combinación 2	Combinación 3	Combinación 4	Combinación 5	Combinación 6	Combinación 7	Combinación 8	Combinación 9	Combinación 10	Combinación 11	Combinación 12	Combinación 13	Combinación 14	Combinación 15	MEDIA
2 ½"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1"	83,17	83,62	83,67	83,71	83,79	81,30	78,50	75,51	78,03	80,00	78,88	77,28	75,75	76,93	77,69	79,80
3/8"	55,00	54,57	54,55	54,17	54,24	51,28	48,29	44,85	47,39	49,84	47,59	45,45	43,43	45,10	45,19	49,23
Nº4	39,14	38,86	38,94	38,77	39,18	37,49	35,69	33,43	34,57	36,24	34,34	32,89	31,62	34,09	32,91	35,78
Nº10	26,62	26,57	26,83	26,93	27,63	26,94	26,31	25,23	25,59	26,17	25,39	24,79	24,63	25,73	25,24	26,03
Nº40	6,07	6,42	6,86	7,43	7,15	8,35	9,22	9,85	9,60	9,38	9,85	10,65	11,13	11,69	11,25	8,81
Nº200	0,40	0,39	0,40	0,46	0,36	0,46	0,51	0,54	0,57	0,56	0,64	0,70	0,75	0,72	0,79	0,53

Grafico 35. Media Combinación vs Comprobación método Gráfico capa sub-Base



Interpretación: Este gráfico presenta la comparación de las medias para la capa sub-base usando el método gráfico. Las diferencias observadas resaltan la importancia de considerar las especificaciones técnicas al seleccionar materiales.

4.2 ESTADÍSTICA INFERENCIAL.

Se realizó un análisis de estadística inferencial que incluye la evaluación de las combinaciones por fórmula y comprobaciones utilizando las:

Medias: se calcularon las medias de los resultados obtenidos por cada método.

Medianas: se calcularon las medianas de los resultados obtenidos por cada método.

Desviaciones estándar: se calcularon las desviaciones estándar de los resultados obtenidos por cada método.

Varianzas: se calcularon las varianzas de los resultados obtenidos por cada método.

Este análisis permitió evaluar la consistencia y confiabilidad de cada combinación y método en la medición del tamaño de partícula de los materiales.

La estadística inferencial se enfocó en determinar si existen diferencias significativas entre los métodos granulométricos, identificar entre qué pares de métodos se presentan esas diferencias y evaluar la consistencia y confiabilidad de cada método a través de medidas métricas de estadística inferencial.

4.3 DETERMINACION DEL TIPO DE TRATAMIENTO

Dado que el objetivo es comparar los tres métodos para la estabilización granulométrica de suelos aluviales, y que se cuenta con una variable (los métodos de estabilización granulométrica), se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas entre los métodos.

El ANOVA es una prueba estadística que te permitirá comparar las medias de más de dos grupos, en este caso, los tres métodos granulométricos. Al realizar un ANOVA, se podrá determinar si hay diferencias significativas entre los métodos en términos de su eficacia en la estabilización granulométrica de suelos aluviales.

Además del ANOVA, también se podrá considerar realizar pruebas post hoc, como la prueba de Tukey, para identificar qué métodos específicos difieren entre sí en caso de que el ANOVA indique diferencias significativas. Para lo cual se realizó un análisis de la combinación y la comprobación mediante una estadística inferencial y utilizando datos de la media para cada método y capa base como sub base ya que la prueba ANOVA en sus cálculos analiza la varianza y ver sus diferencias para cada combinación.

4.4 PRUEBA DE HIPÓTESIS.

La prueba de hipótesis debe establecer la hipótesis nula (H0) y alternativa (H1).

(H0) La hipótesis nula plantea que no existen diferencias significativas entre los métodos de estabilización granulométrica, (H1) la hipótesis alternativa, Con una comparación procedimental y de resultados de los métodos Triángulo de Feret, granulométrico y gráfico permite establecer una certidumbre confiable entre ellos en el proceso de estabilización granulométrica de suelos aluviales, esto quiere decir que al menos un método es significativamente diferente de los otros. El cálculo del valor de F y el p-valor que realiza el ANOVA para obtener el valor de F y el p-valor asociado. El valor de F te indicará si existen diferencias significativas entre los grupos, mientras que el p-valor te permitirá determinar la significancia estadística de estas diferencias. En la Interpretación de los resultados, Si el valor de p es menor que el nivel de significancia establecido (generalmente 0.05), puedes rechazar la hipótesis nula y concluir que al menos un método es significativamente diferente de los otros. En caso contrario, no tendrías evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula.

ANÁLISIS DE VARIANZA				
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	G.L	Promedio de los cuadrados	F
Entre grupos	$SC_{tratamiento} = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	k-1	$CM_t = \frac{SC_t}{k-1}$	$F = \frac{CM_t}{CM_{error}}$
Dentro de los grupos	$SC_{error} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i)^2$	N-k	$CM_{error} = \frac{SC_{error}}{N-K}$	----
Total	$SC_{total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x})^2$	N-1	----	----

4.4.1 Capa Base

TAMIZ	TRIANGULO DE FERET MEDIA DEL % QUE PASA	GRANULOMÉTRICO MEDIA DEL % QUE PASA	GRAFICO MEDIA DEL % QUE PASA
2"	100,00	100,00	100,00
1 1/2"	95,98	95,20	95,18
1"	79,66	78,37	79,12
3/4"	68,81	66,11	67,78
1/2"	56,40	52,56	54,68
3/8"	49,02	45,34	47,36
1/4"	39,62	36,71	38,38
Nº4	35,21	32,93	34,38
Nº10	25,08	24,33	25,18
Nº40	8,53	9,80	9,40
Nº200	0,65	0,73	0,64

METODO	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	¼"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
TRIANGULO	100,0	95,98	79,66	68,81	56,40	49,02	39,62	35,21	25,08	8,53	0,65
GRANULOMÉTRICO	100,0	95,20	78,37	66,11	52,56	45,34	36,71	32,93	24,33	9,80	0,73
GRAFICO	100,0	95,18	79,12	67,78	54,68	47,36	38,38	34,38	25,18	9,40	0,64
Suma $\sum(x_i)$	300,00	286,35	237,15	202,70	163,64	141,72	114,71	102,53	74,59	27,72	2,01
Media	100,00	95,45	79,05	67,57	54,55	47,24	38,24	34,18	24,86	9,24	0,67
ni	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Fuente: Propia

suma total $\sum(x_i)$	1653,12
N total	33
K	11
SCI	32585,33
SCT	32612,86
SCE	27,53

SCI= suma de cuadrados intra-grupos

SCT=suma de cuadrados tratados

SCE=suma de cuadrados del error

K=número de datos de cada método

N=total de datos de los 3 métodos

$$SCT=SCI+SCE$$

$$32612,86=32585,33+27,53$$

$$32612,86=32612,86$$

Grupos	ni	Suma	Promedio	Varianza
2"	3	300,00	100,00	0,00
1 ½"	3	286,35	95,45	0,21
1"	3	237,15	79,05	0,42
¾"	3	202,70	67,57	1,85
½"	3	163,64	54,55	3,71
3/8"	3	141,72	47,24	3,38
¼"	3	114,71	38,24	2,13
Nº4	3	102,53	34,18	1,33
Nº10	3	74,59	24,86	0,22
Nº40	3	27,72	9,24	0,42
Nº200	3	2,01	0,67	0,00

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	G. L	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	32585,53	10	3258,55	2623,13	1,95E-31	2,23
Dentro de los grupos	27,33	22	1,24	----	----	----
Total	32612,86	32	----	----	-----	----

F	>	f crítico
2623,14	>	2,30
α	>	p-valor
0,05	>	0,00

K-1=grado de libertad 1
N-K=grado de libertad 2

Si $F > f$ crítico se desprecia la hipótesis nula
Si $\alpha > p$ -valor se desprecia la hipótesis nula

Si el valor de F es tan elevado en comparación al crítico muestra que el factor que se ha estudiado tiene un impacto enorme sobre la variable y que la diferencias entre grupos son altamente significativas.

Con un F tan desproporcionadamente superior al valor crítico, se puede concluir que las diferencias observadas entre los grupos definidos por el factor son estadísticamente significativas y proporciona una evidencia estadística muy sólida y confiable sobre la importancia del factor.

Los resultados sugieren que se ha realizado un buen análisis estadístico y que tus conclusiones sobre el efecto del factor son muy confiables.

Asegurando de haber cumplido de los supuestos requeridos para el ANOVA (normalidad, homogeneidad de varianzas).

METODO DE TUKEY	
k=n	11
N-K=m	22
Cme=	1,24
ni=	3
tabla q(k, N-K)=	5,06
Ta=	3,26

La prueba de Tukey es un método utilizado para comparar las medias provenientes de un análisis de varianza (ANOVA) de varias muestras

$$T_a = q(k, N - K \text{ Tabla}) * \sqrt{\frac{C_{me}}{n_i}}$$

Cme=cuadrado medio del error

$$T_a = 5,06 * \sqrt{\frac{1,24}{3}} = 3,26$$

Si $T_a >$ diferencia muestral = Hay varianza significativa.

Si $T_a <$ diferencia muestral = No hay varianza significativa.

Tabla 17. Cuartiles de la distribución de Tukey q(n,m)

$\alpha = 0.05$	2	3	4	5	6	7	n 8	9	10	11	12	13	14	15
m														
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.40	14.76	15.09	15.39	15.67
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35	10.52
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52	8.66
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03	7.14
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.11
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.98
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39	5.51	5.61	5.71	5.80	5.88
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.71
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.57	5.65
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.54
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.31	5.39	5.46
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43
21	2.94	3.56	3.94	4.21	4.42	4.60	4.74	4.87	4.98	5.08	5.17	5.25	5.33	5.40
22	2.93	3.55	3.93	4.20	4.41	4.58	4.72	4.85	4.96	5.06	5.14	5.23	5.30	5.37
23	2.93	3.54	3.91	4.18	4.39	4.56	4.70	4.83	4.94	5.03	5.12	5.20	5.27	5.34
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.32
25	2.91	3.52	3.89	4.15	4.36	4.53	4.67	4.79	4.90	4.99	5.08	5.16	5.23	5.30
26	2.91	3.51	3.88	4.14	4.35	4.51	4.65	4.77	4.88	4.98	5.06	5.14	5.21	5.28
27	2.90	3.51	3.87	4.13	4.33	4.50	4.64	4.76	4.86	4.96	5.04	5.12	5.19	5.26
28	2.90	3.50	3.86	4.12	4.32	4.49	4.62	4.74	4.85	4.94	5.03	5.11	5.18	5.24
29	2.89	3.49	3.85	4.11	4.31	4.47	4.61	4.73	4.84	4.93	5.01	5.09	5.16	5.23
30	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21

Tamiz	DIFERENCIA POBLACIONAL	DIFERENCIA MUESTRAL	OBS.	DIFERENCIA POBLACIONAL	DIFERENCIA MUESTRAL	OBS.	DIFERENCIA POBLACIONAL	DIFERENCIA MUESTRAL	OBS.
2"	A-B	0,00	N.S	A-C	0,00	N.S	B-C	0,00	N.S
1 1/2"	A-B	0,79	N.S	A-C	0,80	N.S	B-C	0,02	N.S
1"	A-B	1,30	N.S	A-C	0,54	N.S	B-C	0,75	N.S
3/4"	A-B	2,69	N.S	A-C	1,03	N.S	B-C	1,66	N.S
1/2"	A-B	3,85	SIG	A-C	1,73	N.S	B-C	2,12	N.S
3/8"	A-B	3,67	SIG	A-C	1,66	N.S	B-C	2,02	N.S
1/4"	A-B	2,91	N.S	A-C	1,24	N.S	B-C	1,67	N.S
N°4	A-B	2,27	N.S	A-C	0,83	N.S	B-C	1,45	N.S
N°10	A-B	0,76	N.S	A-C	0,09	N.S	B-C	0,85	N.S
N°40	A-B	1,26	N.S	A-C	0,86	N.S	B-C	0,40	N.S
N°200	A-B	0,08	N.S	A-C	0,01	N.S	B-C	0,09	N.S

Fuente: Propia

A=Método Triangulo de Feret

B=Métodos Granulométrico

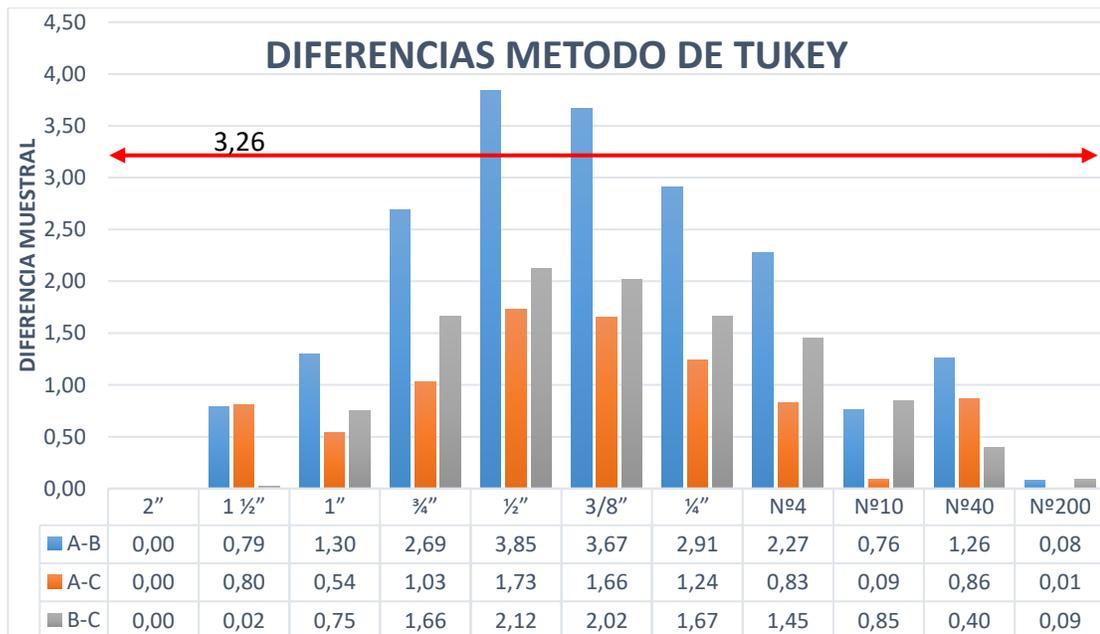
C=Método Grafico

A-B=variaciones entre método triangulo de Feret y granulométrico

A-C= variaciones entre método triangulo de Feret y grafico

B-C= variaciones entre método granulométrico y grafico

Grafico 36. Variaciones Método de Tukey capa Base



Fuente: Propia

Interpretación Grafico 36. En el método de Tukey podemos respaldar el Anova que nos muestra que existe variaciones significativas y que el método de Tukey nos permite identificar esa variaciones en el cual se puede observar que por lo menos una de las medias hay variación entre métodos en este caso se observa que hay variaciones entre el método triangulo de Feret y el granulométrico con variaciones significativas en las mallas 1/2", 3/8" analizadas que superan el 3,26, también se encuentran variaciones próximas a ser significativas en las mallas 3/4", 1/4" y en el caso de la de la comparación de los métodos triangulo de Feret y grafico no se encuentran variaciones con significancia pero se podría decir que en las mallas ya mencionadas se relacionan las variaciones de orden creciente en las mallas de 1/2", 3/8 y decreciente en las mallas 3/8", 1/4" sucediendo lo mismo con los métodos granulométrico y gráfico y con datos próximos a ser variaciones significativas

Comparación A-B (Triángulo de Feret vs. Granulométrico):

En las mallas de 1/2" y 3/8", la diferencia muestral entre estos dos métodos es estadísticamente significativa, ya que supera el valor crítico de la prueba de Tukey ($T_{\alpha} = 3,26$). Para el resto de los tamices, las diferencias entre estos dos métodos no son estadísticamente significativas.

Comparación A-C (Triángulo de Feret vs. Gráfico):

En ninguno de los tamices se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre estos dos métodos.

Comparación B-C (Granulométrico vs. Gráfico):

En las mallas de 1" y 3/8", la diferencia muestral entre estos dos métodos es estadísticamente significativa. Para el resto de los tamices, las diferencias entre estos dos métodos no son estadísticamente significativas.

Las diferencias más significativas se presentan entre los métodos Triángulo de Feret y Granulométrico en las mallas de 1/2" y 3/8".

También se encontraron diferencias significativas entre los métodos Granulométrico y Gráfico en las mallas de 1" y 3/8". Para el resto de los tamices, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre ninguna de las comparaciones.

Estas reafirman la importancia de analizar las causas de las discrepancias observadas en las mallas de 1/2", 3/8" y 1", y considerar la estandarización del método más apropiado para esos tamices específicos, dependiendo de la relevancia práctica de los resultados.

