

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES
CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN
PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

TESISTAS:

Bach. TORRES MANRIQUE, FANNY JACQUELINE

Bach. YACILA GONZALES, MARLON NICHOLL

ASESOR:

Dr. ABNER ITAMAR LEÓN BOBADILLA

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2022**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente tesis titulada: **“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”**, se ha ejecutado según el reglamento general para obtener el título profesional de Ingeniero Civil mediante la modalidad de tesis de investigación.

DR. ABNER ITAMAR LEÓN BOBADILLA
ASESOR

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

Terminada la sustentación de la tesis titulada: **“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”**; sustentada el día 27 de junio del 2022. Tiene la aprobación del jurado calificador, quienes firmaron en señal de conformidad

Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz
Presidente

Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria

Dr. Abner Itamar León Bobadilla.
Integrante

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

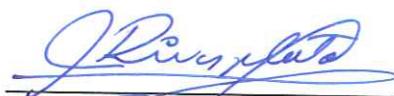
A los 27 días del mes de junio del año dos mil veintidós, siendo las doce de la tarde, se instaló el Jurado Evaluador designado Resolución N° 524-2021-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado (Secretario), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), y la Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Accesitaria), debido al fallecimiento del Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado, la Ms. Luz Esther Álvarez Asto asume como secretaria del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis; y en base a la Resolución Decanal N° 355-2022-UNS-FI, se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, DISTRITO D ENUEVO CHIMBOTE 2020", presentado por los Bachilleres TORRES MANRIQUE FANNY JACQUELINE y YACILA GONZALES MARLON NICHOLL, quienes fueron asesorados por el Dr. Abner Itamar León Bobadilla, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 702-2019-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
TORRES MANRIQUE FANNY JACQUELINE	17	Muy Bueno

Siendo las seis de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 27 de junio de 2022.



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente



Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria



Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Integrante

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 27 días del mes de junio del año dos mil veintidós, siendo las doce de la tarde, se instaló el Jurado Evaluador designado Resolución N° 524-2021-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado (Secretario), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), y la Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Accesitaria), debido al fallecimiento del Ing. Cirilo Lino Olascuaga Cruzado, la Ms. Luz Esther Álvarez Asto asume como secretaria del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis; y en base a la Resolución Decanal N° 355-2022-UNS-FI, se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, DISTRITO D ENUEVO CHIMBOTE 2020", presentado por los Bachilleres TORRES MANRIQUE FANNY JACQUELINE y YACILA GONZALES MARLON NICHOLL, quienes fueron asesorados por el Dr. Abner Itamar León Bobadilla, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 702-2019-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

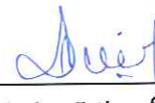
BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
YACILA GONZALES MARLON NICHOLL	17	Muy Bueno

Siendo las seis de la tarde del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 27 de junio de 2022.



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente



Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretaria



Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Integrante



DEDICATORIA

Al ser que más amo mi madre Teresa Manrique Muñoz y mi adoración mi papito Eusterio Manrique Reyes, de quienes me siento inmensamente orgullosa y agradecida pues soy el fruto de su esfuerzo y deseo de superación.

A mis segundos padres Ernesto Manrique y Delia Manrique, que me brindaron fortaleza en cada momento de la vida, y me apoyaron a cumplir mis metas académicas y personales

A mis hermanos Paola, Yessica y Daniel; y mi tía Yolanda por su apoyo incondicional así mismo, motivarme día a día a seguir mis metas.

A mis mejores amigos, Peluchín y Nieve, que con sus miradas y compañía me brindan su apoyo y amor incondicional.

Fanny Jacqueline.



DEDICATORIA

A mis padres Roberto Yacila Paredes, Flor de María
Gonzales Rupay y a toda mi familia, de quienes me siento
inmensamente agradecido pues soy el fruto de su esfuerzo y deseo
de superación.

A Tatiana Salazar Pretel, por su apoyo moral
durante la elaboración de este proyecto.

A mis amigos y todas las personas que en algún
momento me brindaron el aliento necesario para no
rendirme ante las adversidades.

Marlon Nicholl.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por darnos la vida y fuerza de voluntad necesaria para culminar un gran ciclo de experiencias y formación académica; y por siempre guiar nuestro caminar.

A nuestra familia que con entereza nos brindaron su confianza y apoyo en cada momento y decisión que se nos presentó

A nuestro asesor, el Ms. Ing. Abner Itamar León Bobadilla, por su desinteresada contribución para con el presente informe de Tesis.

TORRES & YACILA.



Índice General

Índice General.....	vii
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xii
Índice de Ecuaciones	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCION.....	18
1.1. Antecedentes del problema.....	18
1.2. Formulación del problema.....	20
1.2.1. Problema general	20
1.2.2. Problemas específicos.....	22
1.3. Objetivos.....	22
1.3.1. Objetivo general	22
1.3.2. Objetivos específicos.....	22
1.4. Justificación.....	22
1.5. Limitaciones del trabajo.	23
1.6. Hipótesis de la investigación.....	23
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	25
2.1. Antecedentes de la investigación.....	25
2.1.1. Internacionales	25
2.1.2. Nacionales	26
2.2. Base teórica.....	28



2.2.1. Pavimentos.....	28
2.2.1.1. Estructura del pavimento flexible.	29
2.2.1.1.1. Subrasante.....	30
2.2.1.1.2. Subbase.....	31
2.2.1.1.3. Base Granular.	31
2.2.2. Suelos.....	32
2.2.2.1. Clasificación de suelos.....	32
2.2.2.1.1. Clasificación AASHTO.....	33
2.2.2.1.2. Categorización SUCS.....	36
2.2.2.2. Pruebas de campo para la clasificación.....	39
2.2.2.3. Ensayos de laboratorio.....	40
2.2.2.3.1. Granulometría.....	40
2.2.2.3.2. Contenido de Humedad.....	42
2.2.2.3.3. Proctor modificado.....	43
2.2.2.3.4. California Bearing Ratio (C.B.R.).....	45
2.2.2.3.5. Límites de Atterberg.....	46
2.2.3. Especificaciones Técnicas de Material de Préstamo: Afirmado, Subbases y Bases Granulares. Mezclas de Suelos y Agregados.....	49
2.2.3.1. Especificaciones Granulométricas.....	49
2.3. Definición de términos.....	55
2.4. Marco Normativo.....	57



CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	61
3.1. Tipo de investigación.....	61
3.2. Nivel de Investigación	61
3.3. Diseño de la investigación.....	61
3.4. Unidad de Análisis.....	62
3.5. Ubicación.....	62
3.6. Población y muestra.....	63
3.7. Variables.....	63
3.7.1. Variable Independiente	63
3.7.2. Variable Dependiente.....	63
3.7.3. Matriz de consistencia.....	64
Tabla 11. <i>Matriz de consistencia</i>	64
3.7.4. Operacionalización de variables.....	65
Tabla 12. <i>Operacionalización de variable: Material Granular</i>	65
3.8. Instrumentos	67
3.9. Procedimientos	68
3.9.1. Ensayos de Laboratorio.	68
3.9.1.1. Determinación del contenido de humedad (MTC E 108).	68
3.9.1.2. Análisis granulométrico de suelos por tamizado. (MTC E 108).....	70
3.9.1.3. Determinación del límite líquido de los suelos. (MTC E 110)	71



3.9.1.4. Determinación del límite plástico (LP) de los suelos e índice de plasticidad (IP). (MTC E 111)	74
3.9.1.5. Compactación de suelos en laboratorio manejando una energía reformada (Proctor modificado). (MTC E 115).....	76
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	83
4.1 Análisis e interpretación de resultados	83
4.2 Discusiones.....	98
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
5.1. Conclusiones.....	101
5.2. Recomendaciones	103
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
Anexo 1. Ensayos de Laboratorio.....	109
Anexo 2. Panel Fotográfico	125
Anexo 3. Plano de Ubicación de Canteras	131
Anexo 4. Informe de opinión (juicio de experto).....	133



Índice de tablas

Tabla 1	Correlación de tipos de suelos	32
Tabla 2	Sistema de Clasificación AASHTO.	35
Tabla 3	Número de puntos de investigación en vías Urbanas.	39
Tabla 4	Ensayo de durabilidad (humedecimiento-secado).....	41
Tabla 5	Categoría de Subrasante	45
Tabla 6	Clasificación de suelos según su índice de Plasticidad	48
Tabla 7.	Huso Granulométrico para Afirmado	49
Tabla 8.	Requisitos Granulométricos para Bases Granulares.....	51
Tabla 9.	Ensayos de Calidad de Agregados	52
Tabla 10.	Especificaciones Técnicas para Materiales disponibles en Construcción de Carreteras.....	53
Tabla 11.	Matriz de consistencia	64
Tabla 12.	Operacionalización de variable: Material Granular	65
Tabla 13.	Operacionalización de variable: Diseño de material Granular	66
Tabla 14.	Tipologías de la muestra patrón CBR	81
Tabla 15.	Condición física del material granular de las canteras elegidas	83
Tabla 16.	Dosificación de Material Granular de las Canteras Elegidas	91
Tabla 17.	Límites permisibles de la granulometría Gradación B de la Mezcla 47%, 47% y 6%.....	91
Tabla 18.	Rangos del resultado para Agregado Grueso	93
Tabla 19.	Rango de resultados para Agregado Fino.....	95
Tabla 20.	Condiciones mecánicas de las combinaciones de material granular de las canteras elegidas	97



Índice de figuras

Figura 1. Estructura del Pavimento	29
Figura 2. Caracteres supuestos para perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO	34
Figura 3. Caracteres convenidos para perfil de Calicatas – Categorización SUCS	37
Figura 4. Curva granulométrica.....	41
Figura 5. Ensayo de Análisis granulométrico por tamizado.....	42
Figura 6. Horno para determinar el contenido de humedad de la muestra.....	43
Figura 7. Curva de Compactación del Proctor Modificado.....	44
Figura 8. Equipo para realizar el ensayo de Proctor modificado.....	44
Figura 9. Máquina para obtener el CBR de una muestra.....	46
Figura 10. Límite de Consistencia.....	47
Figura 11. Equipo para determina la consistencia de una muestra de suelo - Copa Casagrande.....	48
Figura 12. Rangos Granulométricos para Materiales de Afirmado.....	50
Figura 13. Clases Granulométricos para materiales de subbase y base granulares	51
Figura 14. Categorías Granulométricas para materiales de subbase y base granular	52
Figura 15. Iniciación del proceso de secado de la muestra de suelo	69
Figura 16. Proceso de tamizado de la muestra de suelo	71
Figura 17. Equipo Copa de casa Grande	72
Figura 18. Gráfico para determinar el límite líquido.....	73
Figura 19. Ensayo para determinar el límite plástico	75
Figura 20. Ensayo para determinar el grado de compactación.....	78
Figura 21. Órbita para procesamiento de datos de índice de CBR.....	80
Figura 22. Máquina para determinar la penetración del CBR.....	81



Figura 23. Curva Granulométrica Cantera Cambio Puente	84
Figura 24. Curva Granulométrica Cantera San Pedrito	85
Figura 25. Curva Granulométrica Cantera La Sorpresa	86
Figura 26. Diseño de mezclas Cantera Cambio Puente (A) con Cantera San Pedrito (B)	87
Figura 27. Diseño de mezclas Canteras Cambio Puente y San Pedrito (50% A+50% B) con Cantera La Sorpresa (C)	89
Figura 28. Curva Granulométrica de la mezcla 47%, 47% y 6%	92
Figura 29. Requerimientos del Agregado Grueso	94
Figura 30. Requerimientos del Agregado Grueso	96



Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Ecuación de CBR.....	44
Ecuación 2. Formula del Índice de Plasticidad.....	49
Ecuación 3. Contenido de Humedad de un Suelo.....	84
Ecuación 4. Porcentaje retenido en el tamiz.....	84
Ecuación 5. Porcentaje más Fino.....	89
Ecuación 6. Límite Plástico.....	89
Ecuación 7. Índice de Plasticidad.....	90
Ecuación 8. Densidad Húmeda.....	98
Ecuación 9. Densidad Húmeda.....	98
Ecuación 10. Peso Unitario Seco.....	111
Ecuación 11. Peso Unitario Seco.....	111
Ecuación 12. Humedad de Compactación.....	111
Ecuación 13. Expansión.....	111
Ecuación 14. Presión de humedad.....	120
Ecuación 15. Expansión.....	121



RESUMEN

El objetivo principal de la investigación es realizar el diseño de mezclas de material granular de tres canteras para optimizar sus propiedades en pavimentos. Se realizó una investigación Aplicada – Experimental, que consistió en visitar tres canteras: dos en la ciudad de Chimbote y una en la ciudad de Nuevo Chimbote; además, verificar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del material granular para mejorar sus propiedades en pavimentos. Las canteras seleccionadas fueron La Sorpresa, San Pedrito y Cambio Puente, el material granular fue evaluado según los parámetros establecidos en la NTP y la MTC. De acuerdo a los resultados obtenidos se encontró que el material granular que presentan las canteras individualmente no cumplen con los requisitos para ser usados como material base y subbase, y que al combinar el material granular de las canteras Cambio Puente (47%) – San Pedrito (47%) y la piedra chancada de la cantera La Sorpresa (6%), se logra un CBR de 94% al 100% de la MDS para material de Base y un CBR de 81% al 95% de la MDS para material de Subbase, siendo óptimo para ser usado como material base y subbase de pavimentos en la ciudad de Chimbote.

Palabras Claves: Material Granular, Cantera, Pavimento.



ABSTRACT

The main objective of the research is to design mixtures of granular material from three quarries to optimize their pavement properties. An applied-experimental research was carried out, which consisted of visiting three quarries in the city of Chimbote and verifying the physical, chemical and mechanical properties of the granular material to improve its properties in pavements. The selected quarries were La Sorpresa, San Pedrito and Cambio Puente. The granular material was evaluated according to the parameters established in the NTP and the MTC. According to the results obtained, it was found that the granular material presented by the quarries individually do not meet the requirements to be used as base and subbase material, when combining the granular material from the Cambio Puente (47%) - San Pedrito (47%) quarries and the crushed stone from La Sorpresa quarry (6%), a CBR of 94% to 100% of the MDS is achieved for Base material and a CBR of 81% to 95% of the MDS for Subbase material, being optimal to be used as base and subbase material for pavements in the city of Chimbote.

Keywords: Granular material, quarry, pavements.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: INTRODUCCION

1.1. Antecedentes del problema

Actualmente, el empleo de material granular informal es común cada día más, ello genera que los pavimentos muestren fallas en su estructura debido a la precariedad de sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, es por ello que “Se debe instaurar un análisis de cada cantera y proponer un tratamiento según el material a usar, esto debe ser realizado con un nuevo muestreo y ensayos en el laboratorio donde aprueben y mejoren la información existente.” (Guzmán, 2009) A continuación, se presentan investigaciones que servirán de motivación para el presente proyecto:

- Díaz Rito (2016) en su trabajo de investigación titulado: “Análisis de los Procedimientos Constructivos de Base y Subbases Granulares para Pavimentos Flexibles” México. Se analizaron los materiales de Subbase y Base granular en México, con fines de que el ingeniero tenga de conocimiento los requerimientos obligatorios para el buen funcionamiento de ello en el pavimento.
- Narro Vásquez & Morales Gazco (2018) “Contribución del Asfalto Espumado en el aporte Estructural de Pavimentos en altura como solución para el Proyecto de Conservación Vial Tacna – Puno, Tramo Capazo – Mazocruz”. Estos proyectos de investigación contemplan la pavimentación vial con materiales granulados estabilizados con espuma asfáltica como una solución innovadora desde el perfil técnico y económico, dada la alta proporción de vías que no están pavimentadas en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). Observar cómo se ha incrementado la contribución estructural de



este último (Narro Vásquez & Morales Gazco, 2018, p. 04). Actualmente, la mayor parte de las carreteras se encuentran pavimentadas; pero, hay un gran porcentaje de carreteras que no cuentan con su pavimentación, lo cual provoca que varias personas que usen estas carreteras se perjudiquen, debido a que el tiempo de transporte es más largo y por consecuencia se forman gastos excesivos (Narro Vásquez & Morales Gazco, 2018).