4.4.2 Capa Sub Base

TAMIZ	TRIANGULO DE FERET MEDIA DEL % QUE PASA	GRANULOMÉTRICO MEDIA DEL % QUE PASA	GRAFICO MEDIA DEL % QUE PASA
2"	100,00	100,00	100,00
1"	78,43	78,08	79,86
3/8"	48,56	47,69	49,40
Nº4	35,50	34,89	35,88
Nº10	25,90	25,46	26,04
Nº40	9,56	10,19	8,99
Nº200	0,57	0,74	0,55

Fuente: Propia

METODO	2"	1"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
TRIANGULO	100,00	78,43	48,56	35,50	25,90	9,56	0,57
GRANULOMÉTRICO	100,00	78,08	47,69	34,89	25,46	10,19	0,74
GRAFICO	100,00	79,86	49,40	35,88	26,04	8,99	0,55
Suma $\sum(x_i)$	300,00	236,36	145,65	106,27	77,39	28,74	1,86
Media	100,00	78,79	48,55	35,42	25,80	9,58	0,62
ni	3	3	3	3	3	3	3

Fuente: Propia

suma total $\sum(x_i)$	896,26
N total	21
K	7
SCI	23478,69
SCT	23483,33
SCE	4,63

SCI= suma de cuadrados intra-grupos

SCT=suma de cuadrados tratados

SCE=suma de cuadrados del error

K=número de datos de cada método

N=total de datos de los 3 métodos

$$SCT=SCI+SCE$$

$$23483,33=23478,69+4,63$$

$$23483,33=23483,33$$

Grupos	ni	Suma	Promedio	Varianza
2"	3	300,00	100,00	0,00
1"	3	236,36	78,79	0,89
3/8"	3	145,65	48,55	0,72
N°4	3	106,27	35,42	0,25
N°10	3	77,39	25,80	0,09
N°40	3	28,74	9,58	0,36
N°200	3	1,86	0,62	0,01

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	G.L	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad p-valor	Valor crítico para F
Entre grupos	23478,69	6	3913,12	11820,11	4,19E-25	2,85
Dentro de los grupos	4,63	14	0,33	----	----	----
Total	23483,33	20	----	----	----	----

F	>	f critico
11820,11	>	2,85
α	>	p-valor
0,05	>	0,00

K-1=grado de libertad 1

N-K=grado de libertad 2

Si $F > f$ critico se desprecia la hipótesis nula

Si $\alpha > p$ -valor se desprecia la hipótesis nula

La prueba de Tukey es un método utilizado para comparar las medias provenientes de un análisis de varianza (ANOVA) de varias muestras

METODO DE TUKEY	
k=n	7
N-K=m	14
Cme=	0,33
ni=	3
tabla q(k, N-K)=	4,83
Ta=	1,60

$$T_a = q(k, N - K \text{ Tabla}) * \sqrt{\frac{C_{me}}{n_i}}$$

Cme=cuadrado medio del error

$$T_a = 4,83 * \sqrt{\frac{0,33}{3}} = 1,60$$

Si $T_a >$ diferencia muestral = Hay varianza significativa

Si $T_a <$ diferencia muestral = No hay varianza significativa

Tabla 18. Cuartiles de la distribución de Tukey q(n,m)

$\alpha = 0.05$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>m</i>														
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.73	12.43	13.03	13.54	13.99	14.40	14.76	15.09	15.39	15.67
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46	9.72	9.95	10.15	10.35	10.52
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83	8.03	8.21	8.37	8.52	8.66
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99	7.17	7.32	7.47	7.60	7.72
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49	6.65	6.79	6.92	7.03	7.14
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16	6.30	6.43	6.55	6.66	6.76
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92	6.05	6.18	6.29	6.39	6.48
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74	5.87	5.98	6.09	6.19	6.28
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60	5.72	5.83	5.93	6.03	6.11
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49	5.61	5.71	5.81	5.90	5.98
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39	5.51	5.61	5.71	5.80	5.88
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32	5.43	5.53	5.63	5.71	5.79
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25	5.36	5.46	5.55	5.64	5.71
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20	5.31	5.40	5.49	5.57	5.65
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15	5.26	5.35	5.44	5.52	5.59
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11	5.21	5.31	5.39	5.47	5.54
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07	5.17	5.27	5.35	5.43	5.50
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04	5.14	5.23	5.31	5.39	5.46
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01	5.11	5.20	5.28	5.36	5.43
21	2.94	3.56	3.94	4.21	4.42	4.60	4.74	4.87	4.98	5.08	5.17	5.25	5.33	5.40
22	2.93	3.55	3.93	4.20	4.41	4.58	4.72	4.85	4.96	5.06	5.14	5.23	5.30	5.37
23	2.93	3.54	3.91	4.18	4.39	4.56	4.70	4.83	4.94	5.03	5.12	5.20	5.27	5.34
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92	5.01	5.10	5.18	5.25	5.32
25	2.91	3.52	3.89	4.15	4.36	4.53	4.67	4.79	4.90	4.99	5.08	5.16	5.23	5.30
26	2.91	3.51	3.88	4.14	4.35	4.51	4.65	4.77	4.88	4.98	5.06	5.14	5.21	5.28
27	2.90	3.51	3.87	4.13	4.33	4.50	4.64	4.76	4.86	4.96	5.04	5.12	5.19	5.26
28	2.90	3.50	3.86	4.12	4.32	4.49	4.62	4.74	4.85	4.94	5.03	5.11	5.18	5.24
29	2.89	3.49	3.85	4.11	4.31	4.47	4.61	4.73	4.84	4.93	5.01	5.09	5.16	5.23
30	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82	4.92	5.00	5.08	5.15	5.21

Tamiz	DIFERENCIA POBLACIONAL	DIFERENCIA MUESTRAL	OBS.	DIFERENCIA POBLACIONAL	DIFERENCIA MUESTRAL	OBS.	DIFERENCIA POBLACIONAL	DIFERENCIA MUESTRAL	OBS.
2"	A-B	0,00	N.S	A-C	0,00	N.S	B-C	0,00	N.S
1"	A-B	0,35	N.S	A-C	1,43	N.S	B-C	1,78	SIG
3/8"	A-B	0,87	N.S	A-C	0,84	N.S	B-C	1,70	SIG
N°4	A-B	0,60	N.S	A-C	0,38	N.S	B-C	0,98	N.S
N°10	A-B	0,44	N.S	A-C	0,14	N.S	B-C	0,58	N.S
N°40	A-B	0,63	N.S	A-C	0,57	N.S	B-C	1,19	N.S
N°200	A-B	0,17	N.S	A-C	0,02	N.S	B-C	0,19	N.S

Fuente: Propia

A=Método Triangulo de Feret

B=Métodos Granulométrico

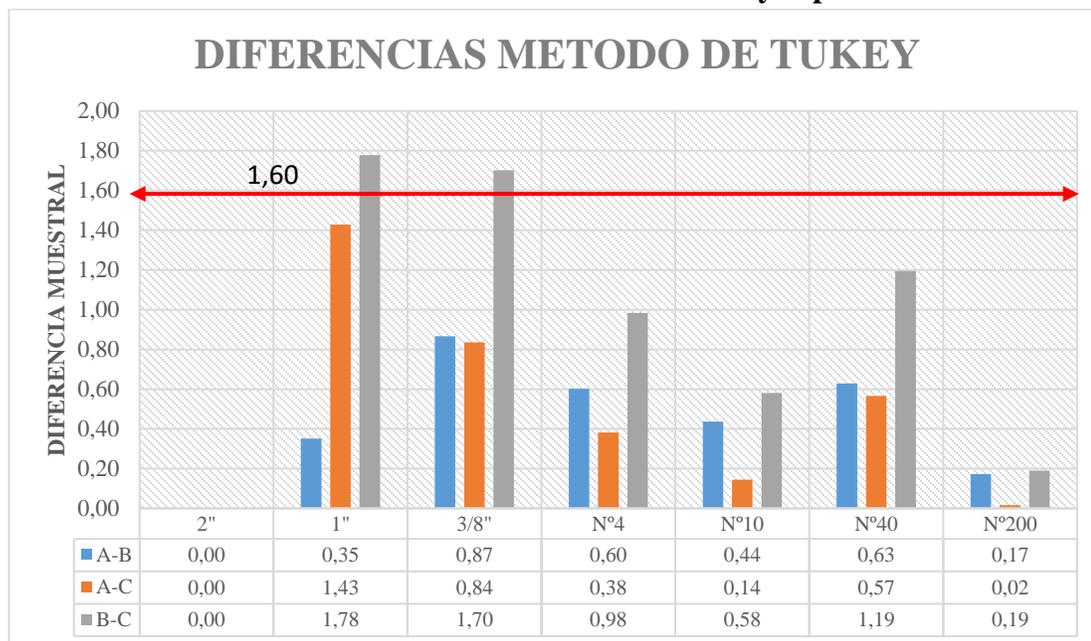
C=Método Grafico

A-B=variaciones entre método triangulo de Feret y granulométrico

A-C= variaciones entre método triangulo de Feret y grafico

B-C= variaciones entre método granulométrico y gráfico.

Grafico 37. Variaciones Método de Tukey capa Sub Base



Fuente: Propia

Interpretación Grafico 37. Según los resultados de la prueba de Tukey, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los métodos Granulométrico y Gráfico en las mallas de 1" y 3/8".

En la malla de 1", la diferencia muestral entre los métodos Granulométrico y Gráfico (B-C) es estadísticamente significativa, lo que indica que los porcentajes obtenidos por estos métodos son diferentes en este tamiz.

De manera similar, en la malla de 3/8", la diferencia muestral entre los métodos Granulométrico y Gráfico (B-C) también es estadísticamente significativa.

Estas diferencias significativas entre los métodos Granulométrico y Gráfico en las mallas de 1" y 3/8" sugieren que la elección del método de análisis puede tener un impacto relevante en los porcentajes finales obtenidos en esos tamices.

Dependiendo de la importancia de estos tamices en el contexto de tu aplicación, estas discrepancias pueden tener consecuencias prácticas que deben ser consideradas.

4.5 RESULTADOS

Los resultados se basaron en combinaciones de mezclas de 3 suelos de material aluvial natural, mediante un análisis estadístico se determinó lo siguiente:

Tabla 19. Especificación Técnica De Granulometría Obtenida Capa Base

Método de Análisis	Comb.	Material E	Material A	Material B	Rango Material E	Rango Material A	Rango Material B
Método Triángulo de Feret	11	0.80%	51.00%	48.20%	0.80% - 0.88%	50.00% - 51.00%	48.20% - 54.50%
	12	0.82%	48.00%	51.08%			
	13	0.84%	47.00%	52.06%			
	14	0.86%	46.00%	53.24%			
	15	0.88%	45.00%	54.12%			
Método Granulométrico	11	2.00%	30.00%	68.00%	2.00% - 5.00%	30.00% - 50.00%	46.00% - 68.00%
	12	3.00%	40.00%	57.00%			
	13	4.00%	50.00%	46.00%			
	14	5.00%	50.00%	45.00%			
Método Gráfico	9	0.68%	45.99%	53.33%	0.70% - 0.80%	37.00% - 41.00%	62.30%

Fuente: Propia

Interpretación tabla 19 Especificaciones Capa Base

Método Gráfico (C): Este método demostró ser el más confiable y consistente en general, ya que no presentó diferencias estadísticamente significativas con ninguno de los otros dos métodos, excepto en las mallas de 1" y 3/8".

Al no mostrar discrepancias importantes en la mayoría de los tamices, el método Gráfico podría considerarse como la mejor opción para el análisis granulométrico.

Método Triángulo de Feret (A): Este método presentó diferencias significativas con el método Granulométrico en las mallas de 1/2" y 3/8" de la capa sub-base. Sin embargo, no mostró diferencias relevantes con el método Gráfico en ninguno de los tamices.

Por lo tanto, el método Triángulo de Feret se puede considerar como la segunda mejor opción, ligeramente por debajo del método Gráfico.

Método Granulométrico (B): Este método fue el que mostró más discrepancias

significativas en comparación con los otros dos métodos.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el método Granulométrico y los otros dos métodos en las mallas de 1" y 3/8".

Debido a estas diferencias más notorias, el método Granulométrico se puede considerar como la tercera mejor opción entre los tres métodos analizados.

El orden de efectividad de los métodos de análisis granulométrico:

1. Método Gráfico
2. Método Triángulo de Feret
3. Método Granulométrico

Estas especificaciones son recomendaciones basadas en los resultados encontrados y combinaciones que se recomienda usar, obtener un resultado óptimo para capa base Considerando las variaciones que se tiene entre métodos y se puede observar que en esta especificación se obtuvo menores resultados por contener un porcentaje bajo de fino en los materiales seleccionados.

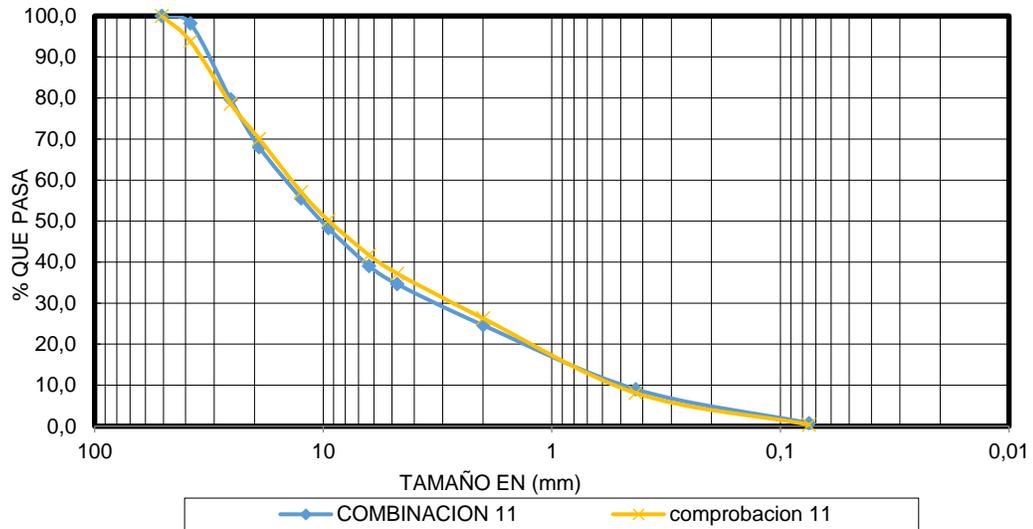
4.5.1 Medidas de Tendencia Central y Medidas de Dispersión.

El análisis estadístico está en función de las especificaciones técnicas de granulometría obtenidas para capa base y sub base, su finalidad de la estadística inferencial es determinar los valores de los parámetros de una población, lo que te permitirá comparar sus resultados de manera más efectiva y permitirá presentar hallazgos con un enfoque basado en datos, brindando mayor credibilidad.

4.5.1.1 Curvas granulométricas Capa Base Método Triangulo de Feret

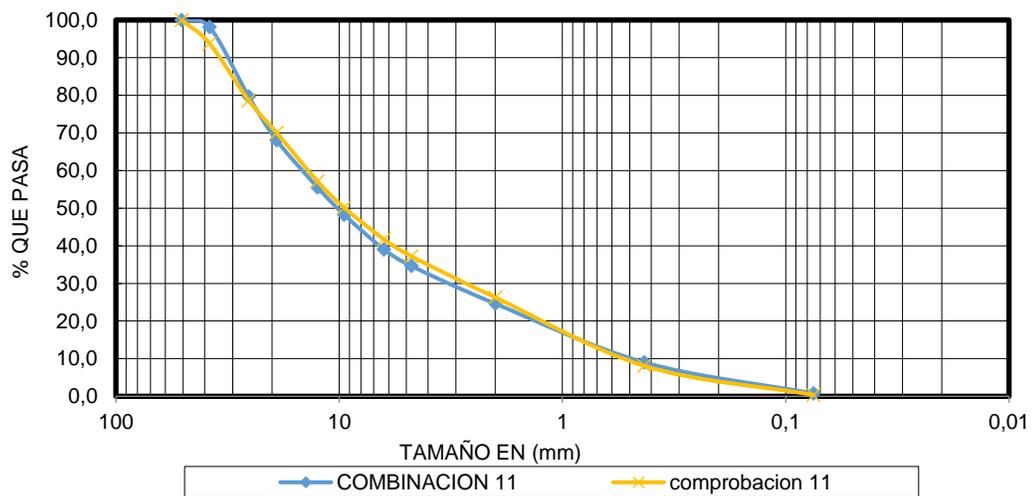
4.5.1.1.1 Combinación 11 Y Comprobación 11

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 ½"	98,17	93,79	95,96	95,98	3,10	9,59
1"	79,65	78,61	79,13	79,13	0,73	0,53
¾"	68,04	70,03	69,02	69,03	1,41	1,98
½"	55,53	57,12	56,32	56,32	1,12	1,26
3/8"	48,28	50,16	49,21	49,22	1,33	1,77
¼"	39,06	41,71	40,36	40,38	1,88	3,53
Nº4	34,64	37,21	35,90	35,93	1,82	3,31
Nº10	24,63	26,30	25,45	25,46	1,18	1,40
Nº40	9,01	8,10	8,54	8,56	0,65	0,42
Nº200	0,75	0,37	0,53	0,56	0,27	0,07



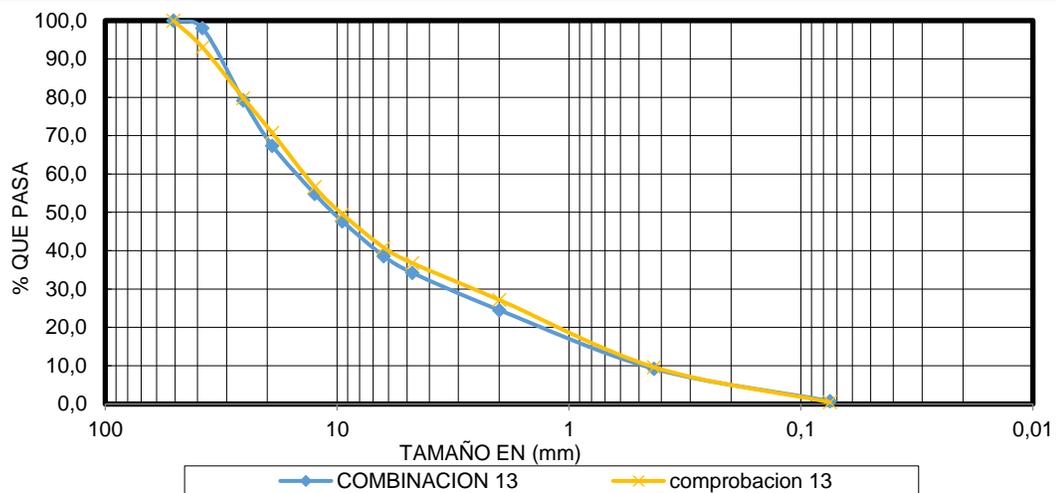
4.5.1.1.2 Combinación 12 Y Comprobación 12

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 ½"	98,06	91,45	94,70	94,75	4,68	21,87
1"	79,31	78,27	78,79	78,79	0,73	0,54
¾"	67,55	71,15	69,32	69,35	2,55	6,49
½"	55,00	57,26	56,12	56,13	1,59	2,54
3/8"	47,83	50,07	48,94	48,95	1,59	2,52
¼"	38,70	41,47	40,06	40,08	1,96	3,84
Nº4	34,36	37,03	35,67	35,70	1,89	3,58
Nº10	24,54	26,82	25,66	25,68	1,61	2,60
Nº40	9,17	8,85	9,01	9,01	0,22	0,05
Nº200	0,76	0,42	0,57	0,59	0,24	0,06



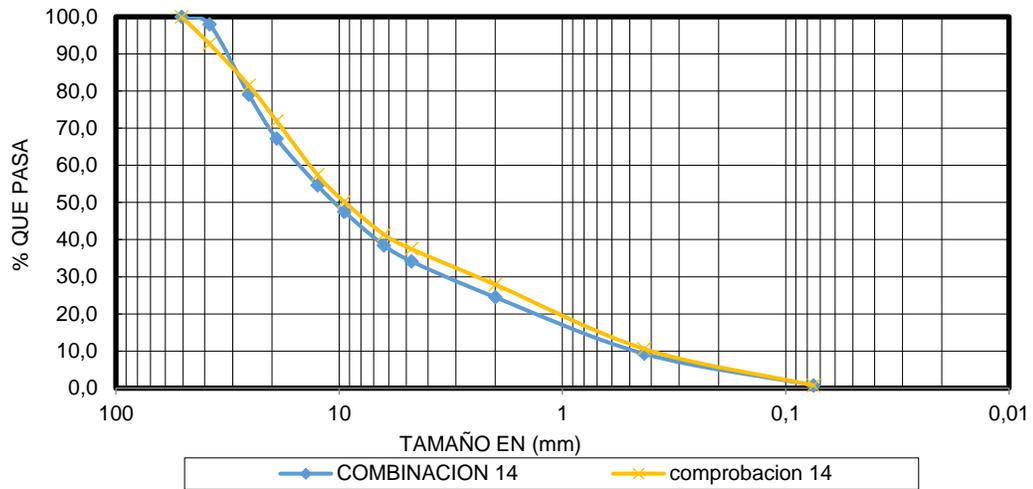
4.5.1.1.3 Combinación 13 Y Comprobación 13

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 ½"	98,02	93,03	95,49	95,53	3,53	12,47
1"	79,20	79,83	79,51	79,51	0,45	0,20
¾"	67,38	70,71	69,02	69,04	2,35	5,54
½"	54,82	56,62	55,71	55,72	1,27	1,61
⅜"	47,68	49,53	48,59	48,60	1,31	1,72
¼"	38,58	40,79	39,67	39,69	1,57	2,46
Nº4	34,26	36,78	35,50	35,52	1,78	3,18
Nº10	24,51	27,17	25,81	25,84	1,88	3,54
Nº40	9,21	9,62	9,41	9,42	0,29	0,08
Nº200	0,76	0,46	0,59	0,61	0,21	0,05