- (Granados Jamanca, 2016) en su tesis: “Inventario de condición del pavimento flexible, carretera Casma - Huaraz del km. 132+000 al km. 137+000 para el mantenimiento o conservación vial usando el manual del MTC - año 2016”, antepone la condición actual del estado del pavimento con la finalidad de realizar un inventario de condición donde se señalen las fallas en el pavimento flexible para así de determinar el nivel de gravedad y proporcionar las actividades de conservación vial en la carretera Casma – Huaraz, tramo km. 132+000 al km. 137+000 empleando el manual de carreteras del MTC 2014”.
- Contreras Quezada & Herrera Lázaro (2015) en su investigación: “Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para Bases y Sub – Bases de estructura de pavimento en Nuevo Chimbote – Santa – Ancash” detalla que en la construcción se usan más de lo que se emplean los recursos naturales, esto conlleva, que, por los intereses económicos, ambientales se busca usos alternativos para obtener esta materia prima.



1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

Actualmente las vías de acceso pavimentadas son mejoradas y/o construidas sin lograr su vida óptima de diseño, esto, se debe a un análisis y diseño precario de pavimentación en su vida óptima y de igual manera, en el uso de materiales granulares perecederos; lo cual genera una circulación vehicular deficiente.

Desde las trochas, vía precaria a fuerza, hasta las grandes carreteras de concreto o asfalto, el hombre ha ido modificando su círculo de acuerdo con las necesidades de su tiempo. Al presente, en la era de las comunicaciones, la escasez de construir caminos más fuertes y más seguros aumenta su decisión en el concreto, material de magnas posibilidades para el progreso de los caminos en el mundo contemporáneo. (Ruiz, 2011, p. 28).

Según el Ministerio de transportes y comunicaciones (2005): “El material granular que se usan varían según el tipo de región y los orígenes locales de agregados, de cantera de cerro o río, también se diferencia si se usará como una capa superficial o inferior, porque ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica indispensable en el camino de afirmado” (p. 01).

Asumiendo que, en nuestro país se ha implementado estos componentes de la pavimentación, algunos de ellos sacados de técnicas Internacionales como la de AASHTO 93 y luego adecuadas en el Ministerio de Transportes



y Telecomunicaciones, para formar un mejor orden en la transitabilidad urbana y rural. Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2015, p. 05).

Se ha visto en Ancash el desperfecto de pavimentaciones estando por debajo de su calidad de vida, ello, porque no se trabaja en los métodos de diseño establecidos, obstruyendo las vías de acceso a diferentes entidades públicas y/o privadas. (Vásquez, 2016, p. 1).

Se observó que, en la distrital de Nuevo Chimbote, sus pavimentos han sufrido disímiles cambios por su deterioro sin cumplir con su periodo de diseño, lo cual conlleva a pérdidas económicas para el Distrito. Gobierno Regional de Ancash (GRA, 2019, p. 304).

La problemática que enfrenta actualmente las calles de la ciudad local, es que muchas de estas, no cuenta con una pavimentación óptima, o simplemente no cuentan con pavimentación, dificultado el acceso de transeúntes y circulación vehicular. Municipalidad Distrital de Nuevo Chimbote (MDNCH, 2016, p. 9).

Esto nos lleva a la necesidad y preocupación, de realizar un análisis de tres canteras de la ciudad que principalmente proporcionan el afirmado y material granular para las obras de pavimentación. Por ello nos lleva a plantear la siguiente interrogante: **“¿Cuál será el diseño de mezcla de las tres canteras para optimizar las propiedades de los pavimentos en Nuevo Chimbote?”**

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el resultado del análisis granulométrico del material granular de las tres canteras elegidas?
- ¿Cuál será el resultado de realizar el mejoramiento del material granular usado para base y subbase de las canteras elegidas?
- ¿Cuáles serán las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la mezcla óptima resultante de material granular de las tres canteras elegidas?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Realizar el diseño de mezclas de material granular de tres canteras para optimizar sus propiedades en pavimentos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Verificar la granulometría del material granular de las tres canteras elegidas.
- Determinar la dosificación óptima de material granular usado para base y sub base de las tres canteras elegidas.
- Verificar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la mezcla óptima resultante de material granular de las tres canteras elegidas.

1.4. Justificación.

Debido al gran índice de pavimentos que se deterioran antes de cumplir su vida útil se propone esta investigación con el fin de mejorar la calidad del material granular que forma parte de la estructura de los pavimentos, ya que éste, que se

está utilizando en la mayoría de obras de pavimentación no están cumpliendo con los parámetros establecidos por las normativas nacionales e internacionales, dando un aporte social importante debido a que estos cumplirán el tiempo de vida para la que son diseñadas realmente.

Finalmente, cabe resaltar que esta investigación será de aporte para futuros proyectos de pavimentación en mejorar el material granular, con esto lograremos dar una mejor circulación tanto peatonal, vehicular y ciclo vial.

1.5. Limitaciones del trabajo.

Una de las limitaciones principales fue el acceso, el caso más resaltante es el de la cantera Cambio Puente, la cual no tiene la señalización óptima que indique su orientación, además cuenta con un sendero inadecuado para el tránsito vehicular. El factor económico también contempla una limitación, debido a la totalidad de ensayos que tuvimos que realizar para el material granular de las diferentes canteras, así mismo con las combinaciones que se realizaron.

Debido a la situación de salubridad que estamos pasando, el factor salud resulta una limitación grande, ya que pocos laboratorios estaban disponibles para realizar los ensayos necesarios para la presente investigación.

1.6. Hipótesis de la investigación.

Si se realiza el diseño de mezclas de material granular de tres canteras entonces se podrá optimizar sus propiedades en pavimentos, Nuevo Chimbote 2020.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

- a) Ramirez Triviño & Hincapié Olano (2018) en su proyecto: “Evaluación CBR de subbase granular mezclada con tereftalato de polietileno (PET); para uso en vías terciarias”, tiene el principal objetivo: Implementar el uso PET reciclado en la modificación de la subbase para uso en las vías, el método de esta fue experimental. Dentro de su planteamiento del problema surge una pregunta que guarda relación con la presente investigación la cual es: ¿Es posible alcanzar la resistencia y durabilidad óptima al mezclar subbase con material PET reciclado para su uso en vías terciarias? , como conclusión se tiene que: La mezcla en frio de los dos materiales, subbase y PET funciona, lo que indica el valor CBR de 84.92% obtenido en la mezcla del material original en adición con 1.5% de PET; por lo cual la principal recomendación de Ramírez & Hincapié es que antes de implementar este proyecto a un caso real, se realicen las pruebas respectivas en campo, debido a que en este proyecto no se realiza ningún análisis fuera del laboratorio.

- b) Carvajal, Rincón, & Zarate (2018) realizaron una investigación titulada: “Mejoramiento del material de afirmado de la cantera la esmeralda mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombro”, la cual tiene entre sus objetivos mejorar la calidad del material de afirmado de la cantera Esmeralda ubicada en el KM 7 de la

vía El Totumo en el Municipio de Ibagué, mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombros. Dentro de su planteamiento del problema menciona las deficiencias de las vías en Colombia por diferentes aspectos que han ido deteriorando sus propiedades físicas y mecánicas, esto incide en la deficiencia de la calidad de los materiales empleados en estas estructuras. Como conclusión se tiene que, el CBR del material de afirmado en estado natural tiene un CBR del 11.45% y a medida que se le añade el material de ceniza de cascarilla de arroz en un 5% aumenta a un CBR de 55.16%, así mismo cuando se le añade un 20% del material reciclado de escombros; éste aumenta a un CBR de 119.91%, en este sentido, los autores recomiendan hacer las debidas pruebas de laboratorio para el material de afirmado, ya que pueden haber cambios en los resultados según las canteras elegidas.

2.1.2. Nacionales

- c) Lozada Tiglla (2018) realizó la investigación “Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – Provincia de Utcubamba” presentado en la Universidad Señor de Sipán, el objetivo planteado fue: realizar un estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – Provincia de Utcubamba, el método de esta investigación fue el cualitativo y un diseño Cuasi - experimental. Se planteó la hipótesis de que el estudio de



mecánica de suelos determinará las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – provincia de Utcubamba, llegando a la conclusión: que, dentro de todas las características presentan CBR de 46%, 47.4% y 78.7% para las canteras de La Loma, Las paguillas y limones respectivamente al 100% de la MDS, por último se termina recomendando que con materiales provenientes de esta cantera se debe mezclar con materiales provenientes de otras canteras con mejores características tanto físicas como mecánicas.

- d) Romero Figueroa (2018), elaboro la tesis: “Evaluación del Material de Afirmado, de las Canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito - Samanco, Con Fines de Pavimentación - Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018”, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, de la Universidad Cesar Vallejo – Nuevo Chimbote – Perú. El Objetivo de la investigación fue: “La evaluación físico mecánica del material para afirmado de pavimento de tres canteras (Guadalupito, La Colina, San Pedrito)”. Su metodología tiene como diseño No experimental – Descriptiva, su población fueron los materiales de afirmado de Samanco. Por lo tanto, el autor llego a la conclusión que: En base a las propiedades físicas, en ambas canteras el suelo es A-2-4, en base a los porcentajes retenidos pasados por los tamices de ensayo. Para la cantera La Colina el IP es 9% y para la cantera San Pedrito obtuvo 16% por la mayor presencia de arena y mínima plasticidad. En el equivalente de arena la

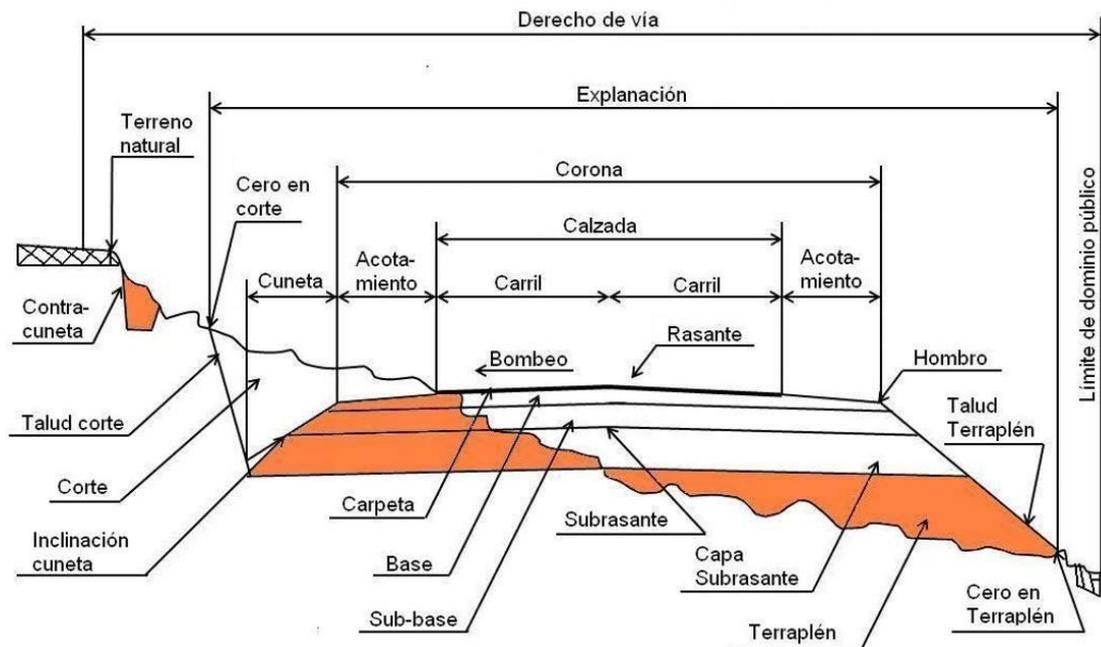
cantera La Colina obtuvo 82.9% y para la cantera San Pedrito fue 87.7%, esto se debe a la mayor presencia de arena en referencia a la arcilla. En cuanto al CBR la cantera La Colina presentó 56% de resistencia a la penetración de carga, mientras que la cantera San Pedrito presentó un 38% de capacidad de soporte, debido a su baja plasticidad y mayor saturación. La recomendación final de este trabajo de investigación es que los ingenieros o encargados de las obras de pavimentación deben verificar previamente la calidad del material de afirmado que se va a utilizar en la construcción y éstas cumplan con los requerimientos establecidos.

2.2. Base teórica

2.2.1. Pavimentos

El pavimento es una estructura multicapa construida sobre la subrasante de la carretera. Cumple la función de resistir y dispersar las fuerzas generadas por el vehículo, mejorando la condición de seguridad y comodidad para el tráfico. Generalmente consta de las siguientes capas: capa base, capa subbase y capa de desgaste. Dicha estructura estratificada se descansa sobre la subrasante, lograda durante el movimiento de tierras en el sumario de exploración y que debe resistir apropiadamente el esfuerzo de las cargas periódicas de tránsito que se transfieren durante el período de vida útil que fue diseñada la estructura del pavimento. (Montejo Fonseca, 2002).

Figura 1. Estructura del Pavimento



Fuente: Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales (1994), *Ingeniería de tránsito Fundamentos y Aplicaciones*, p. 112

2.2.1.1. Estructura del pavimento flexible.

Se denomina pavimento a la estructura que está apoyada sobre un terreno de fundación o subrasante, esta misma está compuesta por capas de materiales con diferentes calidades y espesores, los mismos que están sujetos a un diseño estructural. Esta estructura está totalmente diseñada para soportar cargas dinámicas generadas del tráfico vehicular y peatonal (Minaya Gonzáles & Ordoñez Huaman, 2006)

Minaya Gonzáles & Ordoñez Huaman (2006) sostienen que los métodos de diseño para fines de pavimentación tradicionales; son realmente empíricos; esto quiere decir que la experiencia predominaba como idea principal. También postulan que ingeniero o profesional a cargo del proyecto requiera de varios años de experiencia en el área para poder

interpretar los análisis y resultados de campo con el fin de desarrollar el diseño. Además, encontraron que los pavimentos asfálticos comprenden en su estructura una carpeta asfáltica apoyada usualmente encima de dos capas consideradas no rígidas, siendo estas la base y subbase; sin embargo, puede despreciarse una de estas capas, esto va a depender únicamente de las necesidades particulares del proyecto a realizar (p. 04).

2.2.1.1.1. Subrasante.

Subrasante es la capa terminada de la calzada en la partida de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se colocará una estructura de acuerdo al diseño del pavimento o afirmado.