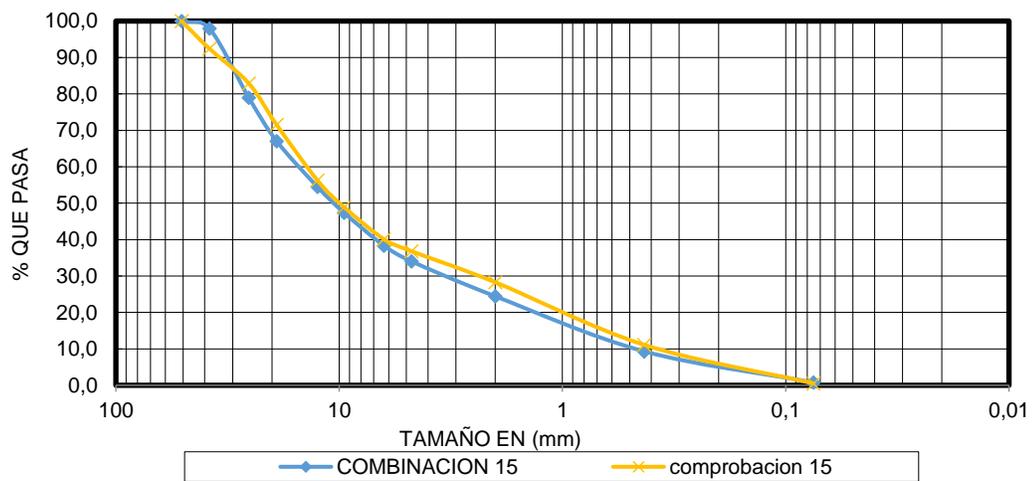
4.5.1.1.4 Combinación 14 Y Comprobación 14

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 ½"	97,99	92,74	95,33	95,36	3,71	13,79
1"	79,08	81,50	80,28	80,29	1,71	2,92
¾"	67,21	71,89	69,51	69,55	3,31	10,95
½"	54,64	57,41	56,01	56,03	1,96	3,84
⅜"	47,52	50,22	48,85	48,87	1,91	3,64
¼"	38,45	41,38	39,89	39,91	2,07	4,27
Nº4	34,16	37,47	35,78	35,82	2,34	5,48
Nº10	24,48	27,91	26,14	26,20	2,43	5,90
Nº40	9,26	10,58	9,90	9,92	0,93	0,86
Nº200	0,77	0,73	0,75	0,75	0,02	0,00



4.5.1.1.5 Combinación 15 Y Comprobación 15

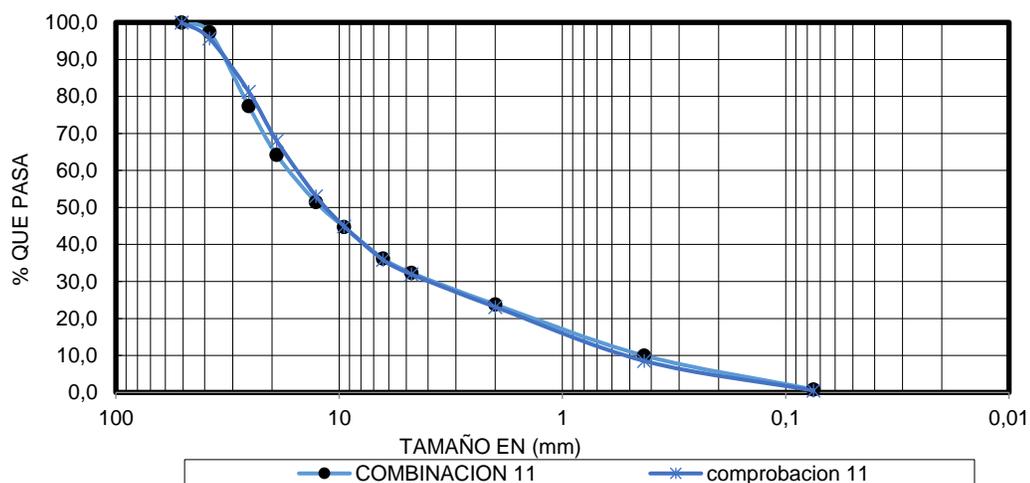
Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 ½"	97,95	92,41	95,14	95,18	3,92	15,35
1"	78,97	82,89	80,91	80,93	2,77	7,67
¾"	67,04	71,50	69,24	69,27	3,16	9,96
½"	54,46	56,22	55,34	55,34	1,25	1,55
⅜"	47,37	48,92	48,13	48,14	1,10	1,20
¼"	38,33	40,08	39,20	39,21	1,24	1,53
Nº4	34,06	36,82	35,42	35,44	1,95	3,80
Nº10	24,45	28,29	26,30	26,37	2,72	7,38
Nº40	9,31	11,10	10,17	10,21	1,27	1,60
Nº200	0,77	0,50	0,62	0,63	0,19	0,04



4.5.1.2 Curvas granulométricas Capa Base Granulométrico

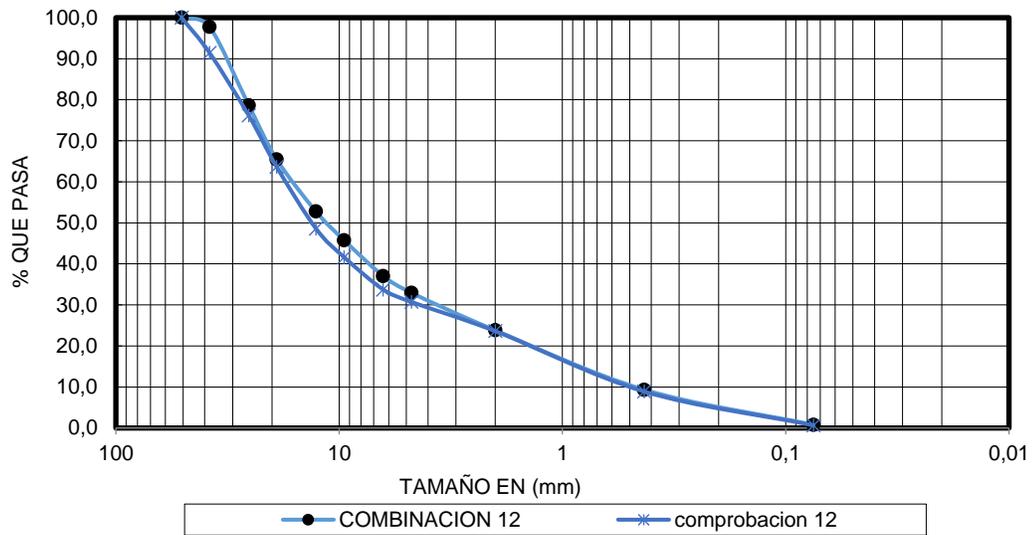
4.5.1.2.1 Combinación 11 Y Comprobación 11

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 ½"	97,40	95,67	96,53	81,85	1,22	1,50
1"	77,39	81,30	79,32	67,18	2,77	7,66
¾"	64,21	68,04	66,10	56,46	2,70	7,31
½"	51,43	53,07	52,24	44,44	1,15	1,33
⅜"	44,71	44,89	44,80	38,42	0,13	0,02
¼"	36,21	35,82	36,01	29,47	0,28	0,08
Nº4	32,34	31,94	32,14	20,24	0,28	0,08
Nº10	23,78	23,12	23,45	11,82	0,47	0,22
Nº40	9,96	8,53	9,22	8,53	1,01	1,02
Nº200	0,80	0,52	0,65	0,52	0,20	0,04



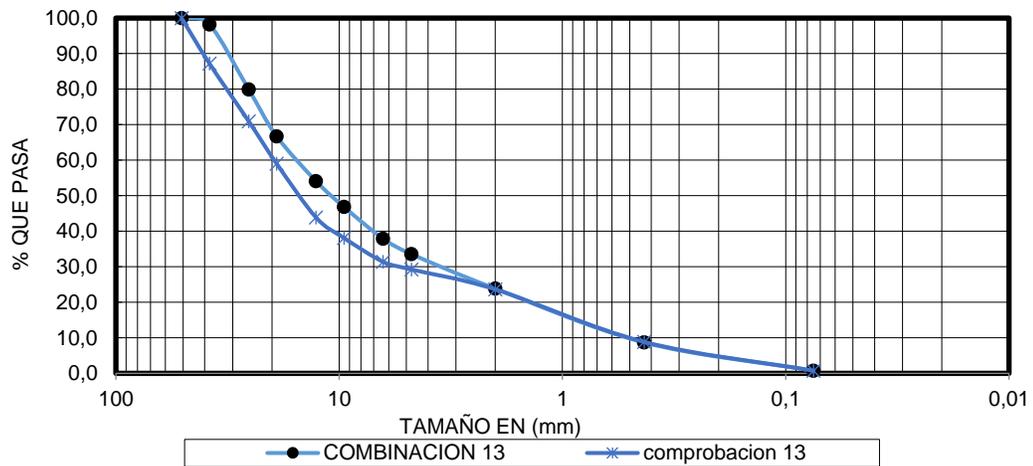
4.5.1.2.2 Combinación 12 Y Comprobación 12

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 ½"	97,79	91,46	94,57	77,55	4,47	20,00
1"	78,63	76,16	77,39	62,38	1,75	3,06
¾"	65,47	63,63	64,54	52,63	1,30	1,68
½"	52,77	48,59	50,64	41,17	2,95	8,72
⅜"	45,76	41,63	43,64	36,18	2,92	8,55
¼"	37,04	33,74	35,35	28,68	2,33	5,45
Nº4	32,96	30,73	31,82	19,81	1,58	2,50
Nº10	23,81	23,61	23,71	12,13	0,14	0,02
Nº40	9,32	8,88	9,10	8,88	0,31	0,10
Nº200	0,76	0,64	0,70	0,64	0,08	0,01



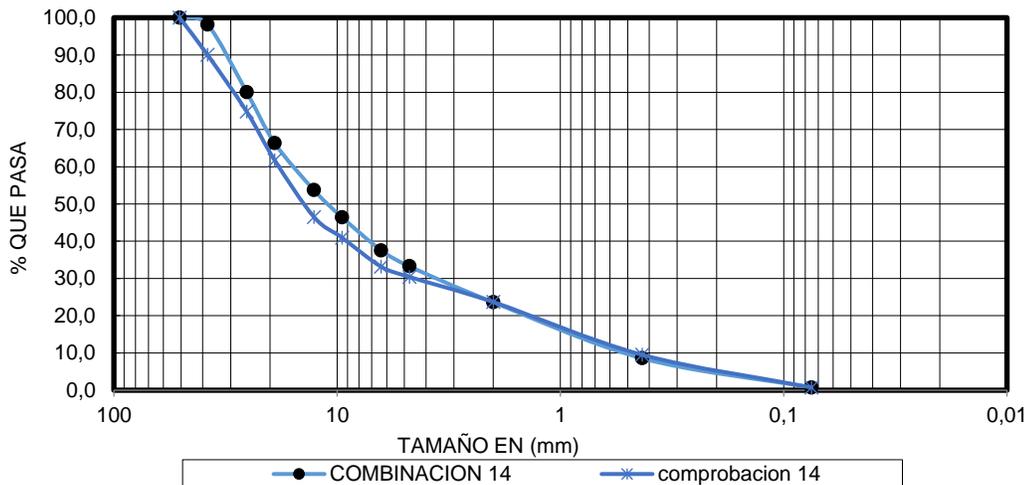
4.5.1.2.3 Combinación 13 Y Comprobación 13

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 ½"	98,18	87,20	92,53	73,10	7,76	60,23
1"	79,88	70,93	75,27	57,40	6,33	40,06
¾"	66,72	59,01	62,74	48,55	5,45	29,71
½"	54,11	43,88	48,73	37,63	7,23	52,29
⅜"	46,81	38,08	42,22	33,66	6,17	38,11
¼"	37,87	31,38	34,47	27,51	4,59	21,06
Nº4	33,58	29,24	31,34	19,04	3,07	9,43
Nº10	23,85	23,64	23,75	12,20	0,15	0,02
Nº40	8,69	8,84	8,76	8,84	0,11	0,01
Nº200	0,73	0,75	0,74	0,75	0,02	0,00



4.5.1.2.4 Combinación 14 Y Comprobación 14

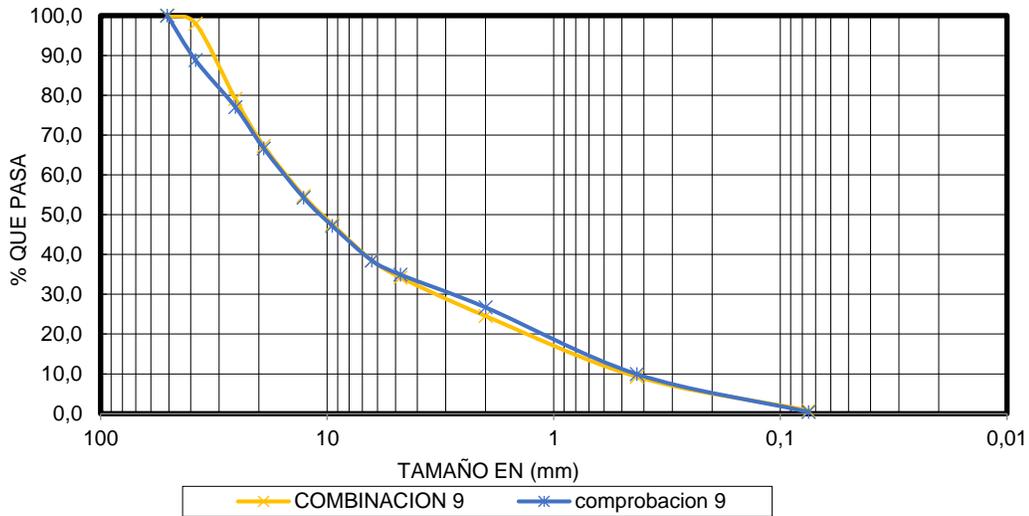
Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 ½"	98,19	90,08	94,04	75,91	5,74	32,90
1"	79,99	74,78	77,34	60,64	3,68	13,58
¾"	66,35	61,74	64,01	51,34	3,26	10,65
½"	53,72	46,50	49,98	39,82	5,10	26,04
⅜"	46,40	40,93	43,58	35,67	3,87	14,97
¼"	37,54	33,15	35,27	28,42	3,10	9,63
Nº4	33,28	30,41	31,81	19,96	2,03	4,12
Nº10	23,62	23,68	23,65	12,21	0,05	0,00
Nº40	8,57	9,51	9,03	9,51	0,66	0,44
Nº200	0,72	0,74	0,73	0,74	0,01	0,00



4.5.1.3 Curvas granulométricas Capa Base Grafico

4.5.1.3.1 Combinación 9 Y Comprobación 9

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1 ½"	97,98	88,81	93,28	93,40	6,49	42,08
1"	79,06	76,99	78,02	78,03	1,46	2,14
¾"	67,27	66,65	66,96	66,96	0,44	0,19
½"	54,71	54,25	54,48	54,48	0,33	0,11
⅜"	47,59	47,17	47,38	47,38	0,30	0,09
¼"	38,51	38,46	38,48	38,48	0,04	0,00
Nº4	34,21	34,92	34,56	34,57	0,50	0,25
Nº10	24,52	26,71	25,59	25,61	1,55	2,39
Nº40	9,29	9,94	9,61	9,61	0,46	0,21
Nº200	0,77	0,42	0,57	0,59	0,25	0,06

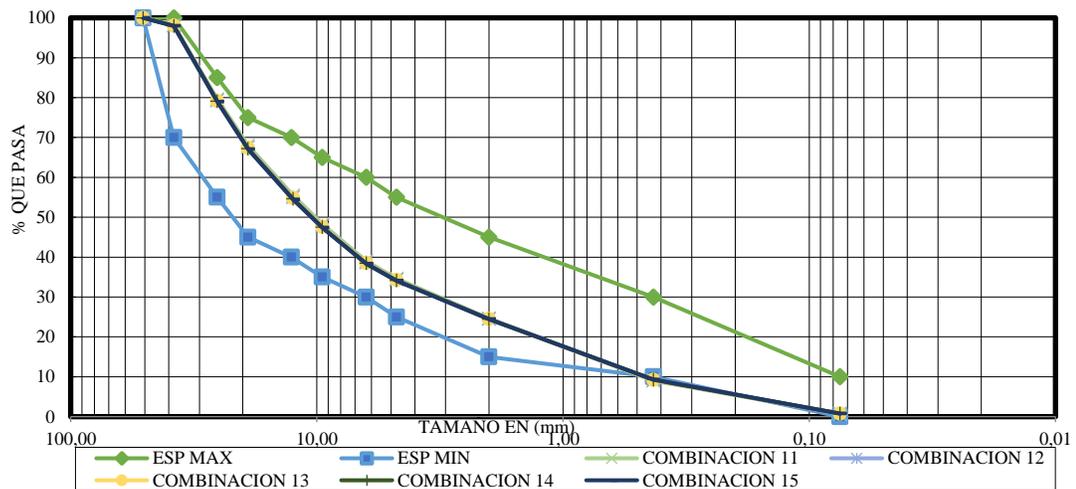


Las granulometrías determinadas para los análisis fueron seleccionadas para determinar su mejor funcionalidad en cada método y para cumplir con los requisitos mínimos para capas de pavimento y mostrando las variaciones entre combinaciones.

El uso de combinaciones adecuadas a la curva granulométrica de la norma ABC, a través de tres métodos distintos, permite optimizar el proceso de selección de materiales, asegurando que se cumplan los requisitos técnicos y de calidad. Esta estrategia no solo mejora la eficiencia del proceso constructivo, sino que también garantiza la durabilidad y resistencia del producto final.