Es la capa inicial de organización del pavimento, es parte del diseño de calzada que correrá entre un terreno naturalmente plano o liso y la estructura del pavimento. Soportara la estructura del pavimento, esta constituido por suelos seleccionados entre grados aceptables y compactados por capa para formar la estructura en óptimas condiciones, la cual no se ve afectada por diseño de carga de tráfico. Su capacidad para soportar, junto con la circulación vehicular y las propiedades de los materiales usados en la calzada, firman lo básico en diseño de la estructura del pavimento que se instalará en el siguiente nivel. En el proceso constructivo, 0.30m de suelo bajo la capa preferente de la subrasante, tienen compactarse al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca), que se obtiene mediante el ensayo del Proctor modificado (MTC E -115).

2.2.1.1.2. Subbase.

Esta capa puede ser omitida o no según las solicitudes del proyecto. Se sitúa sobre la capa de subrasante y los requisitos en cuanto a calidad de los materiales que la conforman son menos austeros. Esto porque las cargas que se transmiten van disminuyendo a medida que se profundiza por medio de las capas. El material que se suele usar es un material granular seleccionado, y esta tiene el espesor de más dimensión de toda la estructura del pavimento, es por ello la falta de requisitos en cuanto a esos materiales (Minaya Gonzáles & Ordoñez Huaman, 2006).

2.2.1.1.3. Base Granular.

Según Minaya Gonzáles & Ordoñez Huaman (2006) la capa de base, usualmente es de material granular que se sitúa sobre la capa de subbase. Esta capa efectúa la función de transferir cargas y energías que arrancan del tráfico vehicular y peatonal hacia las prendas inferiores (subbase y subrasante). Los requisitos de esa capa y control de calidad de los materiales son suficientes. Además, sostienen que este material está conformado por grava o piedra chancada, que esta compactada al 100% de la máxima densidad seca (MDS) según resultados del Proctor modificado. Como sucede con la capa de subbase, el módulo resiliente se utiliza para evaluar el módulo elástico de la base. Así pues, si tenemos una base granular que tiene 100% de

CBR, podemos aproximar un valor del módulo resiliente (MR) de 30,000 psi (2,100 kg/cm²) (p. 05).

2.2.2. Suelos

El suelo es el soporte de la estructura de pavimento y representa uno de los problemas más complejos de modelar y predecir su comportamiento debido a que se ve afectado por muchos factores. El efecto del suelo influye en la definición del trazo y las dimensiones de la estructura de pavimento, así como también los trabajos de mantenimiento que serán requeridos durante a vida útil del pavimento (Menéndez Acurio, 2016).

2.2.2.1. Clasificación de suelos.

La categorización de los suelos se formalizará bajo el sistema expuesto en el cuadro:

Tabla 1
Correlación de tipos de suelos

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM – D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Fuente: MTC (2014), *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*, p 35.

Esta clasificación ayuda a predecir el comportamiento aproximado del suelo, ayudando a delinear áreas geo sintéticas homogéneas.

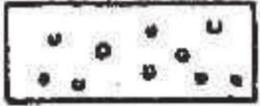
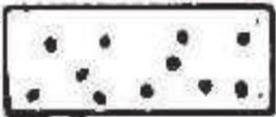
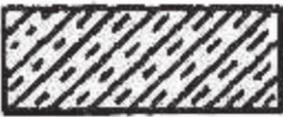
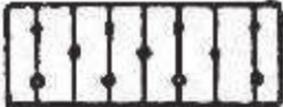
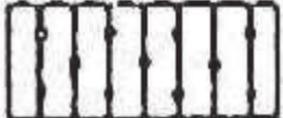
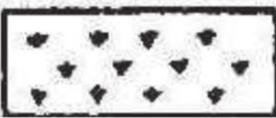
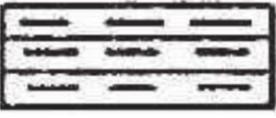
2.2.2.1.1. Clasificación AASHTO

El sistema de clasificación AASHTO actualmente en uso se presenta en la tabla 3, donde los suelos se catalogan en siete grupos principales: A1 a A7. Los suelos en los que el 35% o menos de las partículas pasan el tamiz 200. Los suelos con más del 35% que pasa el tamiz 200 se clasifican en los grupos A, A5, A6 y A7. La mayoría están hechos de materiales aluviales y arcillosos. El método de categorización se basa en los siguientes criterios:

Dimensión de la partícula

- Grava: la parte que pasa la cuadrícula de 75 mm y se retiene en la cuadrícula, de US, n ° 10 (2 mm).
- Arena: la sección pasa la rejilla estadounidense n ° 10 (2 mm) y se retiene en la rejilla estadounidense n ° 200 (0,075 mm).
- Limo y arcilla: parte que salta la malla No. 200 U.S.

Figura 2. Caracteres supuestos para perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGÁNICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

Fuente: MTC (2013), *Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*, p.35.



Tabla 2
Sistema de Clasificación AASHTO.

Clasificación general	Suelos granulosos							Suelos finos					
	35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm					
Grupo Símbolo	A1	A1	A3	A2	A2	A2	A2	A4	A5	A6	A7	A7	A7
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7					A7-5	A7-6
Análisis granulométrico													
% que pasa por el tamiz de:													
2 mm	máx.50	máx.50	mín. 50	máx.3	Máx.3	máx.3	máx.3	mín.3	mín.3	mín.3		min. 35	mín.35
0.5 mm	máx.30	máx.25	máx.10	5	5	5	5	5	5	5			
0.08 mm	máx.15												
Límites de Atterberg													
límite de líquido				max.4	mín.	máx.	mín.	máx.	máx.	máx.		min. 40	mín. 40
índice de plasticidad	máx. 6	máx.6		0	40	40	40	40	40	40		min. 10	mín.10 IP<LL-30
				max.1	máx.1	mín.	mín.	máx.	máx.	min.1		IP<LL-30	30
				0	0	10	10	10	10	0			
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx.4	máx.4	máx.8	máx.12	máx.16		máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos			Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excelente a bueno							De pasable a malo					

Fuente: MTC (2013), Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, p.36.



2.2.2.1.2. Categorización SUCS.

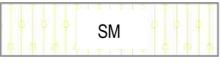
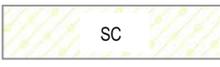
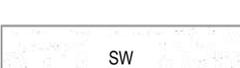
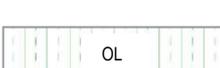
La forma inicial de este sistema fue propuesta en 1942 por Casagrande para su uso en la construcción de aeródromos operados por ingenieros del ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En cooperación con la Oficina de Rehabilitación de los Estados Unidos, el sistema se modificó en 1952. En la actualidad, los ingenieros lo utilizan ampliamente (Prueba ASTM D2 487). El sistema de clasificación unificado clasifica los suelos en dos categorías amplias:

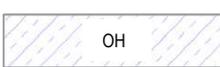
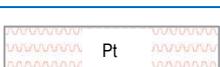
1.- Los suelos de material granular gruesos son catalogados como material gravosos y arenosos en la naturaleza con menos del 50% pasando a través de la malla # 200. La simbología de grupo que comienzan con el prefijo G o S. G significa grava o suelo de grava y S significa arena o suelo arenoso.

2.- Suelos de grano fino en los que el 50% o más pasa a través de la malla # 200. Los códigos de grupo empiezan con el prefijo “M”, la cual lo atribuye al limo inorgánico, C para arcillas inorgánicas u O para arcillas y margas orgánicas. La simbología de Pt se utiliza para turba, turba y otros tipos de suelos que contienen material orgánico en grandes cantidades. También se utilizan otros símbolos para la clasificación:

- W: bueno graduado.
- P: deficientemente graduado.
- L: disminución plasticidad (límite líquido menor que 50).
- H: aceptación plasticidad (límite líquido mayor que 50).

Figura 3. Caracteres convenidos para perfil de Calicatas – Categorización SUCS

	Gravas bien graduadas mezcla, grava con poco o nada de materia fina, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Gravas mal granuladas, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arenas arcillosas, mezcla de arena-arcillosa
	Gravas limosas mezclas de grava arena limosa		Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosa o limos arcillosos con ligera plasticidad
	Gravas arcillosas mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limos orgánicos de plasticidad baja o mediano, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras
	Arenas bien graduadas, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad
	Arenas mal graduadas con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limos inorgánicos suelos finos granosos o limosos micáceas o diatomáceas, limos elásticos

	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasosas
	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limos orgánicas
	Turba, suelos considerablemente orgánicos

Fuente: MTC (2016), Manual de Ensayo de Materiales E-101, p. 19



Para cualquier proyecto de ingeniería civil es preciso ejecutar la indagación del sitio, como parte de investigaciones geotécnicas, el mismo que implica aspectos de geología y mecánica de suelos. Del tamaño y tipo del proyecto, estibarán las circunspecciones del programa de exploración.

Las etapas de la indagación de campo son:

- Trabajo preliminar de Gabinete: Es la compilación de la información del terreno como planos, retratos, estudios preliminares, etc.
- Exploración detallada del sitio y muestreo: Levantamiento estratigráfico y mineralogía de los sedimentos rocosos y situaciones del subsuelo, mediante la ejecución de pozos de prueba denominados “calicatas” se asemejan los estratos que atienden la subrasante y se mide la densidad natural del estrado más desfavorable. Se debe igualar las circunstancias de agua subterránea y toma de muestra para exámenes más precisos y ensayos de laboratorio.
- Pruebas de laboratorio con las muestras: Ensayos con especímenes alteradas y no alteradas características de la estratigrafía. Ensayos estándar con conclusiones de determinación física de suelos y clasificación, así como ensayos personales para fijar su capacidad de soporte.
- Ensayos in situ: Ensayos llevados a cabo en el propio lugar, ya sea antes o durante el proceso de construcción; controles de compactación de campo, ensayos de penetración ligera con DPL, etc.

- Reporte de resultados: Filiaciones de tesis geológico, perfiles estratigráficos y mapeado de los resultados de penetración ligera, resultados de los ensayos de laboratorio, incluyendo las investigaciones de excavaciones, informes de muestras e interpretaciones estratigráfica.

Tabla 3
Número de puntos de investigación en vías Urbanas.

Tipo de Vía	Número mínimo de Puntos de Investigación	Área (m ²)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Fuente: *Reglamento Nacional de Edificaciones CE.010, p. 4.*

2.2.2.2. Pruebas de campo para la clasificación.

La identificación visual es un estudio preliminar del suelo sin el uso adecuado de equipo o pruebas de laboratorio. Luego, las pruebas de laboratorio confirman y aclaran la información obtenida en el campo. Esta clasificación es el primer paso hacia el estudio de la Mecánica de Suelos, validando la toma de decisiones y obteniendo resultados de laboratorio. Las palabras esenciales para catalogar las clases de suelo son: grava, arena, aluvial y arcilla; pero, en la naturaleza, el suelo se compone de dos o más de los tipos mencionados anteriormente y puede contener trazas de materia



orgánica. Cabe la posibilidad de definir el elemento principal y establecer el término base. Un ejemplo de ello es la arena arcillosa tiene las características de la arena, con una cantidad significativa de limo; El aluvión orgánico está compuesto principalmente de limo, sin embargo, presenta material orgánico en grandes proporciones. Se le llama suelo granular con arena y grava, así como suelo fino con arcilla y limo. Esto se basa en la visibilidad de partículas individuales. En el laboratorio, los suelos finos y gruesos fueron separados por una rejilla n ° 200.

2.2.2.3. Ensayos de laboratorio

2.2.2.3.1. Granulometría.

Indica la distribución de cuerpos, incluidos agregados, a través, apantallados, según especificaciones, (Prueba, MTC, EM 107). Con esto, es posible evaluar, con un valor mayor o menor aproximado, otros atributos.

El análisis de grano del suelo, según el MTC (2014), tiene como objetivo establecer las proporciones de otros elementos, que se clasifican según su tamaño. Por esta razón, los suelos se clasifican según su tamaño de partícula de la siguiente manera: (p. 30).

Tabla 4

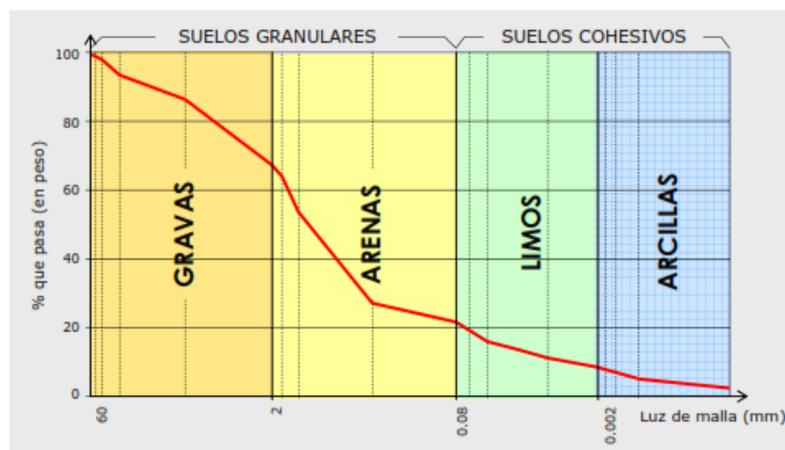
Ensayo de durabilidad (humedecimiento-secado)

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75mm – 4.75mm
Arena		Arena gruesa: 4.75mm – 2.00mm Arena media: 2.00mm – 0.425mm Arena fina: 0.425mm – 0.075mm
Material	Limo	0.075mm – 0.005mm
Fino	Arcilla	Menor a 0.005mm

Fuente: MTC (2013), *Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*, p.33.

Las conclusiones del análisis mecánico (cribado y análisis hidrométrico) se presentan en su totalidad como una gráfica semilogarítmica, como una curva de distribución del tamaño de partícula (o tamaño de partícula). Los diámetros de las partículas se representan en una escala logarítmica y las proporciones de las partículas pequeñas se dan en una escala aritmética.

Figura 4. *Curva granulométrica*



Fuente: Bañón y Beviá (2000), *Manual de Carreteras*, p.6

Figura 5. *Ensayo de Análisis granulométrico por tamizado*



Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2020).*

2.2.2.3.2. Contenido de Humedad

El contenido de humedad del suelo, también conocido como contenido de agua presente en el suelo. Por definición, el contenido de humedad es a relación del peso del agua en un muestra con el peso del solido (secado en el horno) en la muestra, expresado como porcentaje (w).

Figura 6. *Horno para determinar el contenido de humedad de la muestra*

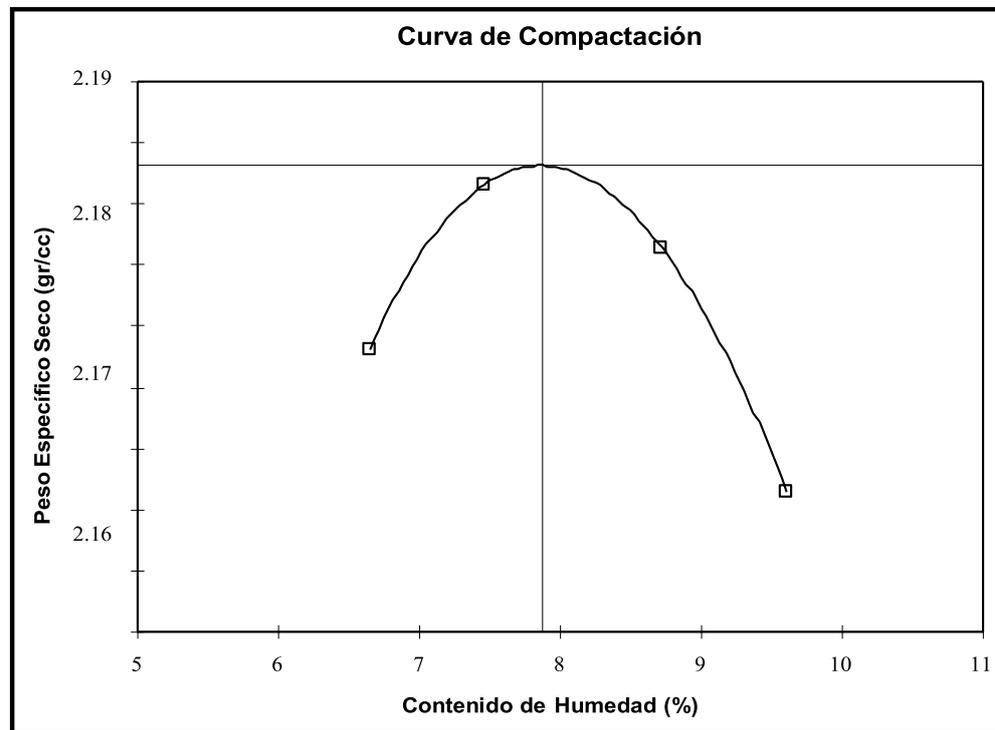


Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2020).*

2.2.2.3.3. Proctor modificado.

La compactación del suelo establece un capítulo fundamental y profundo en la pavimentación de carreteras, vías urbanas y vías férreas. La prueba de compactación, a través de la prueba Proctor modificada, relaciona la humedad del suelo con la humedad del suelo. Su densidad en seco, utilizando un martillo de ,5 kg (10 lb) que se deja caer desde una altura de 57 mm (18 in), transmite una energía de compresión de 56.000 lbft / ft³ o 2.700 kNm / m³. El suelo del campo se compacta, en un molde con superficies probadas, con contenido de humedad desigual. Para un bajo contenido de humedad, el suelo no se compactará adecuadamente, porque ningún lubricante puede acceder al uso de gránulos (Minaya Gonzáles & Ordoñez Huaman, 2006).

Figura 7. Curva de Compactación del Proctor Modificado



Fuente: Minaya & Ordoñez (2006), *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*, p. 5

Figura 8. Equipo para realizar el ensayo de Proctor modificado



Fuente: Elaboración propia Torres y Yacila (2020).

2.2.2.3.4. California Bearing Ratio (C.B.R.)

El ensayo CBR es una medida indirecta de la resistencia del suelo a penetración y se trata de un ensayo relativamente simple para obtener un indicador de la resistencia del suelo de la subrasante, subbase y base para uso en carreteras y aeropuertos, aunque por sí mismo no representa una propiedad fundamental del material. El valor CBR obtenido puede ser aplicado directamente para el diseño de pavimentos en los métodos empíricos y a través de correlaciones con el módulo resiliente en el caso de los métodos mecanísticos empíricos.

El ensayo de “California Bearing Ratio” (CBR), resulta no tan compleja, generalmente es utilizado para conseguir un índice de la resistencia de la subrasante, material de base, subbase y/o afirmado del suelo.

Tabla 5
Categoría de Subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S ₅ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3%
	A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6%
	A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10%
	A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20%
	A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	De CBR ≥ 30%

Fuente: MTC (2013), *Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*, p.37.

Figura 9. Máquina para obtener el CBR de una muestra



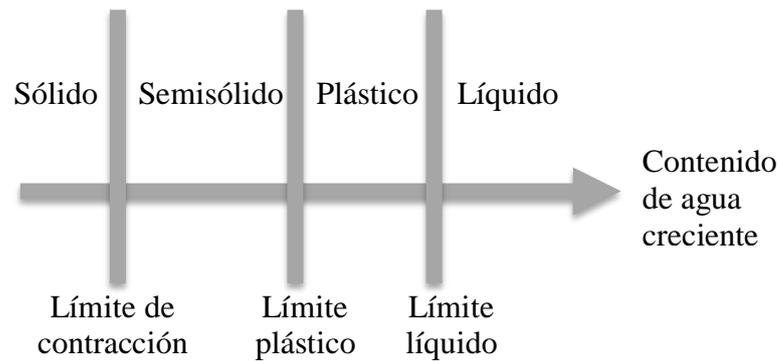
Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2020).*

2.2.2.3.5. Límites de Atterberg

El contenido de agua, en términos porcentuales, en el que ocurre la transición de un estado sólido a un semisólido, se define como el límite de contracción.

El contenido de agua en el punto de transición de semisólido a plástico es el límite de plástico y de plástico a líquido es el límite de líquido. Estos límites también se conocen como límites de consistencia (Braja M., 2013).

Figura 10. Límite de Consistencia



Fuente: Braja Das (2013), *Fundamentos de ingeniería geotécnica*, p. 64

- Límite Líquido

Estado de un suelo considerado como la transición entre los estados líquido y plástico.

- Límite Plástico

Estado de un suelo considerado como transición entre los estados y semi-sólida de plástico

- Índice de Plasticidad (IP)

Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo.

En este sentido, el suelo con respecto a su índice de plasticidad se puede clasificar según la siguiente tabla (MTC, 2014, p. 37).

Tabla 6
Clasificación de suelos según su índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$ $IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: MTC (2013), *Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*, p.34.

Figura 11. *Equipo para determina la consistencia de una muestra de suelo - Copa Casagrande*



Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2020).*

2.2.3. Especificaciones Técnicas de Material de Préstamo: Afirmado, Subbases y Bases Granulares. Mezclas de Suelos y Agregados.

2.2.3.1. Especificaciones Granulométricas.

La especificación granulométrica vigente en Perú es la especificación general para la construcción de la carretera EG-2013 para el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 7.
Huso Granulométrico para Afirmado

Muestra Tamiz	Abertura (mm)	Afirmado (% que pasa)	
		A – 1	A – 2
2”	50,000	100	.-
1 ½”	37,500	100	.-
1”	25,000	90-100	100,0
¾”	19,000	65-100	80-100
3/8”	9,500	45-80	65-100
N°4	4,750	30-65	50-85
N°10	2,000	22-52	33-67
N°40	0,425	15-35	20-45
N°200	0,075	5-20	5-20

Fuente: MTC (2014) *Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras p.113.*

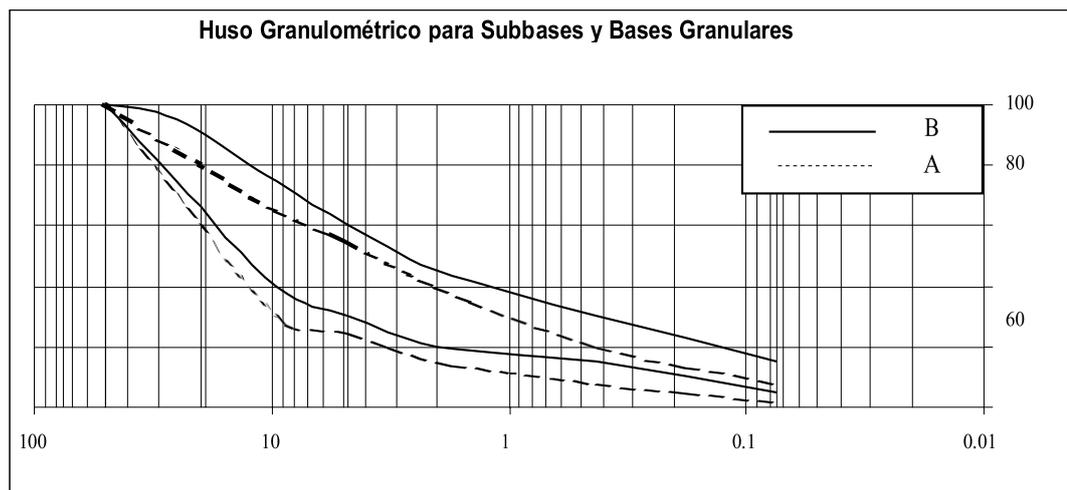
Tabla 8.
Requisitos Granulométricos para Bases Granulares

Tamiz	Porcentaje que pasan en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100		
25 mm (1")		75-95	100	100
9,5 mm (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm (N°04)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm (N°10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 μm (N°40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 μm (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: MTC (2014) Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de

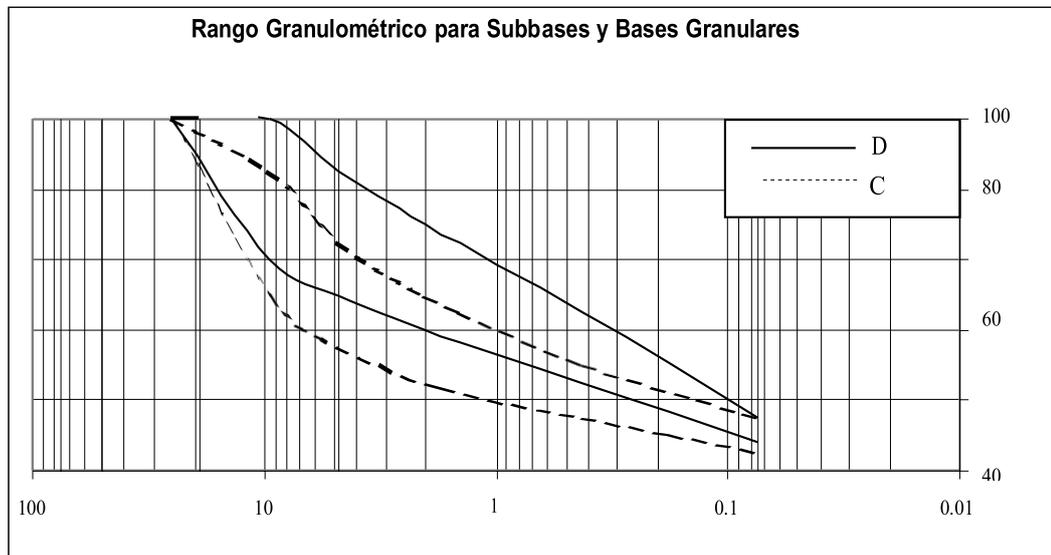
Carreteras p.175

Figura 13. Clases Granulométricas para materiales de subbase y base granulares



Fuente: Minaya & Ordoñez (2006), Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos, p. 35

Figura 14. *Categorías Granulométricas para materiales de subbase y base granular*



Fuente: *Minaya & Ordoñez (2006), Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos, p. 35*

Tabla 9.
Ensayos de Calidad de Agregados

ENSAYOS	Sub Base	Base Granular	Afirmado	Asfalto	
				Piedra	Arena
Estudios granulométricos por tamizado	x	x	x	x	x
Límites de consistencia	x	x	x		
Equivalente de arena	x	x	x		x
Peso específico y Absorción				x	x
Peso unitario suelto				x	x
Peso unitario varillado				x	x
Abrasión	x	x	x	x	
Proctor Modificado	x	x	x		
CBR	x	x	x		
Porcentaje de caras fracturadas	x	x		x	
% de partículas chatas y alargadas	x	x		x	
Contenido de impurezas orgánicas	x	x			x
Contenido de sales solubles totales	x	x	x	x	x
Adherencia (entre mallas N° 3/8" 1/4")				x	
Riedel Weber (según norma a emplear)					x
Durabilidad				x	x

Fuente: *Minaya & Ordoñez (2006), Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos, p. 4.*



La Tabla 10 enumera las especificaciones que se dice que cumplen los materiales que se utilizarán para la base, la sub suela y la base.

Tabla 10.
Especificaciones Técnicas para Materiales disponibles en Construcción de Carreteras

Ensayo	Norma	Afirmado	Subbase granular		Base granular			
			<3000 msnm	≥3000 msnm	<3000 msnm		≥3000 msnm	
					Agregado Grueso	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agregado Fino
Limite Liquido, %	ASTM 04318 MTC E 110	35% máx	25% máx.	25% máx.				
Limite Plástico, %	ASTM 04318 MTC E 111	4 a 9	6% máx.	4% máx.		4% máx.		2% máx.
Abrasión Los Ángeles, %	ASTM C 131 MTC E 207	50% máx	50% máx	50% máx	40% máx		40% máx	
Equivalente de arena, %	ASTM 02419 MTC E 114	20% min	25% min	35% min		35% min		45% min



“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

CBR al 100%, de la M.D.S y 0.1” de penetración	ASTM O 1883 MTC E 132	40% min	40% min	40% min	Tráfico ligero a medio: 80% min Tráfico pesado: 100% mín.			
Pérdida con Sulfato de Sodio, %	ASTM C 88 MTC E 209				--		12% máx	
Pérdida con Sulfato de Magnesio, %	ASTM C 88 MTC E209				--		18% máx	
Índice de Durabilidad	MTC E 214					35% min		35% min
Caras de fractura, %	ASTM 05821							
1 cara fracturada	MTC E 210				80% min		80% min	
2 caras fracturadas					40% min		50% min	
Partículas chatas y alargadas %	ASTM 04791		20% máx	20% máx	15% máx		15% máx	
Relación 1/3 (Espesor Longitud)	MTC E 211							
Sales solubles totales, %	ASTM O 1888 MTC E 219		1% máx	1% máx	0.5% máx	0.5% máx	0.5% máx	0.5% máx

Fuente: Minaya & Ordoñez (2006), *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*, p. 5



2.3. Definición de términos

Según la Norma CE. 0.10 Pavimentos Urbanos, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (N° 03-2018-MTC/14), Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2005). “Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito” y del Manual de Ensayos de Materiales (2016); se indican los siguientes términos en sus definiciones:

2.3.1. Afirmado.

Capa de material selecto procesado de acuerdo a diseño, que se coloca sobre la sub rasante o sub base de un pavimento. Funciona como capa de rodadura y de soporte al tráfico en vías no pavimentadas. Esta capa puede tener un tratamiento de estabilización.

2.3.2. Análisis mecánico.

Sirve para determinar la granulometría en un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

2.3.3. CBR.

Es un parámetro del suelo que cuantifica su capacidad resistente como subrasante, sub base y base en el diseño de pavimentos.

2.3.4. Capa base.

Capa generalmente granular, aunque también podría ser de suelo estabilizado, de concreto asfáltico o de concreto hidráulico. Su función principal es de servir como elemento estructural de los pavimentos, aunque en algunos casos puede servir también como capa drenante.



2.3.5. Capa de Subbase.

Donde se describen la calidad de los materiales, procedimientos constructivos.

2.3.6. Capa Subrasante.

Porción superior del terreno natural o corte o porción superior del relleno, de 20 cm de espesor compactado en vías locales y colectoras y de 30 cm de espesor compactado en vías arteriales y expresas.

2.3.7. Cantera:

Lugar de donde se extrae material o materias primas para fines de construcción.

2.3.8. Carretera.

Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

2.3.9. Compresión.

Acción de comprimir un material aplicando una carga que puede ser axial, existiendo variantes en ensayos como: no confinada, triaxial y entre estos el ensayo consolidado no drenado; el ensayo drenado, el ensayo no consolidado no drenado y que sirven para medir el ángulo de fricción interna (ϕ) y la cohesión (C), cuyos valores se emplean en análisis de estabilidad en estructuras (fundaciones), cortes, taludes, muros de contención, etc.



2.3.10. Contenido de humedad.

Porcentaje de agua en suelo o material.

2.3.11. Método de ensayo para evaluación de materiales.

Ensayos normalizados y usados para evaluar los materiales empleados en el proyecto.

2.3.12. Módulo de finura.

Número empírico que se obtiene sumando los porcentajes retenidos en cada una de las mallas que se indican más abajo y luego dividiendo el resultado entre 100.

2.3.13. Muestra.

Es un segmento de una población seleccionado según la norma correspondiente o un procedimiento aprobado.

2.3.14. Piezómetro.

Aparato que mide la carga en un punto por debajo de la superficie.