Gráfico 38. Combinaciones adecuadas para capa base método Triangulo de Feret

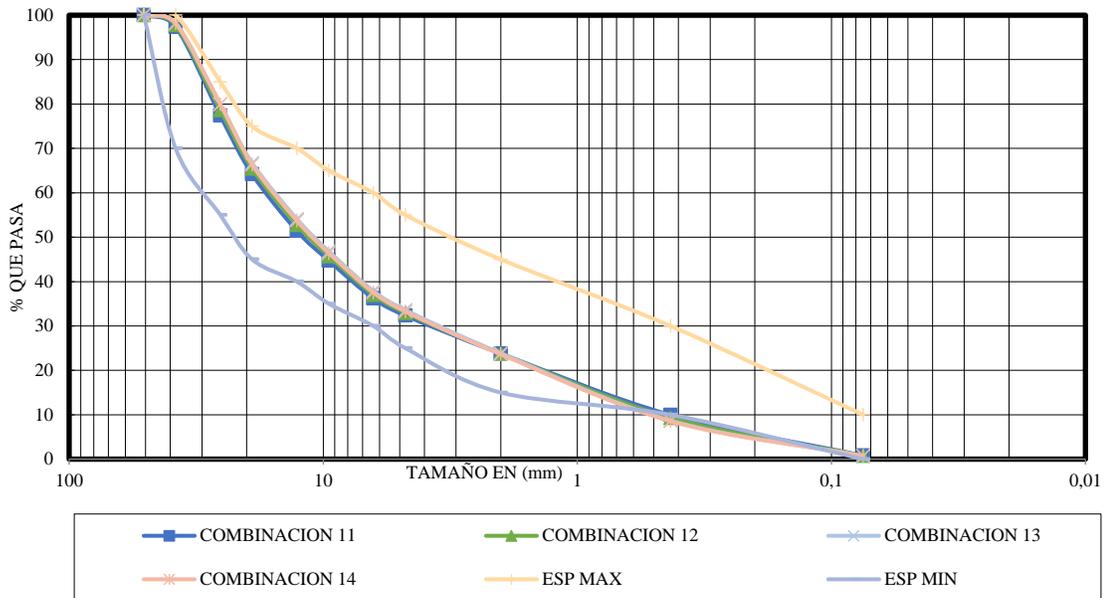
CURVA GRANULOMETRICA COMBINACIONES METODO TRIANGULO DE FERET
MEZCLA E-A-B CAPA BASE



Fuente: Propia

Grafico 39. Combinaciones adecuadas para capa Base método Granulométrico

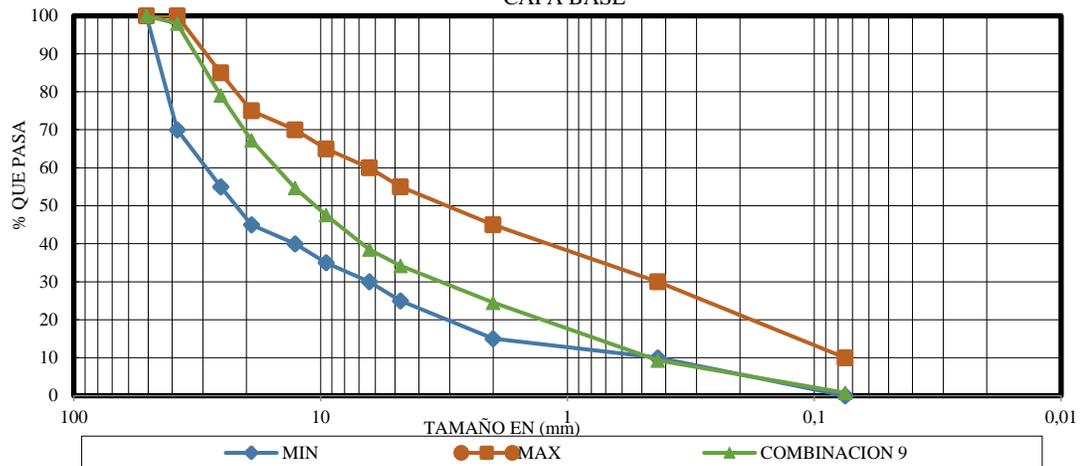
CURVA GRANULOMÉTRICA COMBINACIONES METODO GRANULOMETRICO
MEZCLA E-A-B CAPA BASE



Fuente: Propia

Grafico 40. Combinaciones adecuadas para capa Base método Grafico

CURVA GRANULOMÉTRICA COMBINACIONES METODO GRAFICO MEZCLA E-A-B
CAPA BASE



Fuente: Propia

Tabla 20. Resultados De Estabilidad Capa Sub Base

Comb.	Método	Densidad máxima gr/cm ³ CSB	Humedad optima %	CBR 100%Dmax CB	CBR 95%Dmax CB
14	Triangulo De Feret	2,150	6,00	40	20
14	Granulométrico	2,085	6,35	65	42
9	Grafico	2,085	5,80	40	21

Fuente: Propia

Interpretación tabla 20. Los requerimientos mínimos dados por la norma ABC para la capa base El grafico de rango CBR no cumplen con el requerimiento mínimo de CBR de 80 y se observa que los diferentes métodos no cumplen con el requerimiento de estabilidad.

Grafico 41. Rango De CBR Mínimo Para Capa Base

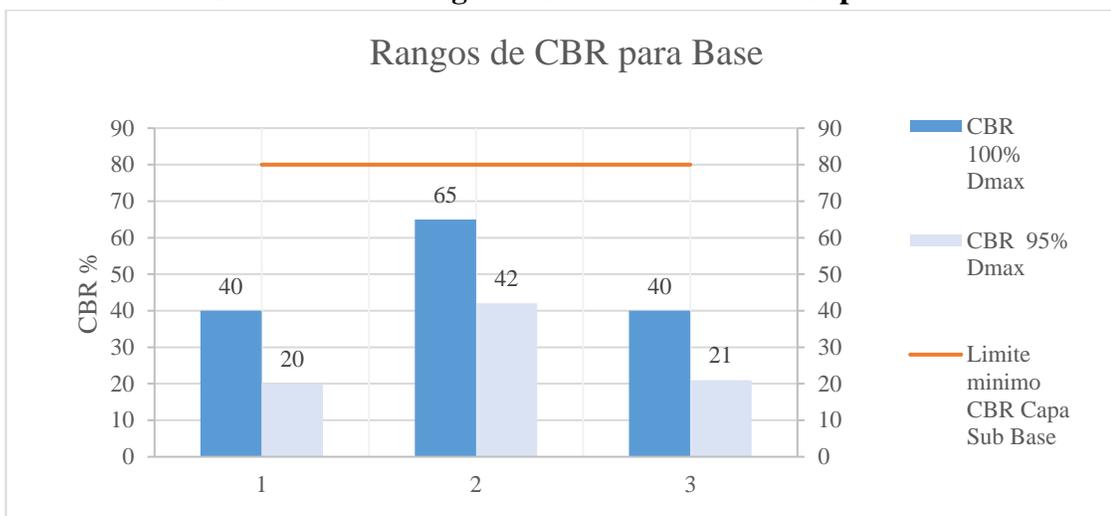


Tabla 21. Especificación técnica obtenida para capa sub base

Método de Análisis	Comb.	Material E	Material A	Material B	Rango Material E	Rango Material A	Rango Material B
Método Triángulo de Feret	1	0.10%	62.40%	37.50%	0.10%-0.90%	55.00% - 62.40%	37.50% - 62.40%
	2	0.20%	61.30%	38.50%			
	3	0.30%	60.20%	39.50%			
	4	0.40%	58.00%	41.60%			
	5	0.50%	55.00%	44.60%			
	11	0.90%	41.00%	58.10%			
	12	0.80%	37.50%	61.70%			
	13	0.70%	37.00%	62.30%			
	14	0.60%	36.00%	63.40%			
	15	0.00%	35.00%	65.00%			
Método Granulométrico	1	0.10%	45.00%	54.90%	0.10% - 0.90%	35.00% - 45.00%	39.50% - 54.90%
	2	0.20%	46.00%	53.80%			

	3	0.30%	50.00%	49.70%			
	4	0.40%	55.00%	44.60%			
	5	0.50%	60.00%	39.50%			
	6	0.70%	45.00%	34.50%			
	7	0.80%	46.00%	69.50%			
	8	0.70%	50.00%	59.40%			
	9	0.60%	55.00%	54.30%			
	10	0.00%	60.00%	89.10%			
	11	0.90%	41.00%	79.10%			
	12	0.80%	37.50%	69.20%			
	13	0.70%	37.00%	59.30%			
	14	0.60%	36.00%	54.40%			
	15	0.00%	35.00%	50.00%			
	Método Gráfico	1	1.46%	98.54%			
2		1.36%	91.98%	6.66%			
3		1.27%	85.42%	13.31%			
4		1.16%	78.55%	20.28%			
5		1.07%	72.30%	26.63%			

Fuente: Propia

Interpretación tabla 21 Especificaciones Capa Sub Base

Método Triángulo de Feret (A): Este método mostró diferencias no significativas en la mayoría de los tamaños de partícula analizados en comparación con los otros métodos. Parece ser consistente y confiable en la medición del tamaño de partícula.

Método Gráfico (C): Aunque también mostró diferencias no significativas en la mayoría de los tamaños de partícula, en comparación con el método Triángulo de Feret, mostró algunas variaciones en los tamaños de partícula de 1" y 3/8", lo que sugiere que podría ser ligeramente menos preciso en esos casos.

Método Granulométrico (B): Este método mostró diferencias significativas en varios tamaños de partícula (como en 1" y 3/8"), lo que indica que podría no ser tan preciso como los otros métodos en la medición del tamaño de partícula y basándonos en los nuevos resultados, el método Triángulo de Feret sigue siendo el más confiable y consistente en la medición del tamaño de partícula, seguido por el método gráfico. El método granulométrico mostró más variaciones y diferencias significativas en comparación con los otros dos métodos. El orden de efectividad de los métodos de análisis granulométrico:

1. Método Triángulo de Feret
2. Método Gráfico

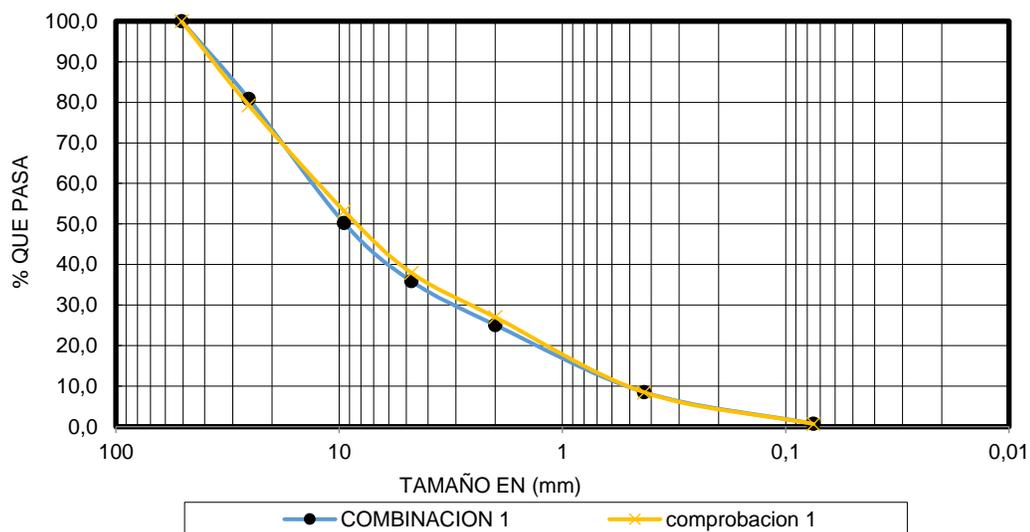
3. Método Granulométrico

Estas especificaciones son recomendaciones basadas en los resultados encontrados y combinaciones que se recomienda usar, para capa sub base. Considerando las variaciones que se tiene entre métodos y se puede observar que en esta especificación se obtuvo mayores resultados por contener porcentajes que se adecuan para la capa sub base y combinaciones analizadas que se pueden recomendar.

4.5.1.4 Curvas Granulométricas Capa Sub Base Método Triangulo De Feret

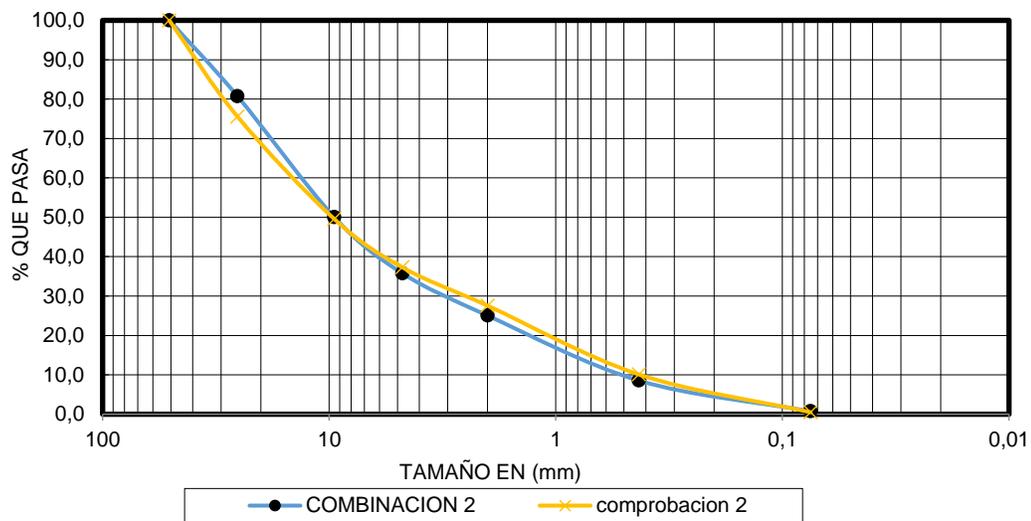
4.5.1.4.1 Combinación 1 Y Comprobación 1

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	80,87	79,27	80,06	80,07	1,13	1,28
3/8"	50,23	53,18	51,69	51,71	2,09	4,35
Nº4	35,90	37,97	36,92	36,94	1,46	2,13
Nº10	25,10	27,02	26,04	26,06	1,36	1,85
Nº40	8,51	8,48	8,49	8,49	0,02	0,00
Nº200	0,72	0,67	0,70	0,70	0,04	0,00



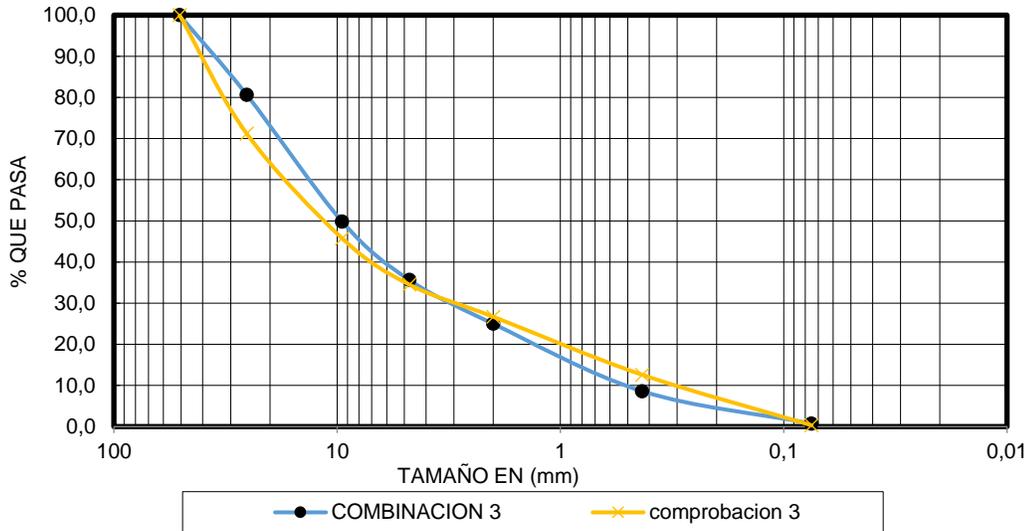
4.5.1.4.2 Combinación 2 Y Comprobación 2

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,0	100,0	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,0	100,0	0,00	0,00
1"	80,75	75,57	78,1	78,2	3,66	13,42
3/8"	50,03	49,56	49,8	49,8	0,33	0,11
Nº4	35,77	37,28	36,5	36,5	1,06	1,13
Nº10	25,05	27,56	26,3	26,3	1,78	3,16
Nº40	8,55	10,10	9,3	9,3	1,10	1,20
Nº200	0,73	0,50	0,6	0,6	0,16	0,03



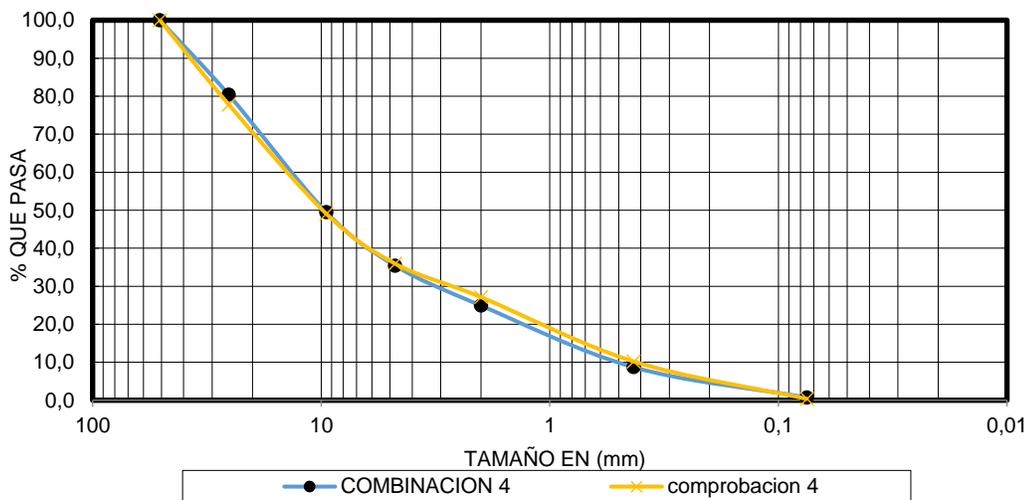
4.5.1.4.3 Combinación 3 Y Comprobación 3

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	80,64	71,19	75,77	75,92	6,68	44,63
3/8"	49,83	45,75	47,75	47,79	2,89	8,33
Nº4	35,64	34,52	35,07	35,08	0,79	0,63
Nº10	24,99	26,70	25,84	25,85	1,21	1,46
Nº40	8,60	12,59	10,40	10,59	2,82	7,97
Nº200	0,73	0,32	0,48	0,52	0,29	0,08



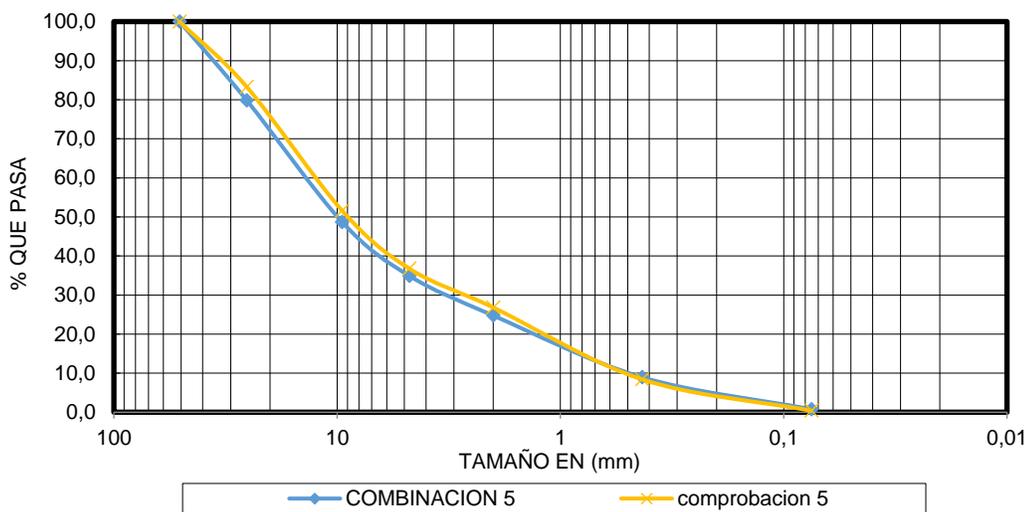
4.5.1.4.4 Combinação 4 Y Comprovação 4

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 1/2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	80,40	77,83	79,11	79,12	1,82	3,30
3/8"	49,47	49,07	49,27	49,27	0,28	0,08
Nº4	35,41	35,94	35,67	35,68	0,38	0,14
Nº10	24,91	27,14	26,00	26,03	1,58	2,48
Nº40	8,70	10,22	9,43	9,46	1,08	1,16
Nº200	0,74	0,37	0,52	0,55	0,26	0,07



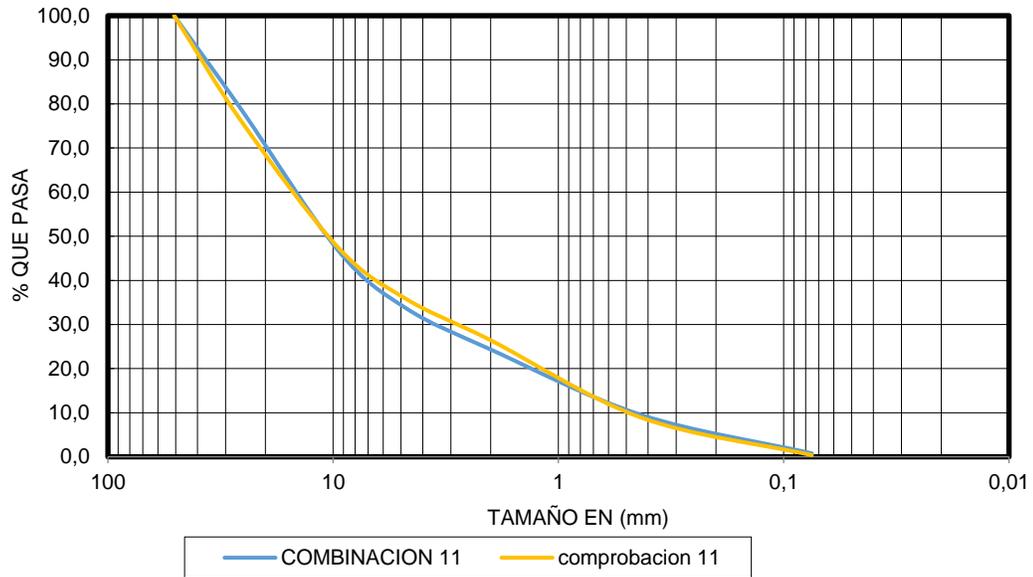
4.5.1.4.5 Combinación 5 Y Comprobación 5