2.3.15. Relaciones humedad/Densidad (Proctor).

Humedad vs. P.U. de suelos compactados.

2.4. Marco Normativo.

Se expondrá un resumen conciso de los parámetros, criterios y recomendaciones de las normas consultadas para esta investigación.

2.4.1. Norma Técnica CE. 0.10 Pavimentos Urbanos.

En el año 2010, mediante el DS-001-2010-VIVIENDA, Modificación de la Norma Técnica CE. 0.10 Aceras y Pavimentas, quedara como Pavimentos Urbanos.



Esta norma principalmente establece los requisitos para su diseño, construcción y mantenimiento en pavimentos. Desde la Mecánica de Suelos para así garantizar la durabilidad de su diseño

El análisis del material granular debe de seguir una serie de ensayos para garantizar la calidad optima al momento de su proceso constructivo, debiendo cumplir lo siguiente.

- Abrasión Los Ángeles (NTP 400.019:2002)
- Ensayos de Granulometría (MTC EG-2000)
- CBR de laboratorio (NTP 339.145:1999)
- Limite Liquido (NTP 339.129:1998)
- Índice de Plasticidad (NTP 339.129:1998)
- Equivalente de Arena (NTP 339.146:2000)
- Sales Solubles Totales (NTP 339.152:2002)
- Partículas con una cara fracturada (MTC E-210:1999)
- Partículas con dos caras fracturadas (MTC E-210:1999)

2.4.2. Manual de carreteras – Especificaciones técnicas generales para la construcción, MTC 2013.

En el año 2013, mediante la RD-N°22-2013-MTC/14, refiere a que en la RD-N°03-2013-MTC/14 implica el uso correcto de ensayos y de los cuales en la anterior RD se encontraba errada.

Su propósito uniformizar las condiciones, requisitos, parámetros y procedimientos de las actividades relativas a las obras de infraestructura



vial, con el propósito de estandarizar los procesos que conduzcan a obtener los mejores índices de calidad de la obra.

Además, deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad: 4-9% (MTC E 111)
- CBR (1): 40% mín. (MTC E 132)
- Equivalente de Arena. (MTC E 114)

2.4.3. Manual de Ensayo de Materiales.

Se aprobó el año 2016, mediante la RD-N°18-2016-MTC/14, mediante la cual se aprueban los ensayos establecidos

Es un elemento fundamental para la elaboración de análisis en el laboratorio, en tanto a propiedades físicas, mecánicas y por ende ensayos químicos, desde:

Sección N° 01: análisis granulométrico, contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, CBR en laboratorio, Proctor modificado (Método C).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS



CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada, por lo cual se aplicará los conocimientos técnicos, especificaciones técnicas, procedimientos estipulados en la normativa vigente para mejorar el material granular que conforma un pavimento, puesto que los pavimentos en la ciudad de Chimbote se deterioran en un corto plazo, no cumpliendo con la vida útil para la que fue diseñada.

3.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es correlacional, ya que muestra la relación entre la variable independiente que corresponde al material granular y la variable dependiente “Diseño de mezclas de material granular de tres canteras”. Se realizó ensayos para evaluar el material granular de tres canteras y crear un material granular con propiedades optimas en pavimentos.

3.3. Diseño de la investigación

El diseño de investigación es Experimental, y de tipo Cuasiexperimental, ya que la variable independiente se manipula antes de calcular la variable dependiente, mediante los ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de suelos y Tecnología de Concreto de la Universidad Nacional del Santa a las muestras de tres canteras de la Ciudad de Chimbote (La Sorpresa, San Pedrito, Cambio Puente) se optimizará las propiedades del material granular y se verificará que cumpla con los parámetros establecidos en la normativa vigente para construir pavimentos con mayor vida útil.



3.4. Unidad de Análisis.

La unidad de análisis corresponde a las tres canteras analizadas.

3.5. Ubicación.

La ubicación de las 03 canteras se detalla a continuación:

A) Cantera Cambio Puente:

Localidad	:	Cambio Puente
Distrito	:	Chimbote
Provincia	:	Santa
Departamento	:	Ancash

B) Cantera San Pedrito

Localidad	:	Besique
Distrito	:	Nuevo Chimbote
Provincia	:	Santa
Departamento	:	Ancash

C) Cantera La Sorpresa

Localidad	:	Chimbote
Distrito	:	Chimbote
Provincia	:	Santa
Departamento	:	Ancash



3.6. Población y muestra.

En esta investigación la población y muestra es la misma y a la vez finita. Y está formado por siguientes canteras:

- La sorpresa
- San Pedrito
- Cambio Puente

La muestra es no probabilística, elegida por criterio a conveniencia del investigador.

3.7. Variables.

3.7.1. Variable Independiente

Material Granular.

3.7.2. Variable Dependiente

Diseño de mezclas del material granular.



“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

3.7.3. Matriz de consistencia

Tabla 11.

Matriz de consistencia

PROBLEMA		OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	
PROBLEMA GENERAL	¿Cuál será el diseño óptimo de las tres canteras para optimizar las propiedades de los pavimentos en Nuevo Chimbote?	Realizar el diseño de mezclas de material granular de tres canteras para optimizar sus propiedades en pavimentos	Si se realiza el diseño de mezclas de material granular de tres canteras entonces se podrá optimizar sus propiedades en pavimentos, Nuevo Chimbote 2020	VARIABLE INDEPENDIENTE	Material Granular
	PROBLEMA ESPECÍFICO 1	Verificar la granulometría del material granular de las tres canteras elegidas.	La granulometría del material granular de las canteras elegidas, se encuentran fuera del huso granulométrico para material de base y sub base en pavimentos.	VARIABLE DEPENDIENTE	Diseño de mezclas del material granular
¿Cuál será el resultado del análisis granulométrico del material granular de las tres canteras elegidas?	VARIABLE INDEPENDIENTE			Análisis granulométrico del material granular	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	PROBLEMA ESPECÍFICO 2	Determinar la dosificación óptima de material granular usado para base y sub base de las tres canteras elegidas.	La dosificación óptima contara con porcentajes similares para cada una de las canteras elegidas	VARIABLE DEPENDIENTE	Dosificación optima
	¿Cuál será el resultado de realizar el mejoramiento del material granular usado para base y subbase de las canteras elegidas?			VARIABLE INDEPENDIENTE	Canteras elegidas
	PROBLEMA ESPECÍFICO 3	Verificar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la mezcla óptima resultante de material granular de las tres canteras elegidas	La verificación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la mezcla de los materiales de las canteras elegidas serán favorables, quedando dentro de los parámetros establecidos.	VARIABLE DEPENDIENTE	Propiedades físicas del material granular Propiedades químicas del material granular Propiedades mecánicas del material granular
¿Cuáles serán las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la mezcla óptima resultante de material granular de las tres canteras elegidas?	VARIABLE INDEPENDIENTE			Canteras elegidas	

Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2020)*



3.7.4. Operacionalización de variables.

Tabla 12.

Operacionalización de variable: Material Granular

Variable	Nombre de la variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	instrumento	Escala valorativa	Escala de medición
Indep.	Granular Material	Material granular: capa de material pétreo, piedra triturada que se utiliza en las capas de los pavimentos.	El análisis de la estabilización granulométrica fue dilucidado por el régimen cantidad a través de protocolos y formatos de, con la finalidad de obtener resultados numéricos	Composición de tamaño de las partículas del material granular	Simulación de estabilización granulométrico de mezclas de tres canteras.	Ensayos de laboratorio de suelos	De acuerdo a la utilidad: Muy bueno Bueno Regular Malo Muy Malo	Nominal

Fuente: *Elaboración Propia Torres y Yacila (2020)*



“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

Tabla 13.

Operacionalización de variable: Diseño de mezclas de material Granular

Variable	Nombre de la variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala Valorativa	Escala de Medición
Dependiente	Diseño de mezclas de material Granular	Los Suelos granulares están constituidas básicamente por gravas, arenas y (Juárez y Rico, 2005). Sus partículas son obedecen a un Huso Granulométrico (Bañón y Beviá, 2000).	El análisis para la estabilización granulométrica que se ajuste al huso granulométrico como lo establece el MTC fue descifrado por el Método Cuantitativo: Este método consiente valorar una muestra mediante una serie de modelos, ritos, etc., con el fin de lograr efectos Numerales.	Propiedades físicas, químicas y mecánicas de las mezclas de tres canteras	Distribución granulométrica Contenido de Humedad. Proctor modificado CBR	Ensayos de laboratorio suelos	Cbr>80%: Adecuado para bases granulares para pavimentos urnanos.	Numérica

Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2020)*



3.8. Instrumentos

Todos los ensayos realizados correspondientes a la mecánica de suelos para obtener las propiedades físicas, químicas y mecánicas del material granular extraídas de la cantera para fines de base y sub base en pavimentos, hemos registrado los datos con apoyo de los pasos estandarizados por la norma ASTM acoplada a los requerimientos de nuestro país mediante el Manual de Ensayo de Materiales MTC (2016).

Por lo antes mencionado, los principales instrumentos utilizados han sido las siguientes:

- ASTM D 422 “Análisis Granulométrico por tamizado” (MTC E 107).
- ASTM D 4318 “Límite líquido” (MTC E 110).
- ASTM D 4318 “Límite plástico e índice de plasticidad” (MTC E 111).
- ASTM C 131 “Abrasión Los Ángeles” (MTC E 207).
- ASTM D 2419 “Equivalente de Arena” (MTC E 114).
- “Sales Solubles en agregados para pavimentos flexibles” (MTC E 219).
- ASTM D1883 “CBR de laboratorio” (MTC E 132)
- ASTM D 5821 “Porcentaje de partículas fracturadas” (MTC E 210).
- ASTM D 4791 “Partículas chatas y alargadas en agregados” (MTC E 223).
- ASTM C 88 “Partículas chatas y alargadas en agregados” (MTC E 209).

3.9. Procedimientos

3.9.1. Ensayos de Laboratorio.

3.9.1.1. Determinación del contenido de humedad (MTC E 108).

Procedimiento:

- Se pesó eligieron 3 taras, se nombró M1, M2, M3 respectivamente y se pesaron. Se registró el valor para luego realizar el cálculo respectivo. (MC)
 - Se colocó una muestra de suelo en una tara, luego se pesó la muestra de suelo más la tara y se registró el valor indicado. Este procedimiento se realizó a 3 muestras de suelos. (MCWS)
 - Se colocó la tara con las muestras en un horno a temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta lograr una masa constante, lo cual ocurre, en la mayoría de los casos en un tiempo aproximado de 12 a 16 horas.
 - Luego se retiró la tara del horno. La muestra y la tara fue dejada reposar y enfriar a temperatura de ambiente para ser manipulada de manera cómoda.
 - Para finalizar se registró el peso de la tara y la muestra seca. Se registraron los valores obtenidos para posteriormente realizar el cálculo. (MCS)
- Cálculos.

El contenido de agua de la muestra se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

- W = es el adjunto de humedad, (%).
- $MCWS$ = es el peso de la tara más el suelo húmedo, en gramos.
- MCS = Es el peso del inclusivo más el suelo secado en horno en gramos.
- MC = Es el peso de la tara, en gramos.
- MW = Es el peso del agua en gramos.
- MS = Es el Peso de las partículas Sólidas en gramos.

Figura 15. *Iniciación del proceso de secado de la muestra de suelo*



Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2020).*



3.9.1.2. Análisis granulométrico de suelos por tamizado. (MTC E 108)

Procedimiento:

- Se secó una muestra de suelo en un horno a una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Se preparó y limpio la serie de tamices a utilizar. Luego se colocó la muestra de suelo dentro de los tamices desde la parte alta y se ajustó la tapa superior para no causar pérdida de material.
- Se inició con el proceso de tamizado, luego se pesó la muestra de suelo retenida en cada tamiz para realizar los cálculos respectivos.
- Cálculos.

El valor del análisis del tamiz para la fracción que pasa por 4.760 mm.

(No. 4): El porcentaje de sustancia que pasa a través del tamiz de 0.074 mm (No. 200) se calcula como:

$$\% \text{ Pasa } 0.074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el tamiz de } 0.074}{\text{Peso Total}} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

La tasa de retención para cada tamiz se calcula como:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

Se calcula el mejor porcentaje. Porcentaje acumulado menos 100% retenido por tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado} \dots\dots\dots (7)$$

Figura 16. *Proceso de tamizado de la muestra de suelo*



Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2020).*

3.9.1.3. Determinación del límite líquido de los suelos. (MTC E 110)

Procedimiento:

- Se verifico que el material a utilizar no cuente con partículas retenidas por el tamiz N° 40.
- Se coloco el material en la cazuela y se extendió sobre la superficie, procurando no dejas burbujas de aire.
- Se acciono la cazuela a razón de 2 golpes por segundo aproximadamente, luego se extrajo una parte del suelo. El suelo sobrante se pasa por la zona de mezclado y con agua destilada se varia la humedad según necesite aumentar o disminuir el número de golpes.
- Se lavo y se limpió el ranurador como la cazuela.

- Es importante que los datos de los golpes estén comprendidos en los siguientes intervalos (25.-35,20-30,15-25).
- Se registró el valor del peso de recipiente más la porción de suelo.
- Se colocó la muestra en el horno a una temperatura de ± 110 °C y una vez se obtengan valores de masa constante, luego se pesó el suelo seco más recipiente.
- Se registraron los valores para realizar los cálculos respectivos.

Figura 17. *Equipo Copa de casa Grande*



Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2020).*

- Cálculos

Contenido de humedad de cada una de las muestras tomadas:

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

Donde:

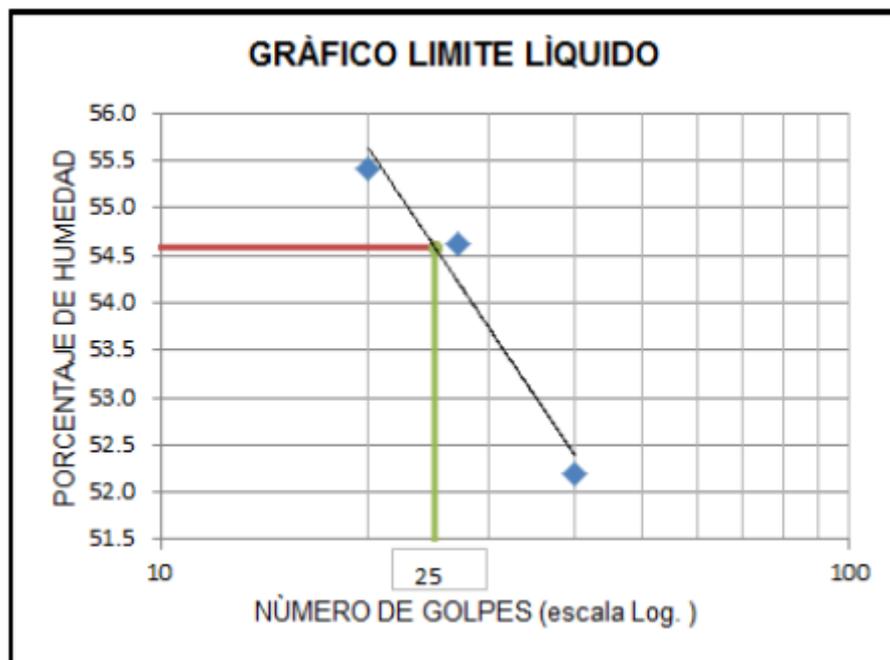
W%: Contenido de Humedad

Ww: Peso de agua presente en la masa de suelo

Ws: Peso seco de los solidos

Curva de Fluidez. Contenido de Humedad vs Numero de Golpes.

Figura 18. Gráfico para determinar el límite líquido



Fuente: Elaboración propia Torres y Yacila (2020).

3.9.1.4. Determinación del límite plástico (LP) de los suelos e índice de plasticidad (IP). (MTC E 111)

Procedimiento:

- De la muestra de suelo que se utilizó en el ensayo para determinar el límite líquido, se utilizó 15 gramos para determinar el límite plástico.
- Se seleccionó 2 gramos de la muestra.
- Se hizo rodar la porción de la muestra entre la palma de la mano y la superficie, aplicando una presión constante.
- Se formó un rollo de diámetro uniforme en la totalidad de la longitud. El diámetro del rollo fue aproximadamente de 3.2 cm.
- Para finalizar se coloca los rollos en un recipiente con peso conocido para luego ser pesado y obtener el contenido de humedad que permitió realizar este ensayo. Estos rollos deben tener un peso mínimo de 6 gramos.
- Cálculos

El límite plástico es el valor promedio del contenido de humedad en estos dos informes. Se define como porcentaje de humedad en números aproximados y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

El índice de plasticidad del suelo se puede definir como la resta entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

$$I.P. = L.L. - L.P. \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

L.L= Limite Líquido

L.P= Limite Plástico.

L.L y L.P., Son números enteros.

Figura 19. *Ensayo para determinar el límite plástico*



Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2020).*

3.9.1.5. Compactación de suelos en laboratorio manejando una energía reformada (Proctor modificado). (MTC E 115)

Procedimiento

- Se realizó proceso de tamizado a la muestra de suelo. Se verifico que la muestra no presente un porcentaje retenido en el tamiz de $\frac{3}{4}$ ” mayor al 30%.
- Las muestras se colocaron en un recipiente de aluminio para luego iniciar el proceso de humedecimiento.
- Se procedió a realizar la compactación del material dentro del mismo. El material se debe disponer en cinco (5) capas y a cada una de ellas se debe proporcionar cincuenta y seis (56) golpes.
- Se aseguró que cada golpe alcance la altura máxima de caída y que la superficie de contacto con la cara del martillo sea total. También se debe cumplir que la última capa sobrepase el borde del molde en una altura no mayor a 6mm.
- Al término de la compactación, la camisa superior fue retirada y con ayuda de la espátula cuyas características cumplan las condiciones para el procedimiento, se lleva a cabo el enrasado.
- Una vez se ha enrasó el molde, este se retira de su placa base y se registró su peso.
- El material fue retirado del molde, para cada uno de los ensayos se tomaron muestras para determinar el contenido de humedad.



- Cálculos.

La densidad húmeda se calcula de la siguiente manera:

$$\rho_m = 1000 \frac{(M_t - M_{md})}{V} \dots\dots\dots (10)$$

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

ρ_m = Densidad húmeda del espécimen compactado (kg/m³).

M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)

M_{md} = Masa del molde de compactación (kg)

V = Volumen del molde de compactación (kg)

La densidad seca se calcula de la siguiente manera:

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \text{ en } \frac{\text{lbf}}{\text{pie}^3} \dots\dots\dots (12)$$

$$\gamma_d = 9.807 \rho_d \text{ en } \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \dots\dots\dots (13)$$

γ_d = Peso unitario seco del espécimen compactado.

Figura 20. *Ensayo para determinar el grado de compactación*



Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2020).*

3.9.1.6. CBR de suelos en el laboratorio. (MTC E 132)

Procedimiento

- Se preparó la muestra para que tenga el óptimo contenido de humedad y que tenga como máximo tamaño a partículas de 19 mm.
- Se calculó al área, volumen y peso del molde. Posteriormente se armó el equipo de compactación y se aseguró que el equipo de compactación se encuentre en un plano horizontal libre de pendientes e irregularidades.
- Se introdujo el disco espaciador sobre la base perforada y sobre este un filtro de manera que el suelo no presente adherencia con el disco espaciador durante el proceso de compactación.

- Se llevó a cabo el proceso de compactación, luego se retiró la camisa superior del molde y se enrasa la muestra. Del material sobrante se toma una muestra representativa para determinar el porcentaje de contenido de humedad.
- Luego se llevó el conjunto a la máquina de compresión y con una presión no mayor a 4.5 kg se presionó el pistón de penetración sobre la muestra.
- Luego que se realizó el paso anterior se llevó a cero al deformímetro de carga y al deformímetro de penetración.
- Se inició el proceso de compresión con una velocidad de penetración de 1.27 mm por minuto.
- Para terminar, se registraron las profundidades para elaborar la curva de carga vs penetración.
- Cálculos.

Presión de humedad. La proporción de agua que se debe agregar al suelo a su contenido de humedad normal hasta que el suelo alcanza el contenido de humedad predeterminado, se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100 \dots\dots\dots (14)$$

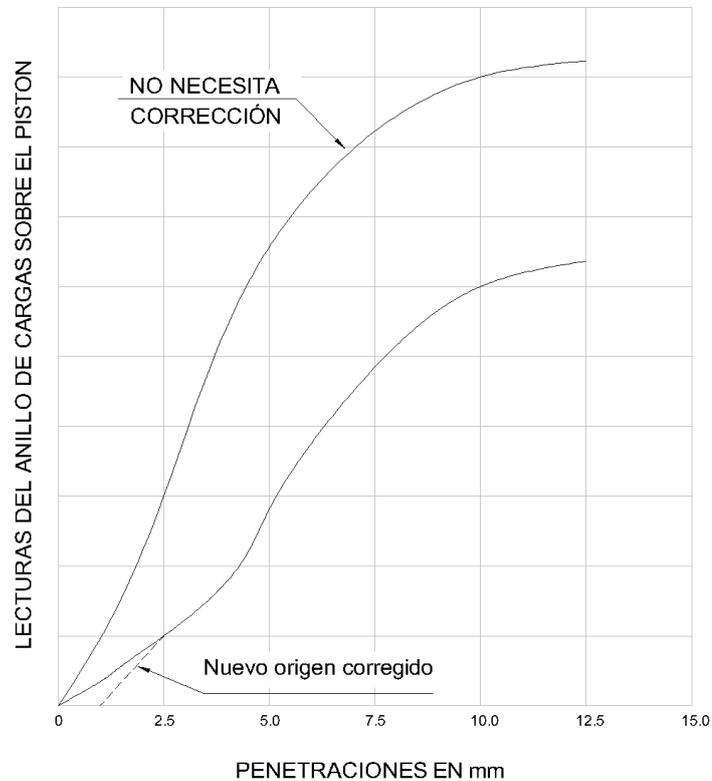
Donde:

H = Humedad prefijada.

h = Humedad natural

% de agua a añadir

Figura 21. Órbita para procesamiento de datos de índice de CBR



Fuente: MTC (2016), Manual de ensayo de materiales, p.256

La Expansión se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2-L1}{127} \times 100 \dots\dots\dots (15)$$

Donde:

L1= Lectura inicial en mm.

L2= Lectura final en mm.

El índice del CBR se obtiene de la siguiente manera:

$$CBR = \frac{C1}{CE} \times 100$$

Donde:

CBR= Índice de CBR

C1= Carga obtenida en lb/plg²

CE= Carga Estándar en lb/plg²

Las características de la muestra estándar son las siguientes:

Tabla 14.

Tipologías de la muestra patrón CBR

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m ²	kgf/cm ²	lb/plg ²
2.54	0.10	6.90	70.31	1.00
5.08	0.20	10.35	105.46	1.50

Fuente: MTC (2016), *Manual de Ensayos de Materiales*, p. 255

Figura 22. *Máquina para determinar la penetración del CBR*



Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2020).*

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis e interpretación de resultados

4.1.1 Determinación de características físicas del material granular de las canteras elegidas

Tabla 15.

Condición física del material granular de las canteras elegidas

Condición física del material granular de las canteras					
Físicas		San Pedrito (Nuevo Chimbote)	Cambio Puente (Chimbote)	La Sorpresa (Chimbote)	
Base y Sub base de pavimentos	Análisis Granulométrico (ASTM – D421)	Se encuentra ligeramente fuera de las gradaciones	Se encuentra ligeramente fuera de las gradaciones	Se encuentra totalmente fuera de las gradaciones	
		%GRAVAS	64.59%	45.22%	100.00%
	PARTÍCULAS	%ARENAS	24.06%	44.96%	0.00%
		%FINOS	11.35%	9.82%	0.00%
	Límites de Consistencia (ASTM – D4318)	Límite líquido	N.P.	N.P.	N.P.
		Límite plástico	N.P.	N.P.	N.P.
		Índice de plasticidad	N.P.	N.P.	N.P.
	Clasificación SUCS	GP - GM	GP - GM	GP	
	Clasificación AASHTO	A-1-a(0)	A-1-a(0)	A-1-a(0)	

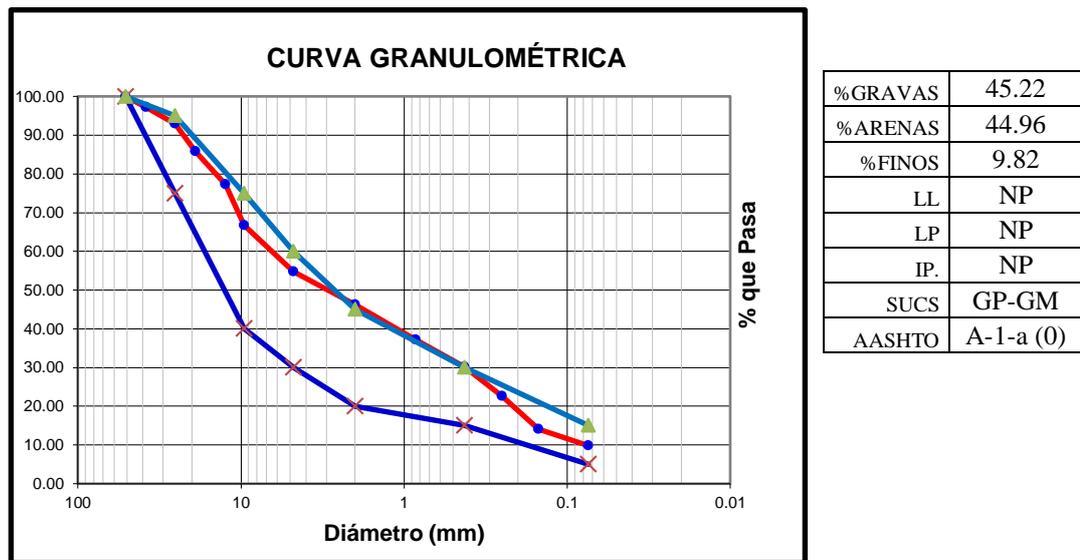
Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2021)*

En la tabla 15 se puede observar las propiedades físicas que presenta cada una de las canteras analizadas; según se puede apreciar las canteras de San Pedrito y Cambio Puente cuentan con presencia de Arenas y Finos, mientras que la cantera La Sorpresa no las tiene, esto se debe a que en esta cantera no se cuenta con material granular, por lo que tuvimos por conveniencia mezclar con la piedra chancada, esto para mejorar la capacidad de resistencia de la mezcla resultante

Para visualizar e interpretar con más detalle mostraremos las curvas y la gradación granulométrica de cada cantera

- Granulometría: Cantera Cambio Puente

Figura 23. Curva Granulométrica Cantera Cambio Puente

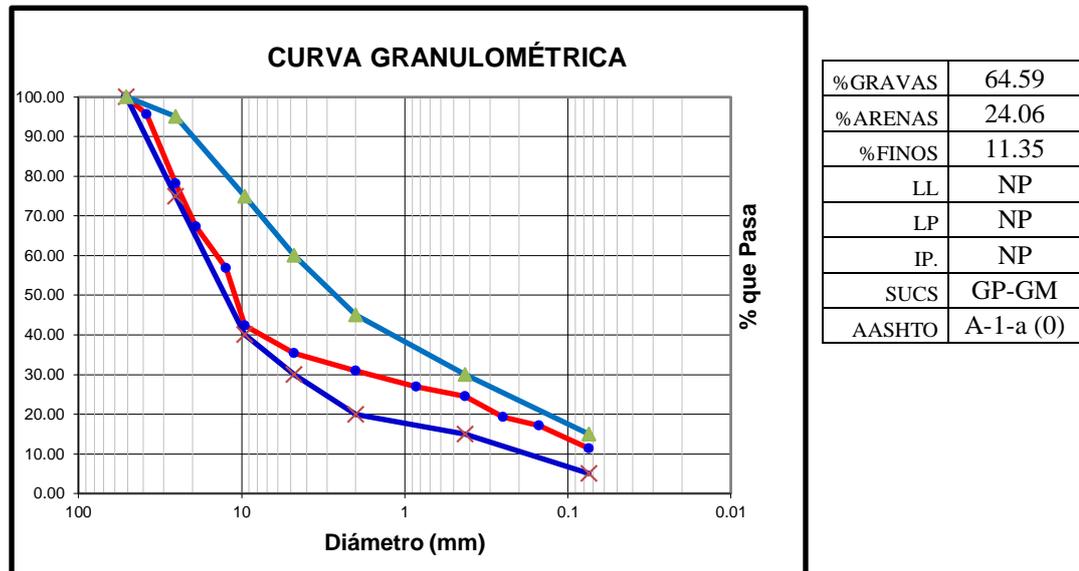


Fuente: Elaboración propia Torres y Yacila (2021)

Aquí se puede observar un ligero desfase en la gradación para la malla N°10 (2mm) de la curva granulométrica (color rojo) donde el porcentaje que pasa es de 46.26% mientras que las especificaciones muestran el rango de 20-45.

- Granulometría: Cantera San Pedrito

Figura 24. Curva Granulométrica Cantera San Pedrito

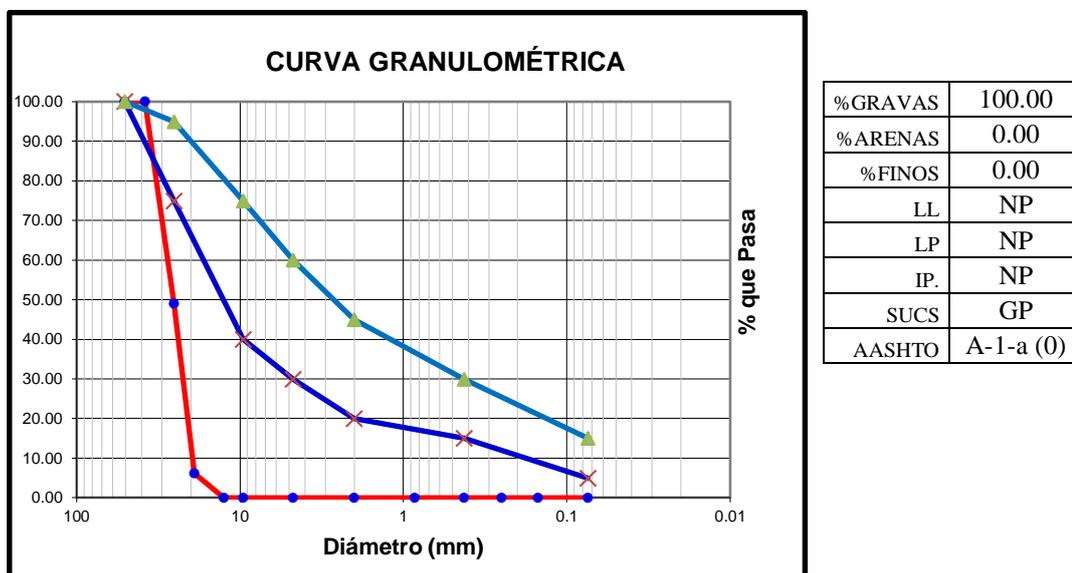


Fuente: Elaboración propia Torres y Yacila (2021)

Aquí podemos visualizar una ligera desviación de la curva (color rojo) con respecto a las gradaciones tal es así que, en la malla de 1” el porcentaje que pasa es de 78.13%, mientras que las especificaciones muestran un rango de 75 – 95. Esto muestra una diferencia con respecto al tope inferior de 3.13%, este porcentaje resulta ínfimo con respecto a la muestra tomada.