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	79,84	83,28	81,54	81,56	2,43	5,93
3/8"	48,69	51,60	50,12	50,14	2,05	4,21
Nº4	34,92	36,76	35,83	35,84	1,31	1,71
Nº10	24,75	26,81	25,76	25,78	1,46	2,12
Nº40	8,94	8,39	8,66	8,67	0,39	0,15
Nº200	0,75	0,38	0,53	0,56	0,26	0,07



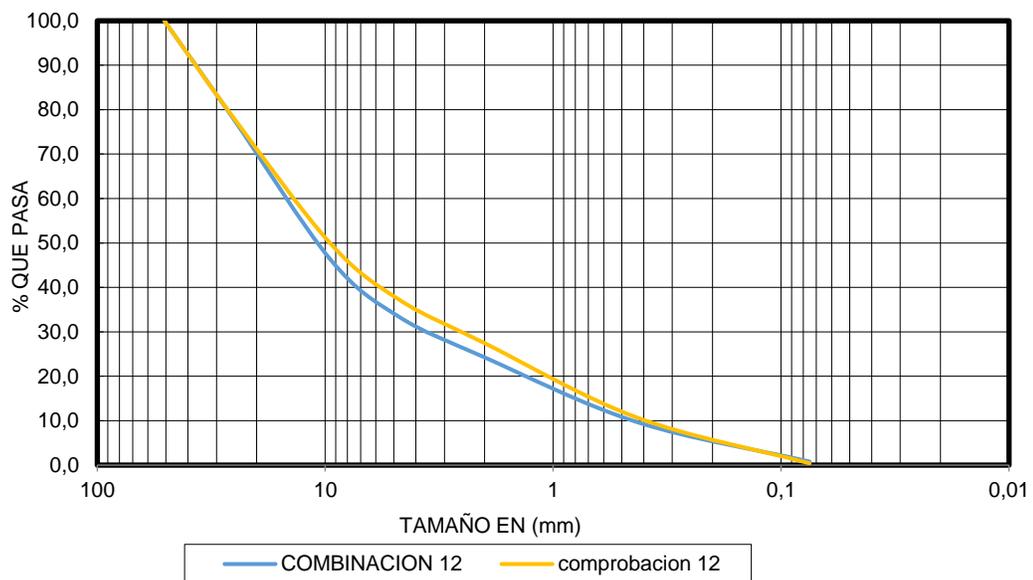
4.5.1.4.6 Combinación 11 Y Comprobación 11

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	78,52	75,87	77,18	77,19	1,87	3,51
3/8"	46,77	47,42	47,09	47,10	0,46	0,21
Nº4	33,69	35,81	34,73	34,75	1,50	2,24
Nº10	24,33	26,43	25,36	25,38	1,48	2,20
Nº40	9,52	8,90	9,20	9,21	0,44	0,19
Nº200	0,78	0,37	0,54	0,57	0,29	0,08



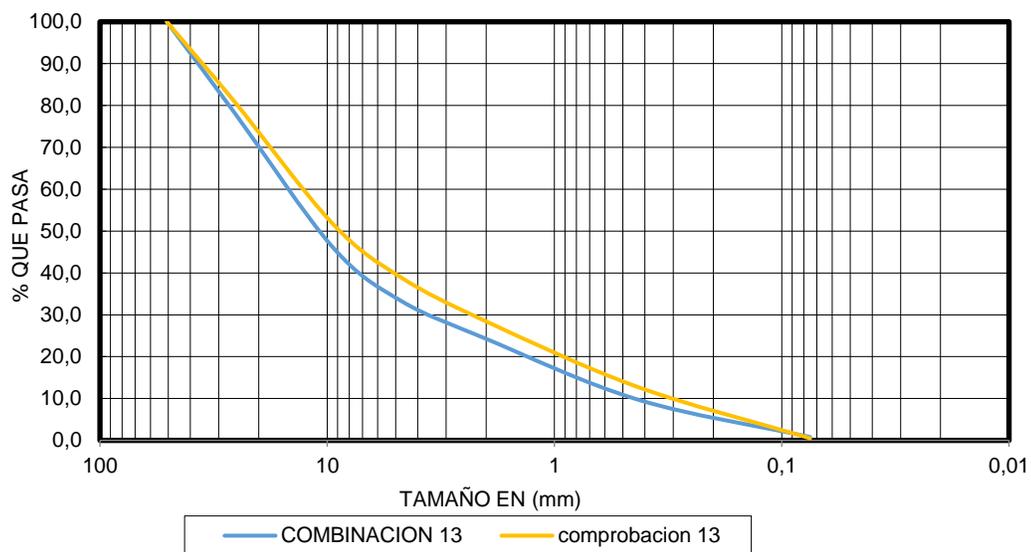
4.5.1.4.7 Combinación 12 Y Comprobacion 12

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	78,11	78,38	78,24	78,24	0,19	0,04
3/8"	46,30	49,90	48,07	48,10	2,54	6,48
Nº4	33,40	37,26	35,28	35,33	2,73	7,48
Nº10	24,26	27,46	25,81	25,86	2,26	5,13
Nº40	9,71	10,72	10,20	10,22	0,72	0,51
Nº200	0,79	0,40	0,56	0,60	0,28	0,08



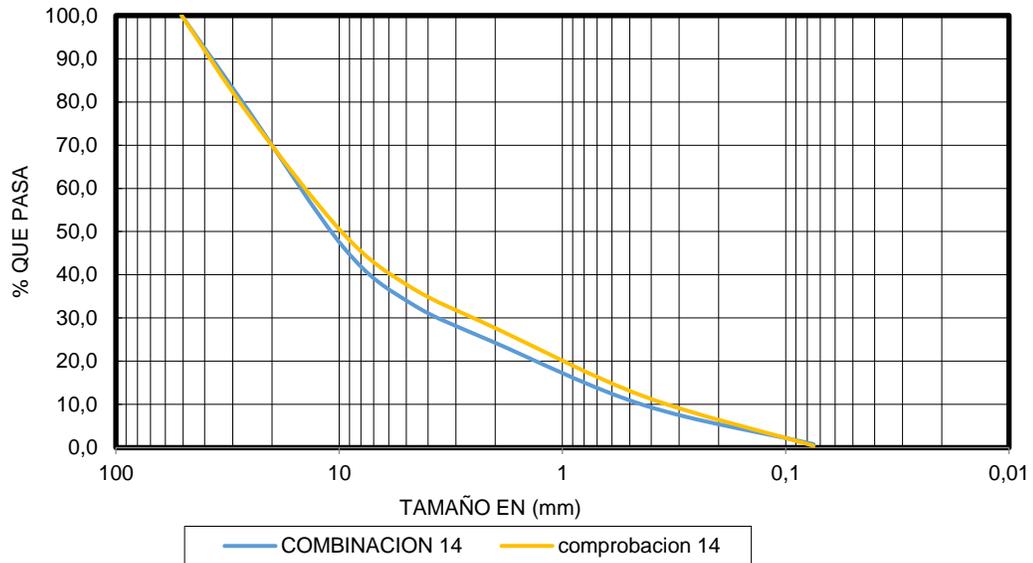
4.5.1.4.8 Combinación 13 Y Comprobación 13

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	78,04	80,71	79,36	79,38	1,88	3,55
3/8"	46,27	51,86	48,98	49,06	3,95	15,61
Nº4	33,38	38,97	36,07	36,18	3,95	15,63
Nº10	24,27	28,44	26,27	26,35	2,94	8,67
Nº40	9,75	12,76	11,15	11,25	2,13	4,53
Nº200	0,79	0,50	0,63	0,65	0,20	0,04



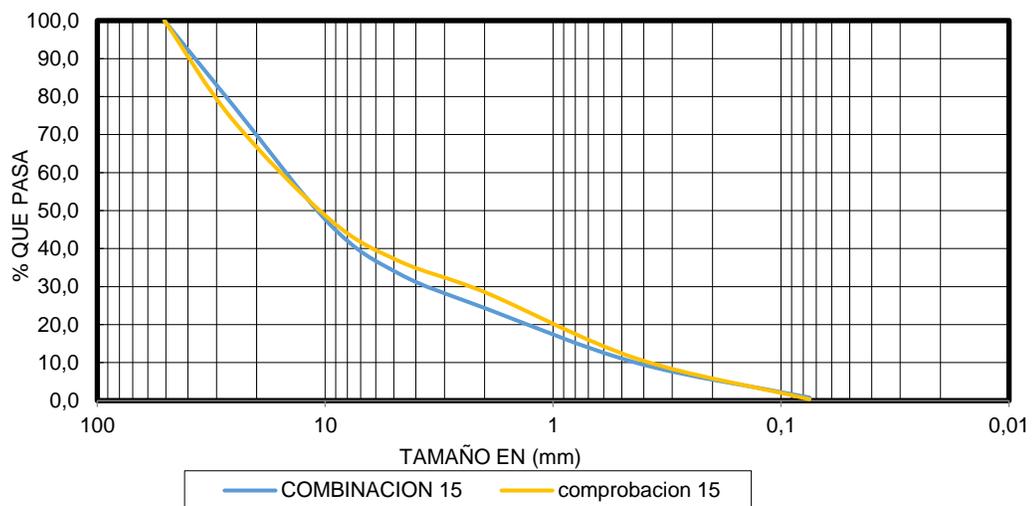
4.5.1.4.9 Combinación 14 Y Comprobación 14

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	77,92	77,05	77,48	77,49	0,61	0,37
3/8"	46,16	49,31	47,71	47,74	2,23	4,96
Nº4	33,32	37,06	35,14	35,19	2,64	6,99
Nº10	24,27	27,68	25,92	25,97	2,41	5,83
Nº40	9,81	11,83	10,77	10,82	1,43	2,04
Nº200	0,80	0,42	0,58	0,61	0,27	0,07



4.5.1.4.10 Combinación 15 Y Comprobación 15

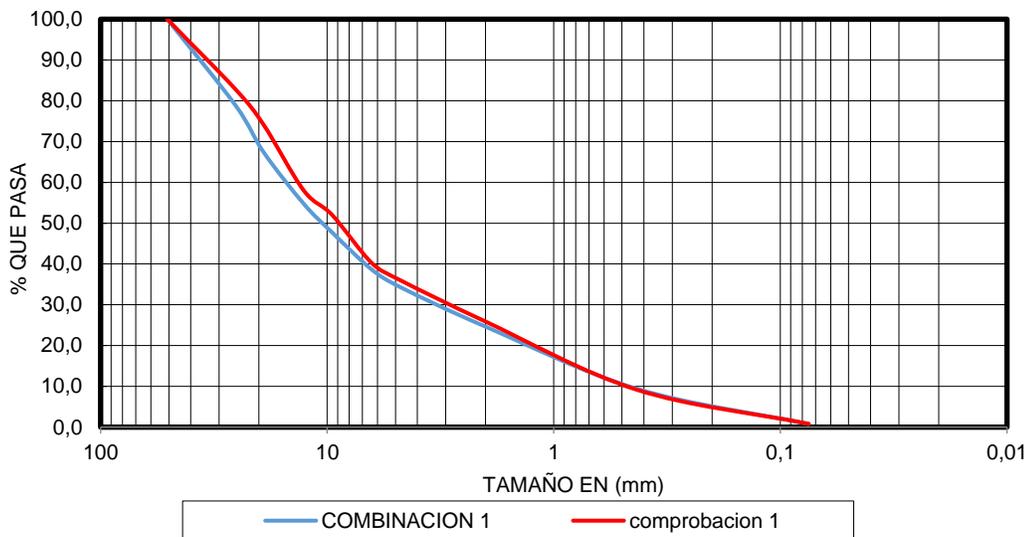
Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	77,74	73,83	75,76	75,78	2,77	7,65
3/8"	46,26	47,55	46,90	46,91	0,91	0,82
Nº4	33,41	36,73	35,03	35,07	2,35	5,52
Nº10	24,38	28,56	26,39	26,47	2,95	8,71
Nº40	9,93	11,06	10,48	10,50	0,80	0,64
Nº200	0,81	0,36	0,54	0,58	0,32	0,10



4.5.1.5 Curvas Granulométricas Capa Sub Base Granulométrico

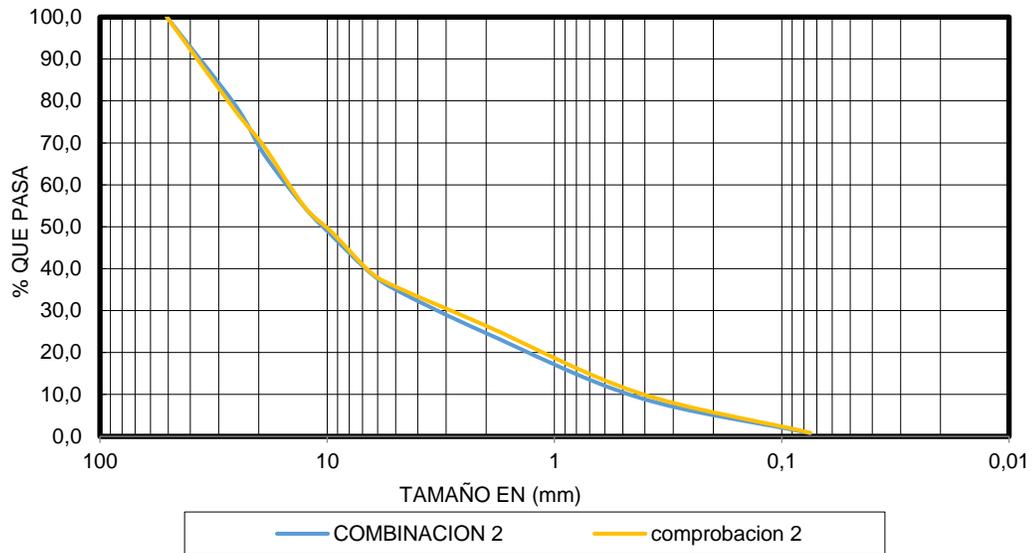
4.5.1.5.1 Combinación 1 Y Comprobación 1

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	78,89	82,82	80,83	80,85	2,78	7,72
3/8"	47,69	51,98	49,79	49,83	3,04	9,22
Nº4	34,30	35,99	35,13	35,14	1,19	1,43
Nº10	24,63	25,88	25,25	25,25	0,88	0,78
Nº40	9,40	9,17	9,29	9,29	0,17	0,03
Nº200	0,78	0,80	0,79	0,79	0,02	0,00



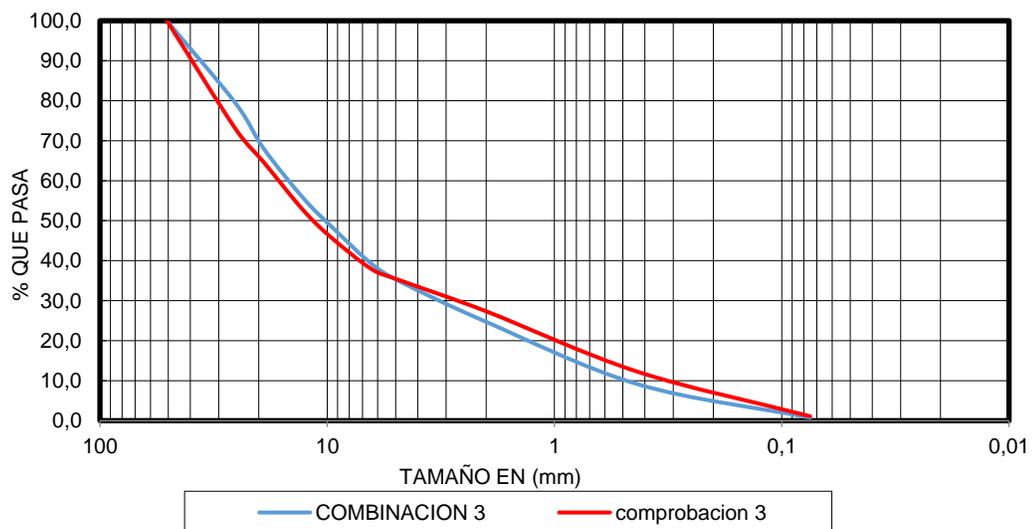
4.5.1.5.2 Combinación 2 Y Comprobación 2

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	79,01	77,68	78,34	78,35	0,94	0,89
3/8"	47,79	48,61	48,20	48,20	0,58	0,33
Nº4	34,36	35,16	34,76	34,76	0,57	0,32
Nº10	24,63	26,38	25,49	25,51	1,23	1,52
Nº40	9,34	10,45	9,88	9,90	0,78	0,61
Nº200	0,77	0,86	0,81	0,82	0,06	0,00



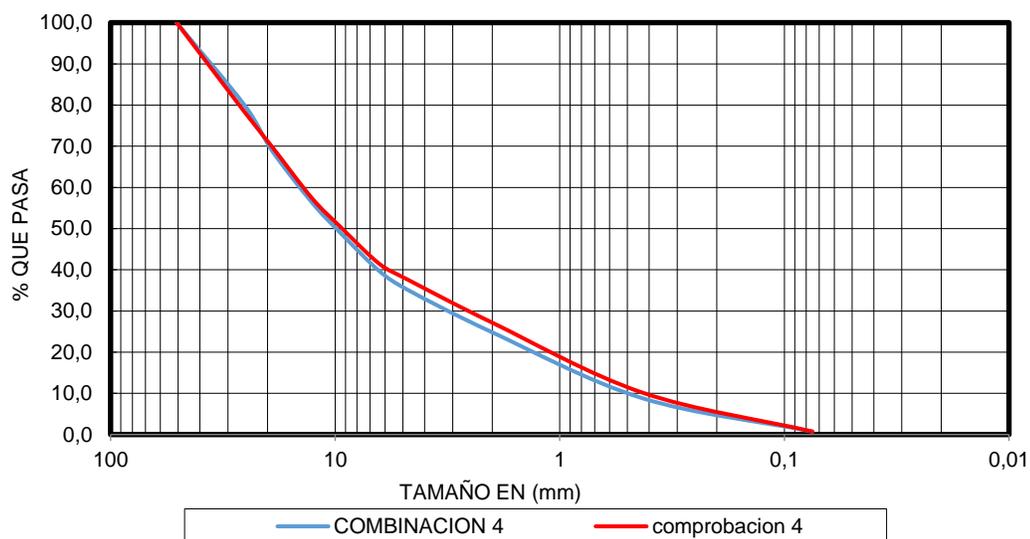
4.5.1.5.3 Combinación 3 Y Comprobación 3

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	79,48	73,08	76,21	76,28	4,53	20,50
3/8"	48,34	45,58	46,94	46,96	1,95	3,81
Nº4	34,70	35,02	34,86	34,86	0,23	0,05
Nº10	24,72	27,36	26,00	26,04	1,87	3,48
Nº40	9,12	12,23	10,56	10,68	2,20	4,82
Nº200	0,76	1,11	0,92	0,94	0,25	0,06