- Granulometría: Cantera La Sorpresa

Figura 25. Curva Granulométrica Cantera La Sorpresa



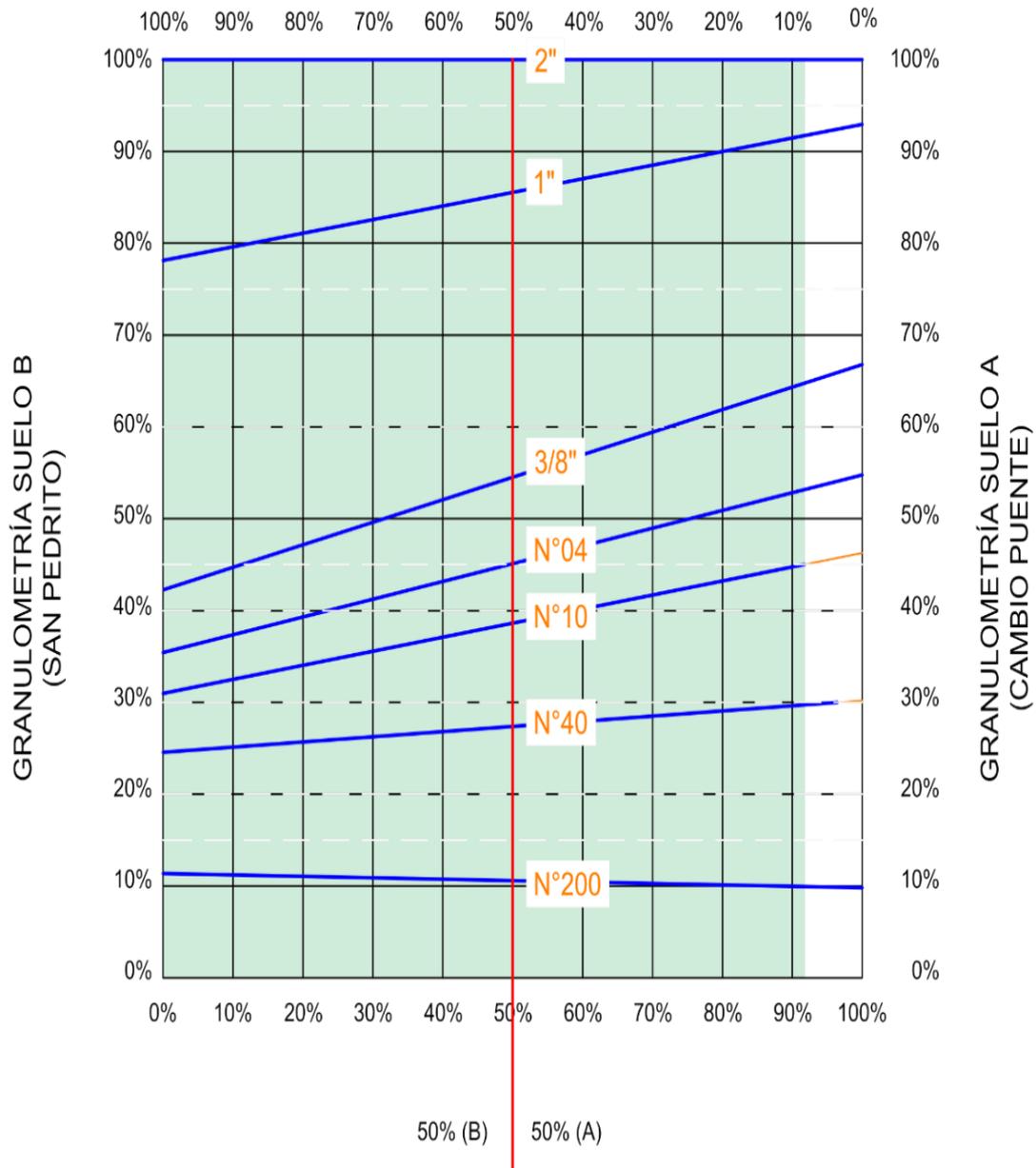
Fuente: Elaboración propia Torres y Yacila (2021)

Mientras que en la cantera “La sorpresa” ya que no hay material granular para base y subbase para pavimentos, decidimos colocar el material por excelencia de la misma, tomando gravas con dicha granulometría, la sometimos al tamizado correspondiente para materiales granulares para poder diseñar posteriormente las mezclas, se puede apreciar; evidentemente que se encuentra muy desfasada.

4.1.2 Diseño de mezclas del material granular de las tres canteras elegidas

Para el diseño de mezclas del material granular de las tres canteras elegidas, se tomó como punto de partida un método gráfico que permitió calcular de manera más detallada las mezclas de los materiales granulares. Para ello se trabajó con el siguiente ábaco:

Figura 26. Diseño de mezclas Cantera Cambio Puente (A) con Cantera San Pedrito (B)



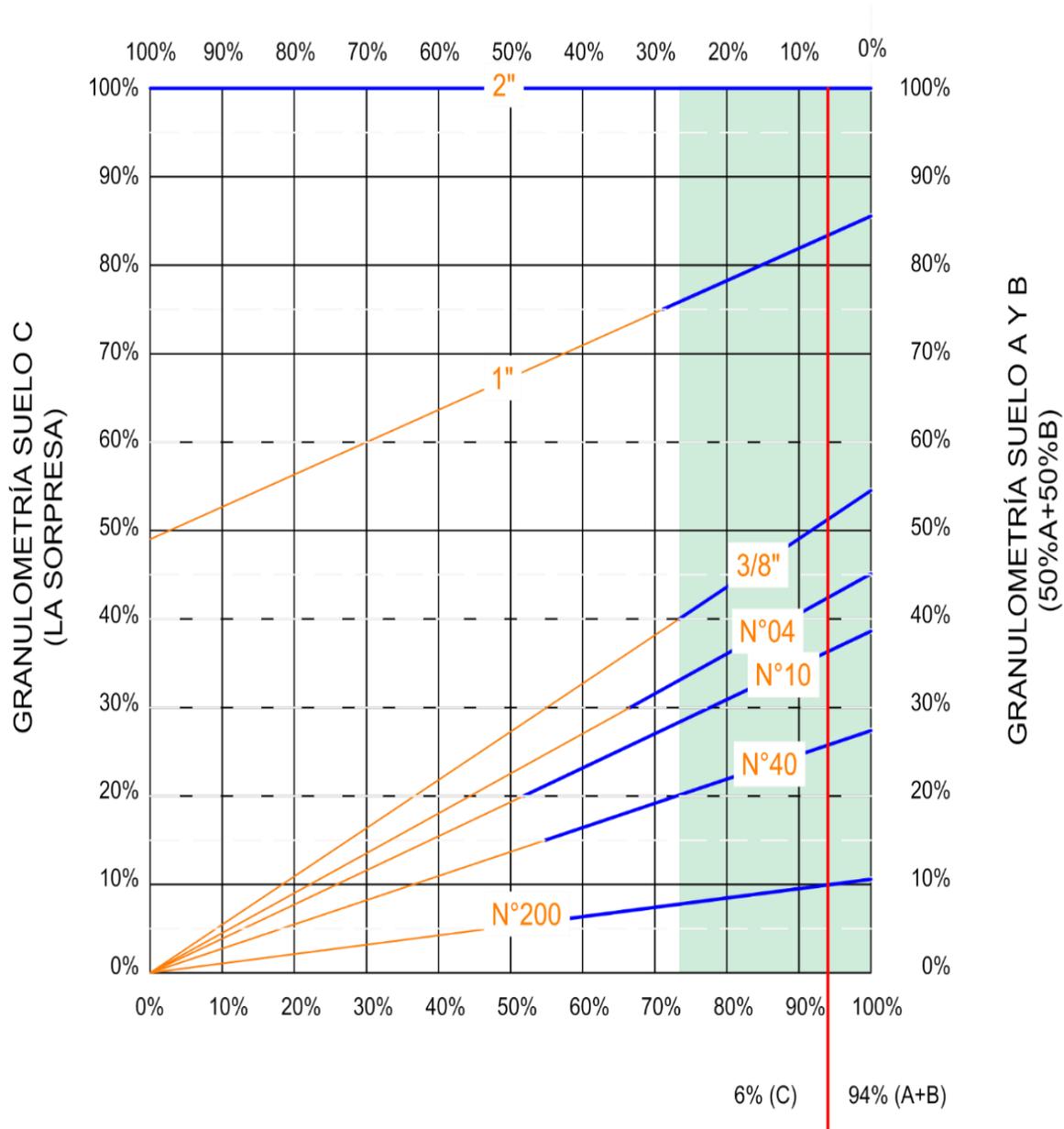
Fuente: Elaboración propia Torres y Yacila (2021)



En la figura anterior se evidencia; la gráfica de la mezcla del material granular de las canteras San Pedrito (B) y Cambio Puente (A), como se puede observar; se colocaron los porcentajes que pasan por los tamices estandarizados en la gradación B descritos por el MTC para material de base en las caras laterales de la gráfica de manera vertical. Luego uniendo dichos puntos obtenemos líneas como las azules, después, colocamos líneas horizontales descritas por las especificaciones técnicas, tales que corten estas líneas azules como se aprecia en la figura, por ejemplo; para la malla N°10 los límites permisibles de las especificaciones son de 20% y 45%, es así que se corta la línea azul quedando un restante de color naranja, luego se genera la región permisible para el diseño de mezcla con el corte de menor porcentaje.

Como resultado obtenemos un diseño de mezclas del 50% para la cantera San Pedrito (B) y 50% para la cantera Cambio Puente (A), se decidió tomar este valor para facilitar el proceso de mezclado en laboratorio y en vista que en la curva granulométrica se presentan similares puntos de inflexión con direcciones distintas.

Figura 27. Diseño de mezclas Canteras Cambio Puente y San Pedrito (50%A+50%B) con Cantera La Sorpresa (C)



Fuente: Elaboración propia Torres y Yacila (2021)



Luego de diseñar la mezcla de las canteras San Pedrito (B) y Cambio Puente (A), trasladamos los puntos que corta la línea roja al lado derecho de la gráfica, para volver a mezclar con la cantera La sorpresa (C).

Aplicando el mismo principio de la combinación anterior, colocamos los porcentajes que pasan de cada tamiz en la parte lateral izquierda y procedemos a unir los puntos mediante líneas azules, del mismo modo cortamos con líneas punteadas horizontales correspondientes a las especificaciones de las gradaciones, para finalmente, achurar la región de porcentajes admisibles para el diseño de mezclas.

Por último, aplicando el criterio de es económicamente viable, tomamos un 6% de la cantera La Sorpresa (C) y 94% de la mezcla de las canteras iniciales (50% A+50%B).

Teniendo los resultados del diseño, procedemos a calcularla de la siguiente manera:

$$\text{Cantera C} = 6\%$$

$$\text{Cantera B} = 94\% * 50\% = \frac{94}{100} * 50\% = 47\%$$

$$\text{Cantera A} = 94\% * 50\% = \frac{94}{100} * 50\% = 47\%$$

De esta manera, tenemos los siguientes porcentajes:



Tabla 16.

Dosificación de Material Granular de las Canteras Elegidas

Dosificación	Cantera Cambio Puente (A)	Cantera San Pedrito (B)	Cantera La Sorpresa (C)
Porcentajes	47%	47%	6%

Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2021)*

4.1.3 Propiedades físicas, químicas y mecánicas del material granular resultante del diseño de mezclas

Una vez obtenidos los porcentajes definitivos, procedemos a realizar los ensayos correspondientes al material de Base y Sub Base definidos por el MTC.

- Granulometría: Mezcla 47%, 47% y 6%

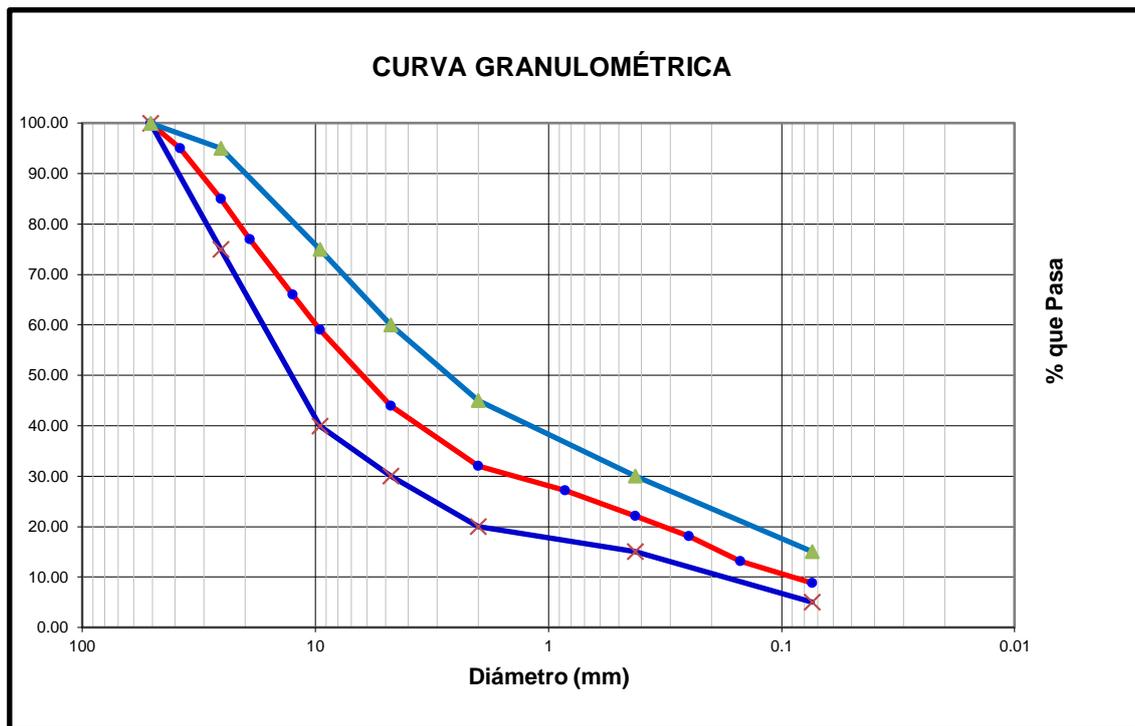
Tabla 17.

Límites permisibles de la granulometría Gradación B de la Mezcla 47%, 47% y 6%.

LÍMITE INFERIOR	CURVA	LÍMITE SUPERIOR
100.00	100.00	100.00
75.00	85.00	95.00
40.00	59.00	75.00
30.00	44.00	60.00
20.00	32.00	45.00
15.00	22.13	30.00
5.00	8.81	15.00

Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2021)*

Figura 28. Curva Granulométrica de la mezcla 47%, 47% y 6%



Fuente: Elaboración propia Torres y Yacila (2021)

Según muestra la figura anterior, luego de realizar la combinación del material granular de las tres canteras, obtenemos una curva totalmente perfectamente dentro de las gradaciones establecidas por el MTC.