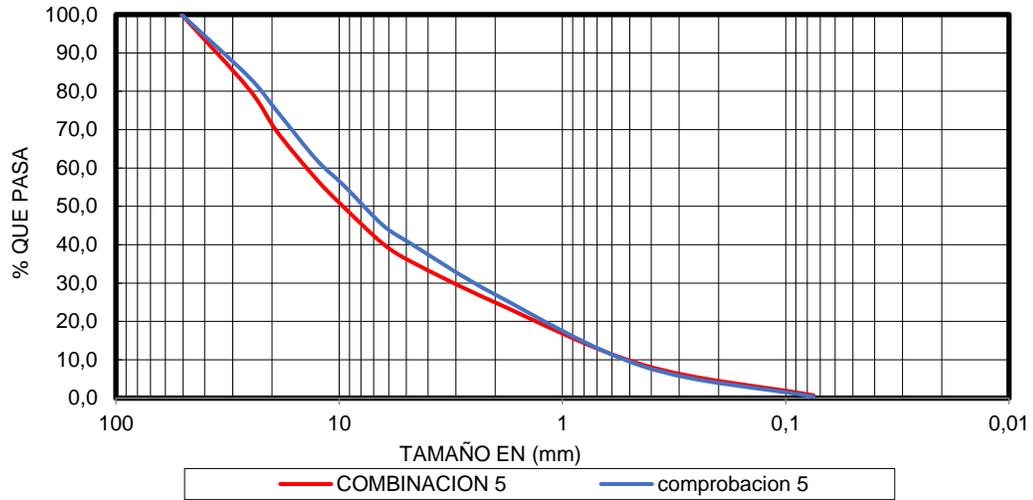
4.5.1.5.4 Combinación 4 Y Comprobación 4

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	80,06	78,41	79,23	79,24	1,16	1,35
3/8"	49,03	50,47	49,75	49,75	1,02	1,05
Nº4	35,13	37,61	36,35	36,37	1,76	3,08
Nº10	24,83	27,18	25,98	26,00	1,66	2,75
Nº40	8,85	10,20	9,50	9,53	0,96	0,91
Nº200	0,74	0,74	0,74	0,74	0,01	0,00



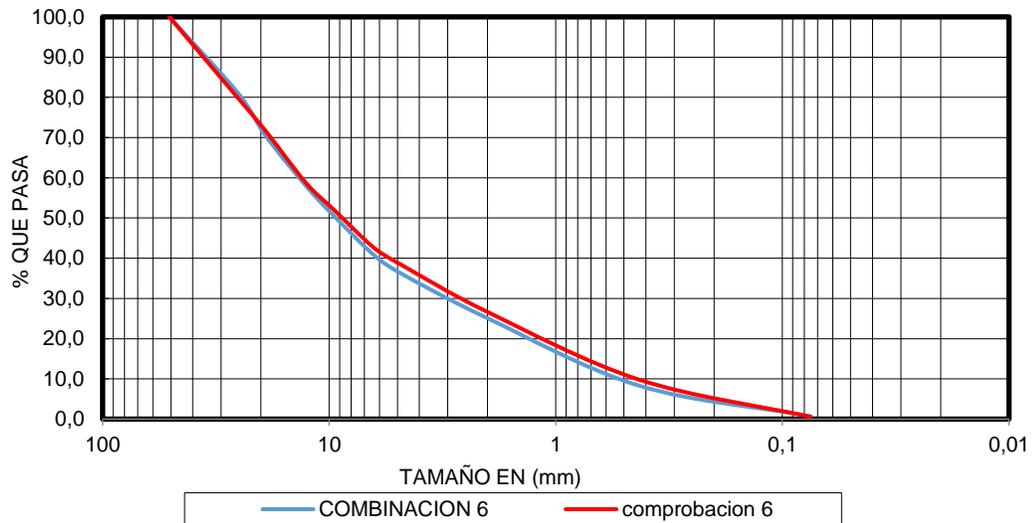
4.5.1.5.5 Combinación 5 Y Comprobación 5

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	80,64	83,75	82,18	82,19	2,20	4,84
3/8"	49,72	55,37	52,47	52,54	3,99	15,96
Nº4	35,56	40,20	37,81	37,88	3,28	10,76
Nº10	24,94	27,00	25,95	25,97	1,45	2,11
Nº40	8,58	8,18	8,38	8,38	0,28	0,08
Nº200	0,73	0,36	0,51	0,55	0,26	0,07



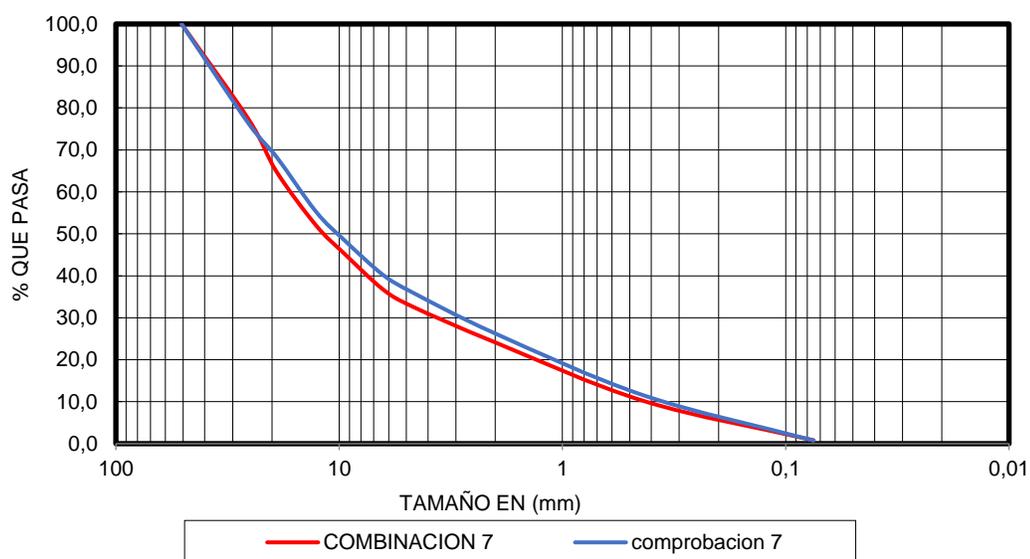
4.5.1.5.6 Combinación 6 Y Comprobación 6

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	81,21	79,98	80,59	80,59	0,87	0,75
3/8"	50,45	51,96	51,20	51,21	1,07	1,15
Nº4	36,02	38,20	37,09	37,11	1,54	2,37
Nº10	25,08	26,63	25,84	25,85	1,10	1,21
Nº40	8,32	9,83	9,05	9,08	1,06	1,13
Nº200	0,71	0,56	0,63	0,64	0,11	0,01



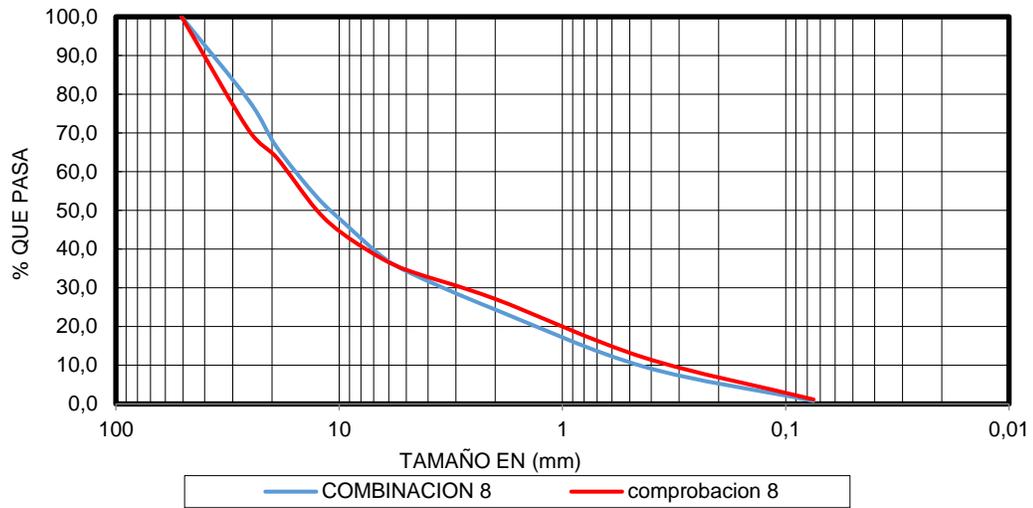
4.5.1.5.7 Combinación 7 Y Comprobación 7

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	77,22	76,22	76,72	76,72	0,71	0,51
3/8"	45,33	48,54	46,90	46,93	2,27	5,16
Nº4	32,80	36,18	34,45	34,49	2,39	5,73
Nº10	24,13	26,25	25,17	25,19	1,50	2,26
Nº40	10,13	11,47	10,78	10,80	0,94	0,89
Nº200	0,82	0,76	0,79	0,79	0,04	0,00



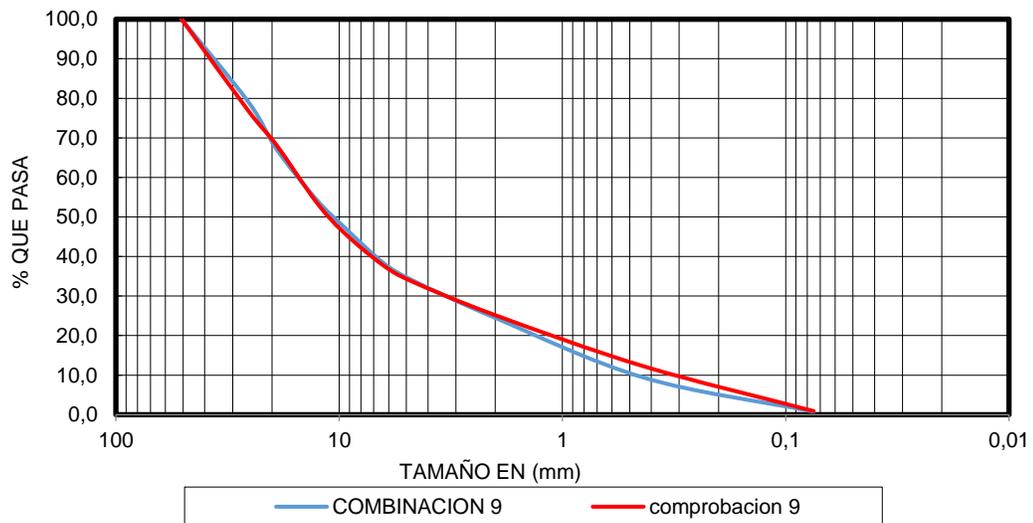
4.5.1.5.8 Combinación 8 Y Comprobación 8

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	78,37	70,69	74,43	74,53	5,43	29,53
3/8"	46,75	43,71	45,21	45,23	2,15	4,61
Nº4	33,69	34,16	33,93	33,93	0,34	0,11
Nº10	24,38	27,11	25,71	25,74	1,93	3,74
Nº40	9,60	11,96	10,72	10,78	1,66	2,77
Nº200	0,79	1,15	0,95	0,97	0,26	0,07



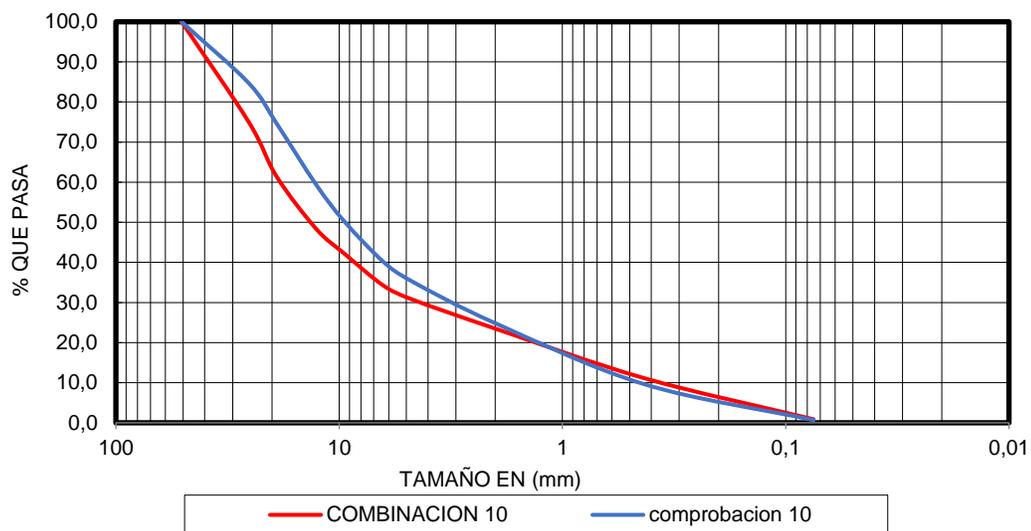
4.5.1.5.9 Combinación 9 Y Comprobación 9

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	78,95	76,69	77,81	77,82	1,60	2,56
3/8"	47,44	45,99	46,71	46,72	1,02	1,05
Nº4	34,12	33,76	33,94	33,94	0,25	0,06
Nº10	24,49	25,18	24,83	24,83	0,49	0,24
Nº40	9,33	12,19	10,67	10,76	2,02	4,08
Nº200	0,77	0,91	0,84	0,84	0,10	0,01



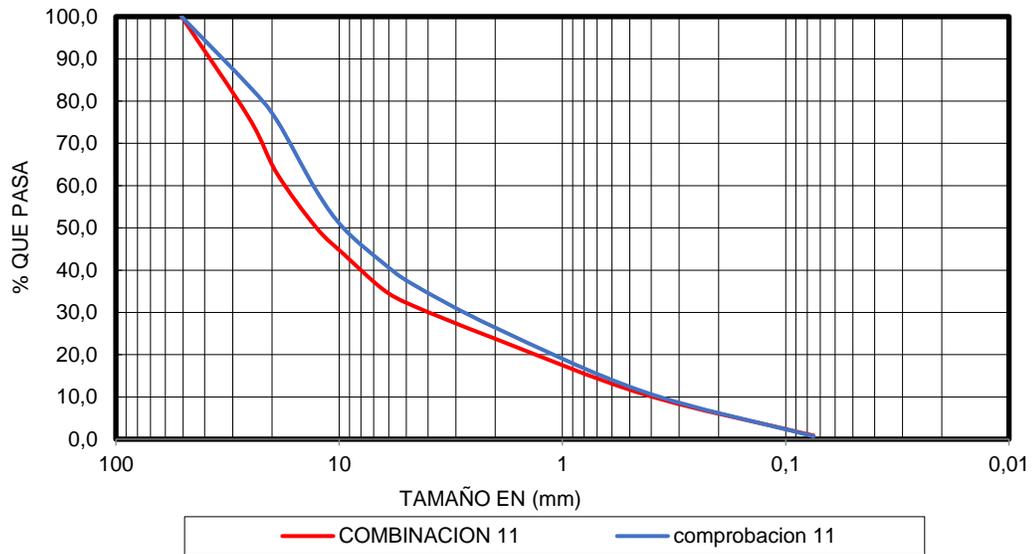
4.5.1.5.10 Combinación 10 Y Comprobación 10

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	74,99	84,70	79,70	79,84	6,86	47,09
3/8"	42,23	50,28	46,08	46,25	5,69	32,34
Nº4	30,83	35,36	33,02	33,09	3,20	10,23
Nº10	23,49	24,84	24,16	24,17	0,95	0,91
Nº40	11,12	9,63	10,35	10,37	1,05	1,11
Nº200	0,87	0,68	0,77	0,77	0,14	0,02



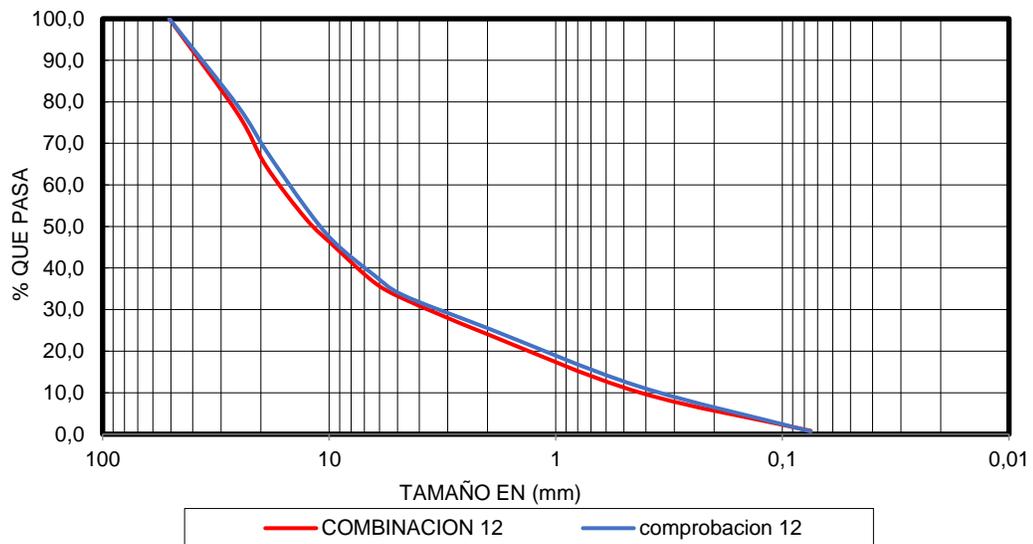
4.5.1.5.11 Combinación 11 Y Comprobación 11

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	76,13	83,62	79,79	79,88	5,30	28,08
3/8"	43,70	49,78	46,64	46,74	4,30	18,47
Nº4	31,75	36,86	34,21	34,31	3,61	13,01
Nº10	23,76	26,40	25,05	25,08	1,86	3,48
Nº40	10,60	11,19	10,89	10,89	0,41	0,17
Nº200	0,84	0,68	0,75	0,76	0,12	0,01



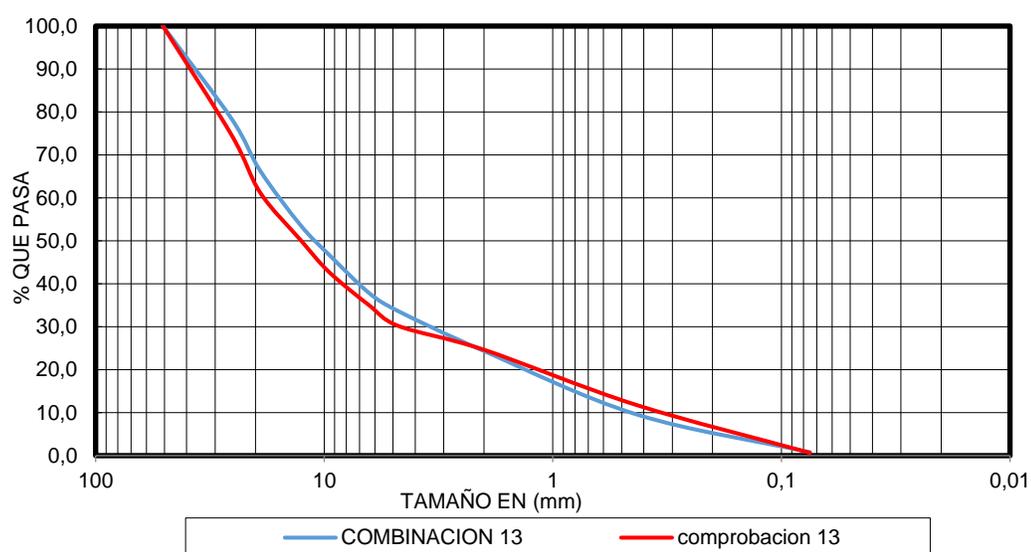
4.5.1.5.12 Combinación 12 Y Comprobación 12

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	77,26	79,11	78,18	78,18	1,31	1,72
3/8"	45,20	46,23	45,71	45,72	0,73	0,53
Nº4	32,71	33,53	33,12	33,12	0,59	0,34
Nº10	24,06	25,52	24,78	24,79	1,04	1,07
Nº40	10,10	11,50	10,78	10,80	0,99	0,99
Nº200	0,81	0,67	0,74	0,74	0,10	0,01



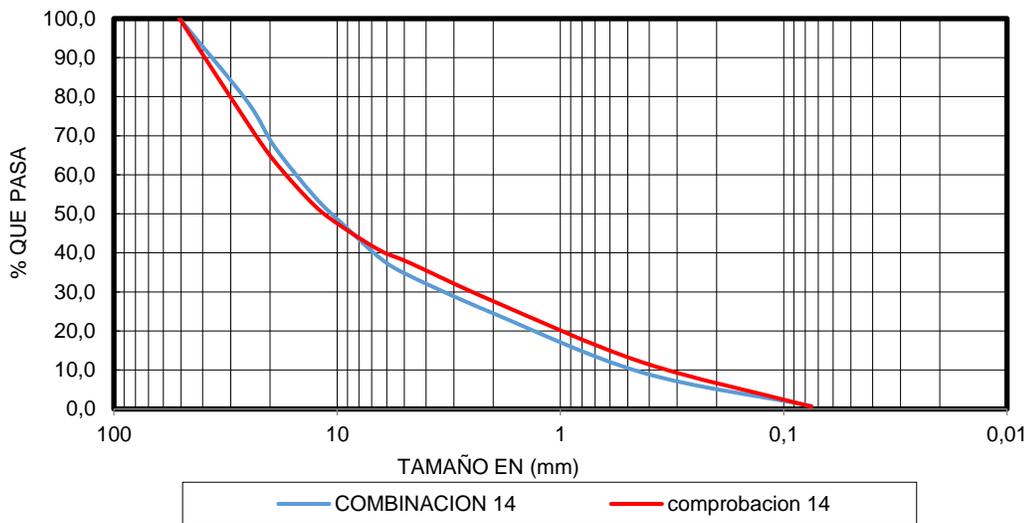
4.5.1.5.13 Combinación 13 Y Comprobación 13

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	78,38	74,60	76,47	76,49	2,68	7,17
3/8"	46,71	42,68	44,65	44,70	2,85	8,10
Nº4	33,66	30,21	31,89	31,93	2,44	5,94
Nº10	24,35	24,65	24,50	24,50	0,21	0,04
Nº40	9,59	11,78	10,63	10,69	1,55	2,40
Nº200	0,78	0,66	0,72	0,72	0,09	0,01



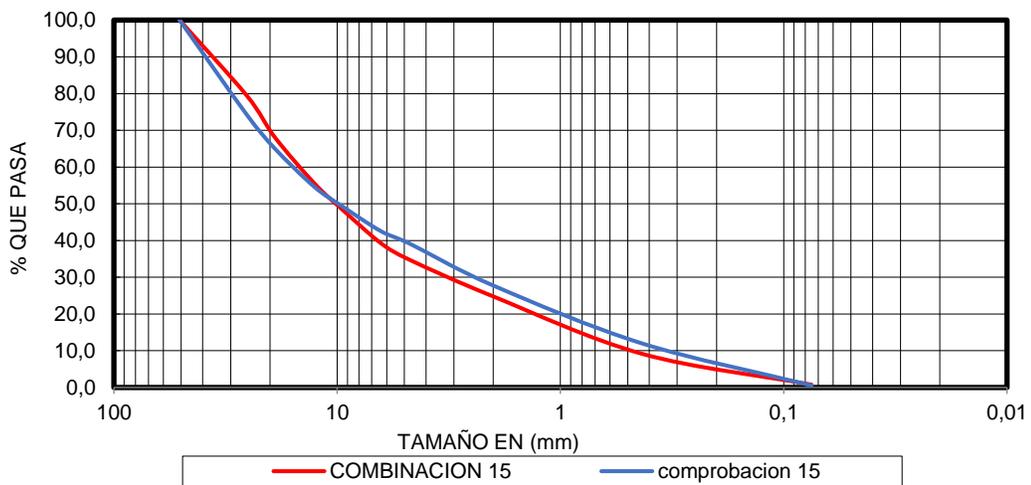
4.5.1.5.14 Combinación 14 Y Comprobación 14

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	78,94	73,54	76,19	76,24	3,82	14,60
3/8"	47,48	46,67	47,07	47,07	0,57	0,33
Nº4	34,15	37,48	35,77	35,81	2,35	5,54
Nº10	24,51	27,63	26,02	26,07	2,20	4,85
Nº40	9,35	11,98	10,58	10,66	1,86	3,46
Nº200	0,77	0,60	0,68	0,69	0,12	0,01



4.5.1.5.15 Combinación 15 Y Comprobación 15

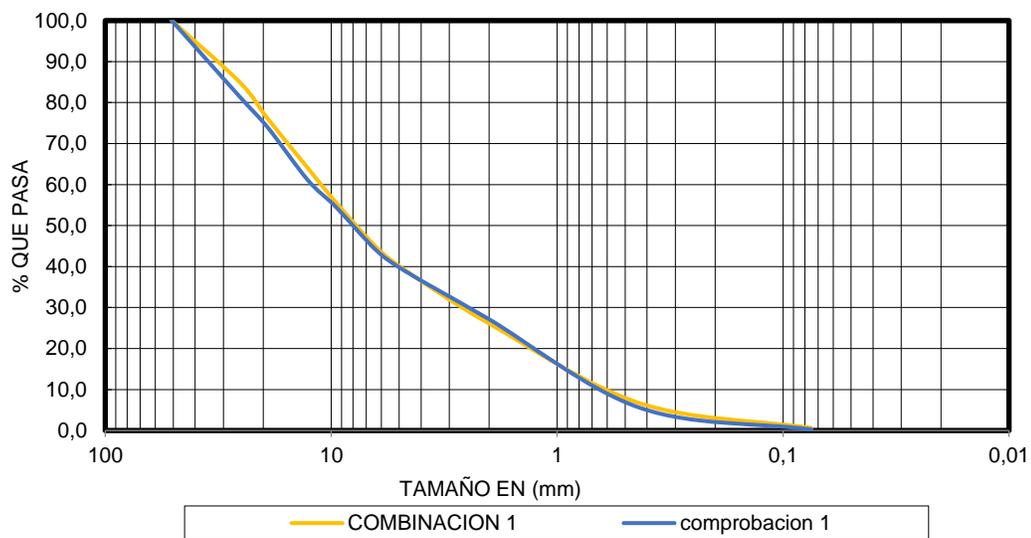
Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	79,45	74,25	76,81	76,85	3,67	13,49
3/8"	48,46	49,33	48,89	48,90	0,62	0,38
Nº4	34,79	39,20	36,93	36,99	3,12	9,71
Nº10	24,79	27,75	26,23	26,27	2,10	4,39
Nº40	9,16	11,98	10,47	10,57	2,00	3,98
Nº200	0,76	0,56	0,65	0,66	0,15	0,02



4.5.1.6 Curvas Granulométricas Capa Sub Base Grafico

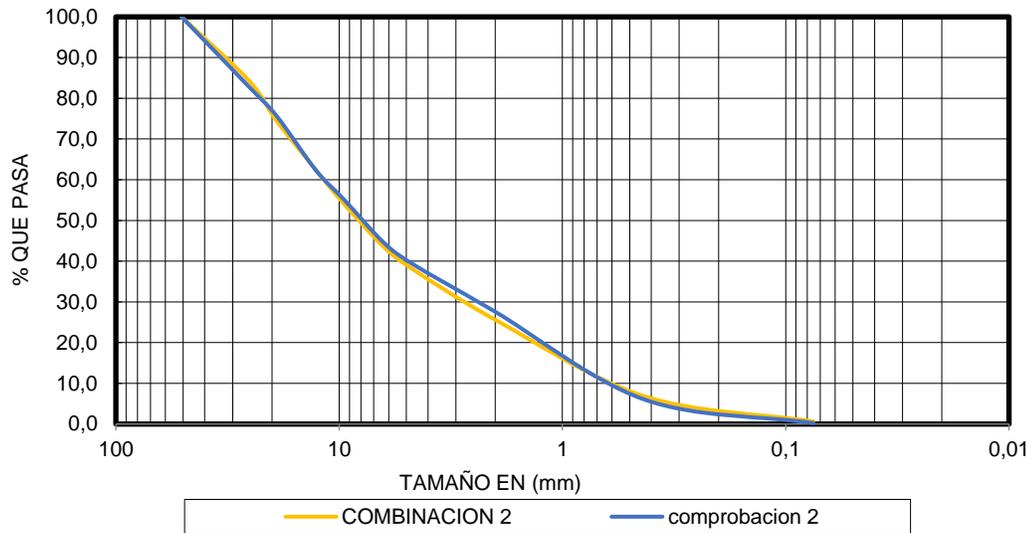
4.5.1.6.1 Combinación 1 Y Comprobación 1

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	84,97	81,42	83,17	83,19	2,51	6,31
3/8"	55,57	54,45	55,00	55,01	0,79	0,63
Nº4	39,26	39,02	39,14	39,14	0,17	0,03
Nº10	26,10	27,14	26,62	26,62	0,73	0,53
Nº40	6,65	5,54	6,07	6,09	0,79	0,62
Nº200	0,62	0,26	0,40	0,44	0,25	0,06



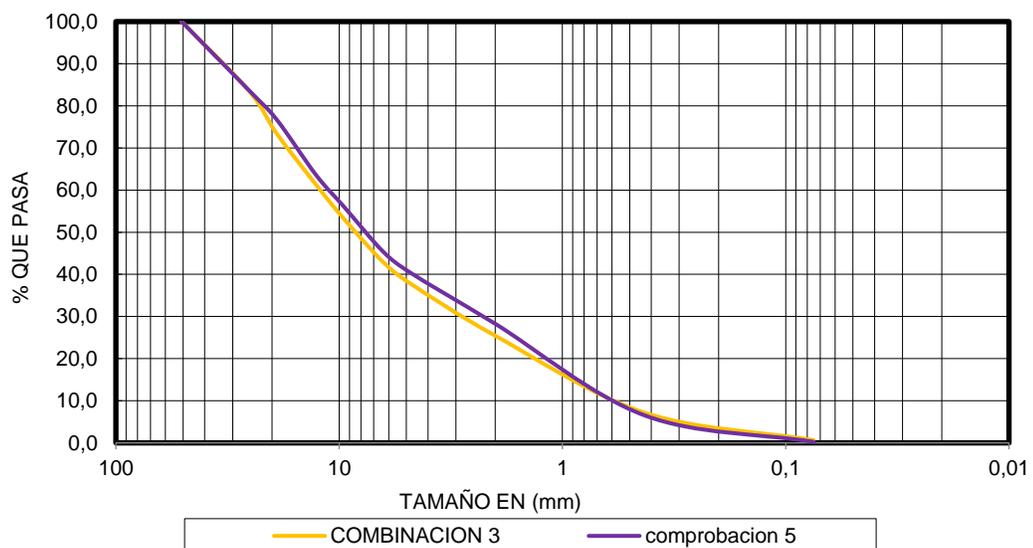
4.5.1.6.2 Combinación 2 Y Comprobación 2

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	84,37	82,88	83,62	83,62	1,06	1,12
3/8"	54,05	55,10	54,57	54,57	0,75	0,56
Nº4	38,25	39,49	38,86	38,87	0,88	0,78
Nº10	25,61	27,58	26,57	26,59	1,39	1,94
Nº40	6,83	6,04	6,42	6,43	0,56	0,32
Nº200	0,63	0,24	0,39	0,43	0,27	0,07



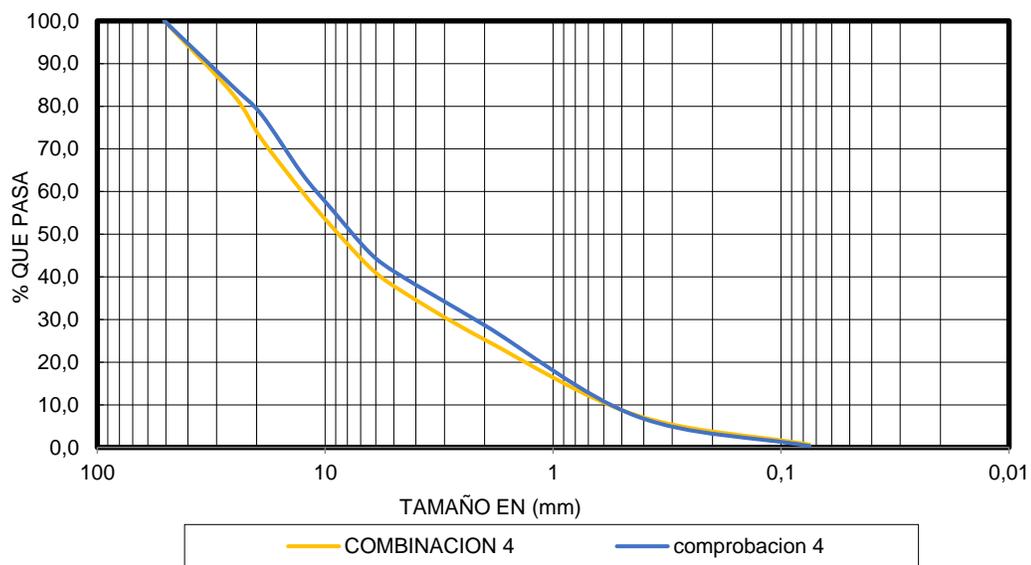
4.5.1.6.3 Combinación 3 Y Comprobación 3

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	83,61	83,73	83,67	83,67	0,08	0,01
3/8"	53,13	56,01	54,55	54,57	2,04	4,17
Nº4	37,67	40,25	38,94	38,96	1,82	3,32
Nº10	25,45	28,28	26,83	26,87	2,00	3,99
Nº40	7,18	6,56	6,86	6,87	0,44	0,19
Nº200	0,65	0,25	0,40	0,45	0,28	0,08



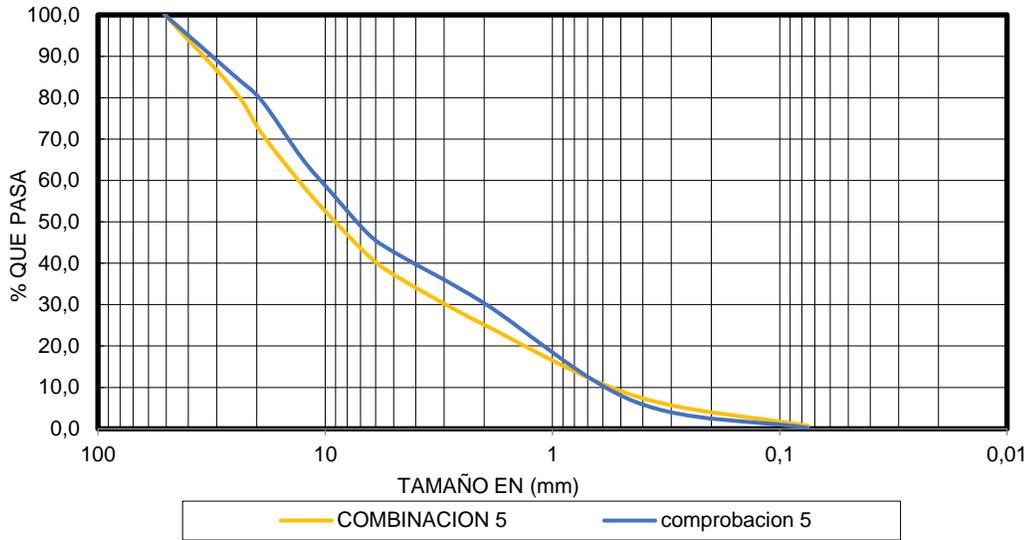
4.5.1.6.4 Combinación 4 Y Comprobación 4

Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	82,82	84,61	83,71	83,71	1,26	1,59
3/8"	52,16	56,26	54,17	54,21	2,90	8,39
Nº4	37,07	40,54	38,77	38,81	2,46	6,03
Nº10	25,29	28,67	26,93	26,98	2,39	5,72
Nº40	7,55	7,31	7,43	7,43	0,17	0,03
Nº200	0,67	0,32	0,46	0,49	0,25	0,06



4.5.1.6.5 Combinación 5 Y Comprobación 5

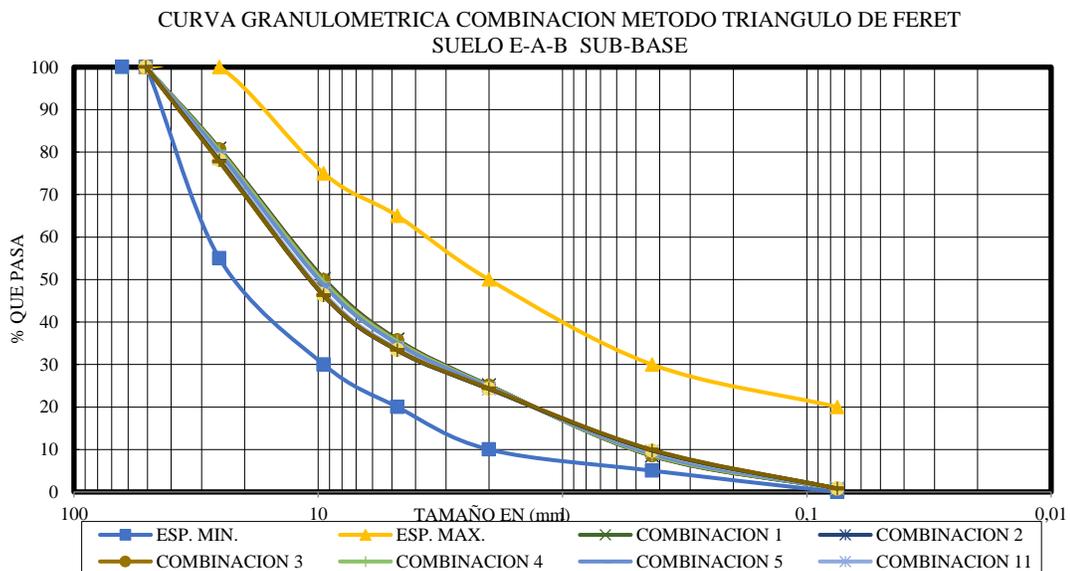
Tamiz	COMBINACION	COMPROBACION	MEDIA	MEDIANA	DESVIACION ESTANDAR	VARIANZA
2 ½"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2"	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1"	82,10	85,52	83,79	83,81	2,42	5,86
3/8"	51,28	57,36	54,24	54,32	4,30	18,46
Nº4	36,52	42,02	39,18	39,27	3,89	15,14
Nº10	25,14	30,36	27,63	27,75	3,69	13,64
Nº40	7,88	6,48	7,15	7,18	0,99	0,98
Nº200	0,69	0,18	0,36	0,44	0,36	0,13



Las granulometrías determinadas para los análisis fueron seleccionadas para determinar su mejor funcionalidad en cada método y para cumplir con los requisitos mínimos para capa sub base de pavimento y mostrando las variaciones entre combinaciones.

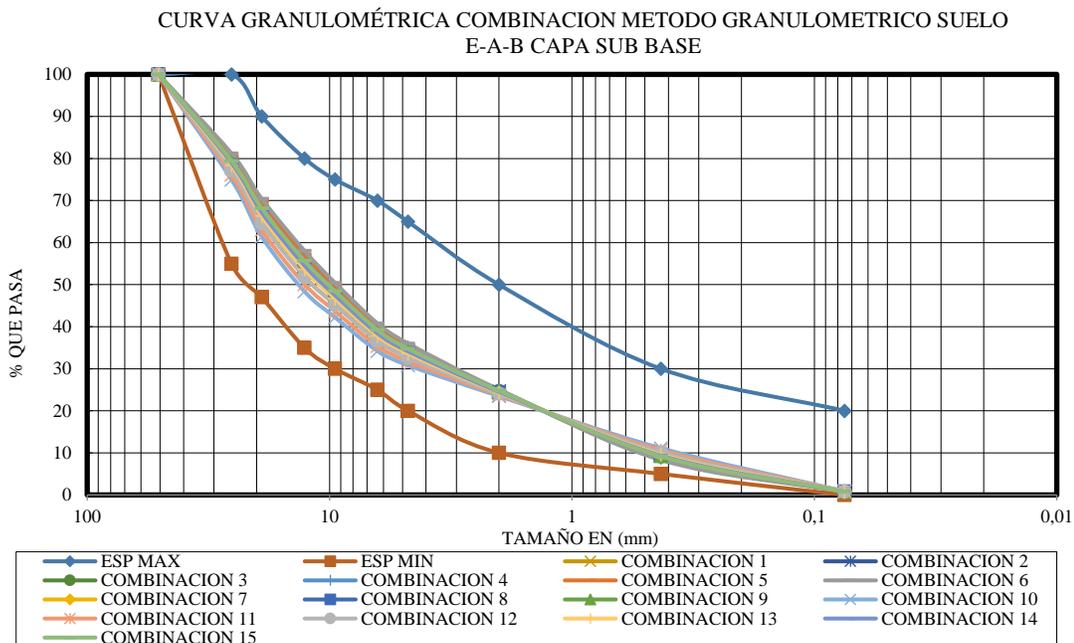
El uso de combinaciones adecuadas a la curva granulométrica de la norma ABC, a través de tres métodos distintos, permite optimizar el proceso de selección de materiales, asegurando que se cumplan los requisitos técnicos y de calidad. Esta estrategia no solo mejora la eficiencia del proceso constructivo.

Gráfico 42. Combinaciones adecuadas para capa Sub Base Método Triangulo de Feret



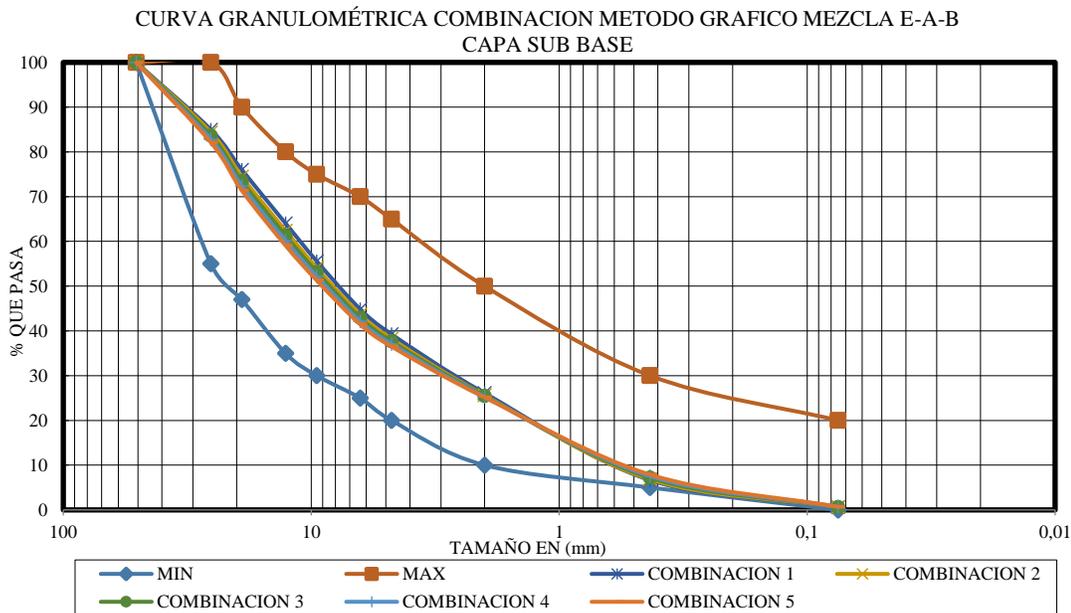
Fuente: Propia

Grafico 43. Combinaciones adecuadas para capa Sub Base método Granulométrico



Fuente: Propia

Grafico 44. Combinaciones adecuadas para capa Sub Base Método Grafico



Fuente: Propia

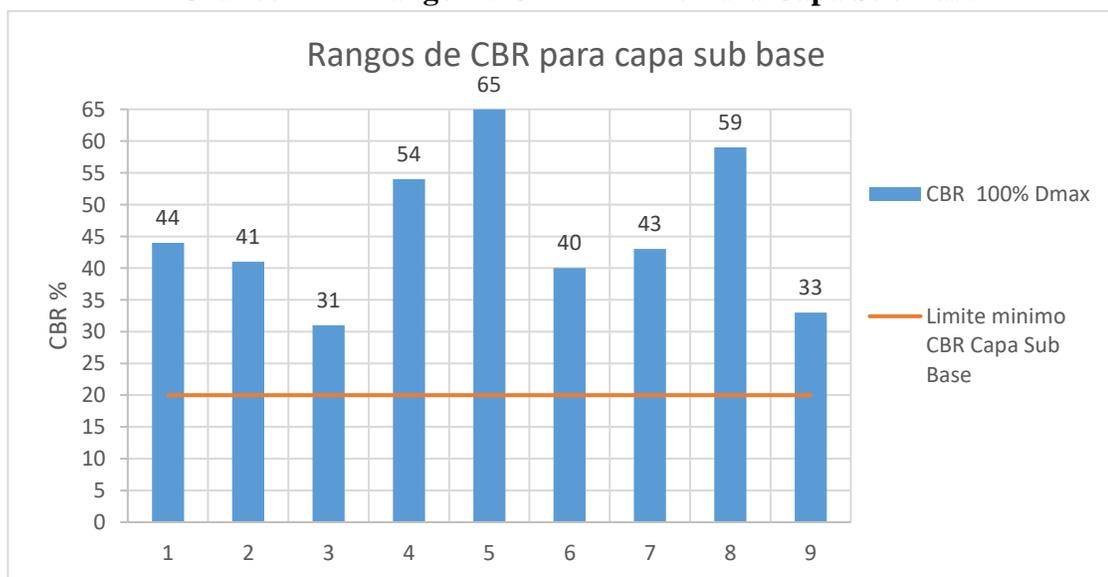
Tabla 22. Resultados De Estabilidad Capa Sub Base

Comb.	Método	Densidad máxima gr/cm ³ CSB	Humedad optima %	CBR 100%Dmax CSB	CBR 95%Dmax CSB
1	Triangulo De Feret	1,945	7,15	44	28
1	Granulométrico	2,088	5,00	41	26
1	Grafico	1,935	5,80	31	24
5	Triangulo De Feret	2,164	5,95	54	42
5	Granulométrico	2,162	5,62	65	43
5	Grafico	2,148	5,78	40	36
15	Triangulo De Feret	2,180	6,00	43	36
15	Granulométrico	2,088	5,00	59	39
3	Grafico	1,987	8,00	33	28

Fuente: Propia

Interpretación tabla 22. El grafico de rango CBR cumplen con el requerimiento mínimo de CBR de 20 y se observa que los diferentes métodos cumplen con el requerimiento de estabilidad.

Grafico 45. Rango De CBR Mínimo Para Capa Sub Base



Interpretación Grafico 45. Los resultados indican que todos los métodos evaluados cumplen con los requisitos de estabilidad para la capa sub base, con el método Granulométrico destacándose por su combinación de alta densidad y CBR. Esto sugiere que, al seleccionar el método más adecuado, se deben considerar no solo los valores de CBR, sino también la humedad óptima y la densidad máxima para garantizar el

rendimiento óptimo del material en condiciones de carga. La elección del método adecuado puede influir significativamente en la durabilidad y estabilidad

4.6 ANÁLISIS DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN GRANULOMÉTRICA

Método	Ventajas	Desventajas
Triángulo de Feret	<ul style="list-style-type: none"> • Visualización clara de proporciones • Cálculo sencillo • Estandarizado en ingeniería. • Útil para evaluación rápida de mezclas. • Fácil de implementar en campo 	<ul style="list-style-type: none"> • Menos precisión en suelos específicos. • Requiere experiencia para interpretación correcta.
Granulométrico	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis detallado de distribución de tamaños. • Amplia aplicabilidad. • Resultados cuantitativos. • Permite identificar características del suelo que afectan la estabilización. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesita equipamiento especializado. • Procedimiento laborioso y puede ser costoso. • Puede ser complicado para personal sin formación técnica. • Requiere tiempo considerable para la recolección y análisis de muestras.
Gráfico	<ul style="list-style-type: none"> • Facilita comparaciones visuales. • Identificación de patrones. • Interpretación subjetiva • Método rápido para evaluaciones preliminares 	<ul style="list-style-type: none"> • Menos precisión en cálculos críticos afectando la calidad de la mezcla

Cada método tiene sus ventajas y desventajas, siendo el método del Triángulo de Feret

adecuado para visualizaciones rápidas, el granulométrico ideal para análisis detallados, y el gráfico útil para comparaciones. La elección del método dependerá de las necesidades específicas del proyecto y los recursos disponibles.

Triángulo de Feret. Ideal para situaciones donde se necesita una evaluación rápida y visual. Sin embargo, su simplicidad puede llevar a omitir detalles importantes en suelos complejos.

Granulométrico. Es el más adecuado para análisis exhaustivos y precisos, aunque su uso puede ser limitado por el costo y la necesidad de personal capacitado. Ideal para proyectos que requieren datos precisos.

Gráfico. Aunque es un método rápido y visual, su dependencia de la interpretación puede llevar a errores si no se complementa con análisis más rigurosos.

4.7 ANÁLISIS DE COSTOS

Se calculó el costo por kilómetro de vía con un ancho de calzada igual a 15 m. Para esto se determinó la cantidad de m³ que representa cada material por kilómetro y se multiplicó por su costo unitario en m³.

Costo unitario de construcción de cada capa

Estructura de pavimento	unidad	Costo unitario (bs/m ³)
Base	m ³	262,79
Sub Base	m ³	260,88

$$\text{Base bs./km} = (15\text{m} \cdot 0.15\text{m} \cdot 1000\text{m}) \cdot (240.74 \text{ bs./m}^3)$$

$$\text{Sub-base bs./km} = (15\text{m} \cdot 0.15\text{m} \cdot 1000\text{m}) \cdot (191.15 \text{ bs./m}^3)$$

Costo unitario de construcción por capa por kilometro

Estructura de pavimento	unidad	Costo unitario (bs/km)
Base	m ³ /km	591277,5
Sub Base	m ³ /km	586980

Las planillas de análisis de precios unitarios se encuentran en el Anexo H.

El presupuesto por ítems y general de los ensayos es el siguiente:

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total (Bs)
1	Extracción y Transporte material	m ³	1	184,40	184,40
2	Granulometría Capa Sub Base método A,B,C	Muestra	1	136,92	136,92
3	Granulometría Capa Base método A,B,C	Muestra	1	136,92	136,92
4	Densidad y compactación T-180	Muestra	1	178,64	178,64
5	CBR en laboratorio Capa Sub Base	Muestra	1	374,22	374,22
6	CBR en laboratorio Capa Base	Muestra	1	374,22	374,22
TOTAL(Bs)					1385,31

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Tras realizar la comparación exhaustiva de los métodos del Triángulo de Feret, Granulométrico y Gráfico para la estabilización granulométrica de suelos aluviales en el valle central de Tarija, se puede concluir que se ha cumplido satisfactoriamente con el objetivo general y los objetivos específicos planteados en la investigación.

Con respecto al objetivo general, se buscaba comparar el desempeño de estos tres métodos en la determinación del tamaño de los materiales para su uso en la construcción de capas de base y sub-base de carreteras, los resultados obtenidos han permitido cumplir con esta meta. Se logró realizar un análisis detallado de cada uno de los métodos, evaluando su consistencia y confiabilidad en la medición del tamaño de partícula, así como su conformidad con las especificaciones técnicas establecidas.

En cuanto a los objetivos específicos, se puede concluir que también han sido alcanzados.

- Se realizó un estudio detallado de los métodos del Triángulo de Feret, Granulométrico y Gráfico, analizando sus principios, procedimientos y aplicaciones en la determinación del tamaño de partícula.
- Se seleccionaron zonas de muestreo en el valle central de Tarija, recolectando las muestras de suelos aluviales de manera adecuada.
- Se caracterizaron exhaustivamente las muestras seleccionadas, determinando sus propiedades físicas y granulométricas.
- Se aplicaron rigurosamente los tres métodos propuestos (Triángulo de Feret, Granulométrico y Gráfico) a las muestras caracterizadas.
- Se realizó un análisis estadístico minucioso de los resultados obtenidos, utilizando herramientas como análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey para determinar las diferencias significativas entre los métodos.
- Se estableció una especificación técnica de referencia para las capas de base y sub-base de carreteras, a fin de evaluar la conformidad de los materiales analizados con los requisitos técnicos observando sus ventajas y desventajas de cada método.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey para determinar las diferencias significativas entre los métodos, identificando específicamente entre cuáles de

ellos existen diferencias estadísticamente relevantes. Además, se llevó a cabo un análisis de estadística inferencial de medidas como medias, medianas, desviaciones estándar y varianzas, lo que permitió evaluar la consistencia y confiabilidad de cada combinación y método en la medición del tamaño de partícula.

La respuesta anticipada de la hipótesis de investigación, que planteaba que al menos uno de los tres métodos granulométricos sería el más adecuado para la caracterización de los materiales aluviales en función de su desempeño y conformidad con las especificaciones técnicas en función a su granulometría de los requerimientos mínimos y verificando su estabilidad, se ha demostrado ser adecuada y coherente con la pregunta del problema. Los resultados obtenidos han permitido identificar fortalezas y debilidades de cada método, lo que facilita la selección del más apropiado para este tipo de aplicaciones. En base a la especificación técnica para capa base y sub-base, se llevaron a cabo mediciones y análisis utilizando los métodos del Triángulo de Feret, Granulométrico y Gráfico, con el fin de evaluar la idoneidad de los materiales para su uso en la construcción de carreteras. Tras la aplicación de dichos métodos, se observó que para la capa base, algunas combinaciones de materiales presentaron tamaños de partícula que se encontraban fuera de los rangos especificados lo que podría afectar su idoneidad para el propósito deseado. Por otro lado, en el caso de la capa sub-base, todas las combinaciones de materiales evaluadas se encontraron dentro de los rangos establecidos por la especificación técnica lo que sugiere que dichos materiales podrían ser adecuados para su uso en la construcción de la sub-base de la carretera. Este hallazgo resalta la importancia de realizar una cuidadosa selección y evaluación de los materiales de construcción, así como la necesidad de ajustar las combinaciones de materiales para cumplir con las especificaciones técnicas requeridas para cada capa de la carretera.

Se llevó a cabo un estudio detallado de los métodos mencionados, al seleccionar zonas de muestreo y caracterizarlas. Se aplicó los métodos del Triángulo de Feret, Granulométrico y Gráfico fueron aplicados con éxito. Se realizó un análisis estadístico detallado de los resultados obtenidos y se identificaron diferencias significativas entre los métodos, lo que puede influir en la especificación técnica final.

El aporte teórico fue decisivo, ya que se logró comparar y analizar diferentes métodos de estabilización de suelos aluviales, contribuyendo al avance del conocimiento en el campo

de la ingeniería civil y proporcionando información relevante para futuras investigaciones. El control sobre las variables extrañas fue eficiente en la investigación, se estandarizó la preparación de la muestra, controlando las condiciones del equipo y los parámetros operacionales, y caracterización de las propiedades de la muestra fueron cruciales para minimizar las variables extrañas en un estudio comparativo de métodos granulométricos. Asimismo, el uso de materiales de referencia permitió verificar la exactitud de los resultados y garantizar la trazabilidad de las mediciones lo que permitió obtener resultados confiables y precisos en el análisis estadístico de los suelos estudiados, garantizando la validez de las conclusiones obtenidas.

El nivel de confianza fue cumplido en la investigación, ya que se aplicaron métodos estadísticos rigurosos y se controlaron adecuadamente las variables, lo que proporcionó resultados confiables y significativos para respaldar las conclusiones obtenidas.

5.2 RECOMENDACIONES

En base a los hallazgos de la investigación, se recomienda utilizar los resultados obtenidos para mejorar los procesos de diseño y construcción de infraestructuras, especialmente en la estabilización de suelos aluviales. Es fundamental considerar los rangos recomendados para una combinación óptima de materiales en su granulometría en futuras investigaciones y proyectos prácticos, manteniendo la coherencia entre los objetivos, la hipótesis y la pregunta del problema.

Asimismo, se sugiere continuar explorando nuevas técnicas y enfoques para optimizar aún más los resultados en la estabilización de suelos aluviales, así como establecer protocolos de monitoreo y evaluación para verificar la efectividad de los métodos aplicados en obras civiles. Estas recomendaciones buscan garantizar la eficacia y confiabilidad de los métodos de estabilización del suelo en proyectos futuros, contribuyendo a la mejora de la calidad de las estructuras construidas en el campo de la ingeniería civil.

Realizar un análisis con los rangos recomendados para una mejor y adecuada combinación en futuras combinaciones y métodos para la exigencia.

Es importante aplicar las recomendaciones proporcionadas para garantizar la eficacia y confiabilidad de los métodos de estabilización del suelo en proyectos futuros.

Es fundamental mejorar los métodos de estabilización de suelos aluviales, con un enfoque en la aplicación práctica y la mejora de la resistencia y estabilidad de los suelos en

proyectos de construcción.

Se recomienda establecer protocolos de evaluación de la estabilización de suelos aluviales en obras civiles, con el fin de verificar la efectividad de los métodos aplicados y realizar ajustes si es necesario para garantizar la calidad de las estructuras construidas.

Los resultados y hallazgos de esta investigación tienen como objetivo de compartir conocimientos y experiencias que puedan contribuir al avance de la ingeniería civil y a la mejora de las prácticas de construcción. Además, se deben considerar las advertencias pertinentes en la aplicación de los resultados, como la necesidad de seguir los procedimientos y recomendaciones detalladas para evitar posibles errores en la implementación de los métodos de estabilización del suelo lo cual lleva a un uso eficiente de los materiales aluviales en el contexto ambiental.

Identificar y controlar posibles variables extrañas que puedan influir en los resultados de los métodos granulométricos evaluados. Esto puede incluir factores como:

- Variabilidad en las técnicas de muestreo y preparación de las muestras de suelo y posibles diferencias en las condiciones ambientales durante la aplicación.
- Variaciones en los equipos e instrumentos utilizados para la medición del tamaño de partícula e influencia de la composición y propiedades físicas de los suelos analizados.
- Implementar protocolos para la recolección, manejo y acondicionamiento de las muestras de suelo, con el fin de minimizar la incidencia de variables extrañas en los resultados.
- Realizar calibraciones periódicas de los equipos y herramientas utilizados en la aplicación de los métodos granulométricos, asegurando la precisión y consistencia de las mediciones.
- Considerar la realización pruebas preliminares para identificar y evaluar posibles fuentes de variabilidad antes de la ejecución a gran escala de la investigación.
- Aplicar técnicas estadísticas más avanzadas, como modelos de regresión múltiple o análisis de covarianza, que permitan controlar y aislar el efecto de variables extrañas en los resultados obtenidos.
- Documentar los procedimientos y condiciones experimentales, con el fin de facilitar el estudio y el análisis de la influencia de posibles variables extrañas.