Luego de realizar los demás ensayos para las propiedades físicas, químicas y mecánicas obtenemos lo siguiente:

Tabla 18.

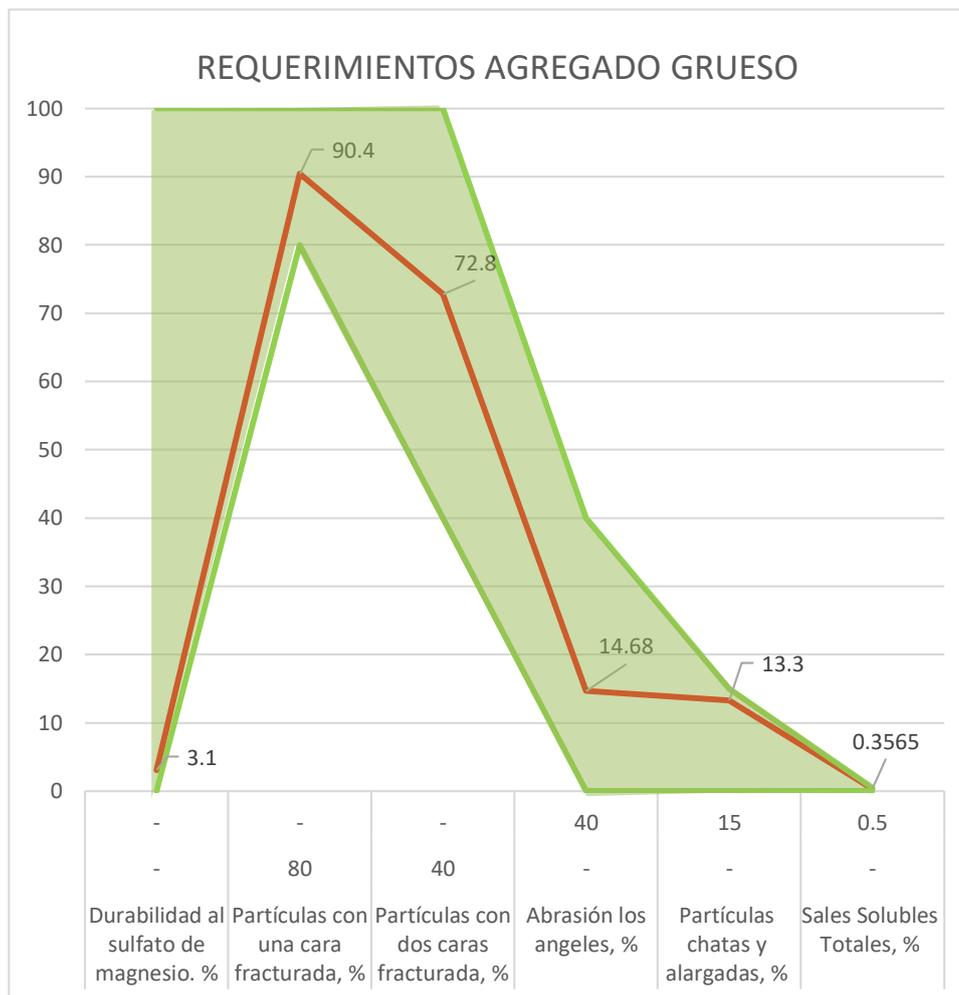
Rangos del resultado para Agregado Grueso

REQUERIMIENTOS AGREGADO GRUESO			
		<3000 msnm	
	Mínimo	Máximo	Resultados
Durabilidad al sulfato de magnesio. %	-	-	3.1
Partículas con una cara fracturada, %	80	-	90.4
Partículas con dos caras fracturadas, %	40	-	72.8
Abrasión los ángeles, %	-	40	14.68
Partículas chatas y alargadas, %	-	15	13.3
Sales Solubles Totales, %	-	0.5	0.3565

Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2021)*

En esta tabla se muestran los resultados de los ensayos para el agregado grueso del material granular con respecto a los requerimientos según la tabla 403 – 3 del Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción del MTC.

Figura 29. *Requerimientos del Agregado Grueso*



Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2021)*

En la figura 29 se evidencia claramente los resultados en la línea color roja que está dentro de la región verde que son los límites permisibles de los requerimientos de ensayos para agregados gruesos de bases granulares. Se obviaron los límites permisibles para sub bases granulares, ya que las especificaciones más rigurosas y críticas son las de bases granulares.



Tabla 19.

Rango de resultados para Agregado Fino

REQUERIMIENTOS AGREGADO FINO			
	<3000 msnm		
	Mínimo	Máximo	
Índice plástico, %	-	4	NP
Equivalente de arena, %	35	100	60
Durabilidad al sulfato de magnesio. %	-	-	6.32
Sales Solubles Totales, %	-	0.5	0.431

Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2021)*

En esta tabla se muestran los resultados de los ensayos para el agregado fino del material granular con respecto a los requerimientos según la tabla 403 – 4 del Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción del MTC.

Figura 30. *Requerimientos del Agregado Fino*



Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2021)*

- Límite líquido e índice de plasticidad: Mezcla 47%, 47% y 6%

En la figura 30 se evidencia claramente los resultados en la línea color roja que está dentro de la región verde que son los límites permisibles de los requerimientos de ensayos para agregados gruesos de bases granulares. Se obviaron los límites permisibles para sub bases granulares, ya que las especificaciones más rigurosas y críticas son las de bases granulares.

Tabla 20.

Condiciones mecánicas de las combinaciones de material granular de las canteras elegidas

Condición mecánica de la combinación de material granular (47%, 47% y 6%)			
Base y Sub base de pavimentos	Mecánica	Mezcla 47%, 47% y 6%	
	Proctor Modificado (ASTM D-1557)	MDS	2.32%
		OCH	7.80%
	California Bearing Ratio CBR (ASTM D-1883)	AI 100%MDS	94%
AI 95%MDS		81%	

Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2021)*

Aquí se observa que, según la tabla 403 – 02 del Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción del MTC. Los resultados del Valor Relativo de Soporte, CBR cumple con las condiciones para Tráfico en ejes equivalentes ($<10^6$).



4.2 Discusiones

- Una de las soluciones para mejorar el material de base y subbase granular en pavimentos es la adición de diferentes materiales, Ramírez & Hincapié (2018) obtienen que, para material de subbase granular con adición de 1.5% de tereftalato de polietileno (PET) un CBR de 84.92% mientras que en la presente investigación se obtuvo un CBR de 94%, cumpliendo en ambos casos los límites permisibles de la presente norma y para un tráfico con ejes equivalentes menores a 10^6 , siendo esta la solución más factible con respecto a este aditivo.
- Por otro lado, Carvajal, Rincón & Zarate (2018) determinaron que el CBR del material de afirmado para vías con adición de 5% de ceniza de cascarilla de arroz llega a un 55.16%, siendo óptimo para material de afirmado mientras que con una adición del 20% de material reciclado de escombros; este llega a 119.91% de CBR. Con ello se podría hacer un estudio económico de ello para determinar si es más factible mejorar el material para pavimentos con aditivos o a través del diseño de mezclas de diferentes canteras.
- En la investigación de Lozada se analiza material de afirmado para tres canteras: La loma, Las Paguillas y Limones; independientemente se determinó su capacidad de soporte CBR resultando 46%, 47.4% y 25%, luego de obtener estos resultados se hizo la combinación de estos materiales como propuesta de mejoramiento observando un aumento de la capacidad de soporte CBR a 78% para la combinación de La Loma (45%) y Limones (55%), así mismo se calculó un CBR de



73.5% para una combinación de Las Paguillas (55%) y Limones (45%). La presente tesis obtuvo una capacidad de soporte con material granular para base y sub base, es por ello que el CBR adoptó un valor de 94%, este resultado es más elevado con respecto a los de Lozada que son de material de afirmado.

- La cantera San Pedrito fue analizada en la tesis de Romero (2018). Donde obtiene resultados para material de afirmado, la cual presentó un CBR de 38% por debajo de las exigencias del MTC que son de 40% como mínimo para estos materiales, así mismo en la presente investigación notamos que la curva granulométrica del material granular de esta cantera fue deficiente estando ligeramente fuera de las gradaciones.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES



CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.1.1. Se verificó la granulometría del material granular de las tres canteras elegidas, y se obtuvo:

Tabla 21.

Granulometría del material granular de las tres canteras

Condición física del material granular de las canteras					
Base y Sub base de pavimentos	Propiedades físicas		San Pedrito (Nuevo Chimbote)	Cambio Punte (Chimbote)	La Sorpresa (Chimbote)
			Se encuentra ligeramente fuera de las gradaciones	Se encuentra ligeramente fuera de las gradaciones	Se encuentra totalmente fuera de las gradaciones
	Análisis Granulométrico (ASTM - D421)				
		%GRAVAS	64.59%	45.22%	100.00%
	PARTÍCULAS	%ARENAS	24.06%	44.96%	0.00%
		%FINOS	11.35%	9.82%	0.00%
	Límites de Consistencia (ASTM - D4318)	Límite líquido	N.P.	N.P.	N.P.
		Límite plástico	N.P.	N.P.	N.P.
		Índice de plasticidad	N.P.	N.P.	N.P.
		Clasificación SUCS	GP - GM	GP - GM	GP
		Clasificación AASHTO	A-1-a (0)	A-1-a (0)	A-1-a (0)

Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2021)*

En las tres canteras elegidas, según la curva granulométrica de la figura 23, 24 y 25 se pudo observar que se encontraron ligeramente fuera de las gradaciones. Esto no permite que sean materiales adecuados para su uso en base y subbase para pavimentos trabajándose independientemente.



5.1.2. Se determinó la dosificación del material granular de las canteras elegidas, A= 47%, B= 47% y C= 6%; donde A= Cambio Puente, B= San Pedrito y C= La Sorpresa.

5.1.3. Se verificaron las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la mezcla resultante. Dónde: la curva granulométrica se encontró perfectamente dentro de las especificaciones de los límites permisibles, tal es así que obtuvimos las siguientes características en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y mecánicas:

Tabla 22.

Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la mezcla 47%, 47% y 6%

Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la mezcla 47%, 47% y 6%				
Propiedades Físicas	Granulometría	Gravas	56.00 %	
		Arenas	35.19 %	
		Finos	8.81 %	
	Límite Líquido			NP
		Índice de plasticidad		NP
		Abrasión Los Ángeles		14.68 %
		Equivalente de Arena		60.00 %
	Partículas fracturadas	Una cara fracturada		90.40 %
		Dos caras fracturadas		72.80 %
		Partículas chatas y alargadas		13.30 %
Propiedades Químicas	Sales Solubles	A. Fino	0.4310 %	
		A. Grueso	0.3565 %	
	Durabilidad al sulfato de magnesio	A. Fino	6.32 %	
		A. Grueso	3.10 %	
Propiedades mecánicas	Proctor Estándar	MDS	2.32 gr/cm ³	
		OCH	7.80 %	
	CBR (Penetración 0.1")	Al 100% de MDS	94.00 %	
		Al 95% de MDS	81.00 %	

Fuente: *Elaboración propia Torres y Yacila (2021)*



Habiéndose realizado la mezcla en los porcentajes ya indicados se concluye que esta mezcla si cumple con lo establecido en el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para construcción del MTC, según lo indicado en la tabla 403-05 Ensayos y frecuencias para bases granulares, como se indica en dicho manual. Por lo cual la hipótesis de esta investigación es verdadera.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda que para las futuras obras de pavimentación donde sus partidas a ejecutar seas pavimentación flexible se realice usando los resultados obtenidos de esta investigación, dado que al realizar la mezcla se cumple con los establecido en el Manual de Carreteras.
- Se recomienda a futuras investigaciones, realizar una comparación con otro método de combinación de materiales y otras canteras a fin de contrastar resultados, ya que es conveniente tener más dispersión de porcentajes para optimizar los ensayos de laboratorio y así, los resultados.
- A futuros investigadores del mismo rubro, tener en cuenta todos los ensayos que establece el MTC para material de base y subbase granulares y las combinaciones que se hagan, es importante realizar los ensayos en su totalidad para que su comportamiento a nivel físico, químico y mecánico sea



CAPÍTULO VI
REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS



- Braja M., D. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Ciudad de México.
- Carrillo, A., & Carrillo, G. (2001). *Geotécnica aplicada a la Construcción de Carreteras*.
Lima.
- Carvajal Ortigón, N. A., Rincón Plazas, D. A., & Zarate Ramírez, J. G. (2018).
Mejoramiento del material de afirmado de la cantera la esmeralda mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombros.
Ibagué.
- Contreras Quezada, K. B., & Herrera Lázaro, V. A. (2015). *Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para Bases y Sub – Bases de estructura de pavimento en Nuevo Chimbote – Santa – Ancash*. Nuevo Chimbote.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Ciudad de México:
Limusa.
- Darias, J. R. (2014). Los Materiales Granulares: Una Mirada al interior del Pimentero.
Acta Científica Venezolana, 62-72.
- Díaz Rito, J. A. (2016). *Análisis de los procedimientos constructivos de base y sub-bases granulares para pavimentos flexibles*. Ciudad de México.
- Granados Jamanca, J. E. (2016). *Inventario de condición del pavimento flexible, carretera Casma - Huaraz del km. 132+000 al km. 137+000 para el mantenimiento o conservación vial usando el manual del MTC - año 2016*. Huaraz.
- Kröger, I., & Kröger, S. (2018). Tratamientos superficiales de alto desempeño. *Grupo BITAFAL*.



Lozada Tiglla, E. F. (2018). *Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hualango como material de afirmado en carreteras – Provincia de Utcubamba*. Pimentel.

Menéndez Acurio, J. R. (2016). *Ingeniería de Pavimentos*. Lima.

Minaya Gonzáles, S., & Ordoñez Huaman, A. (2006). *Diseño moderno de pavimentos asfálticos*. Lima.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2005). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras - Suelos, Geología y Geotécnia en Carreteras*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Lima.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *Reglamento Nacional de Edificaciones*.

Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá, Colombia: Agora.



- Narro Vásquez, P. R., & Morales Gazco, E. A. (2018). *Contribución del asfalto espumado en el aporte estructural de pavimentos en altura como solución para el proyecto de conservación vial Tacna - Puno, tramo Capazo - Mazocruz*. Lima.
- Ramirez Triviño, V., & Hincapié Olano, J. C. (2018). *Evaluación CBR de sub-base granular mezclada con tereftalato de polietileno (PET); para uso en vías terciarias*. Pereira.
- Reyes Spíndola, R. C., & Cárdenas Grisales, J. (1994). *Ingeniería de tránsito Fundamentos y Aplicaciones*. Ciudad de México: Alfaomega.
- Romero Figueroa, C. D. (2018). *Evaluación del Material de Afirmado, de las Canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito - Samanco, Con Fines de Pavimentación - Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018*. Nuevo Chimbote.
- Vidalon Ledesma, J. C. (2019). *Propiedades negativas de la base granular y temperatura de aplicación de la emulsión asfáltica en profundidad de penetración de la imprimación asfáltica – Huancayo 2018*. Huancayo.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Ensayos de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

"DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020"

MATERIAL DE BASE Y SUBBASE - CANTERA SAN PEDRITO

FECHA : FEBRERO 2020

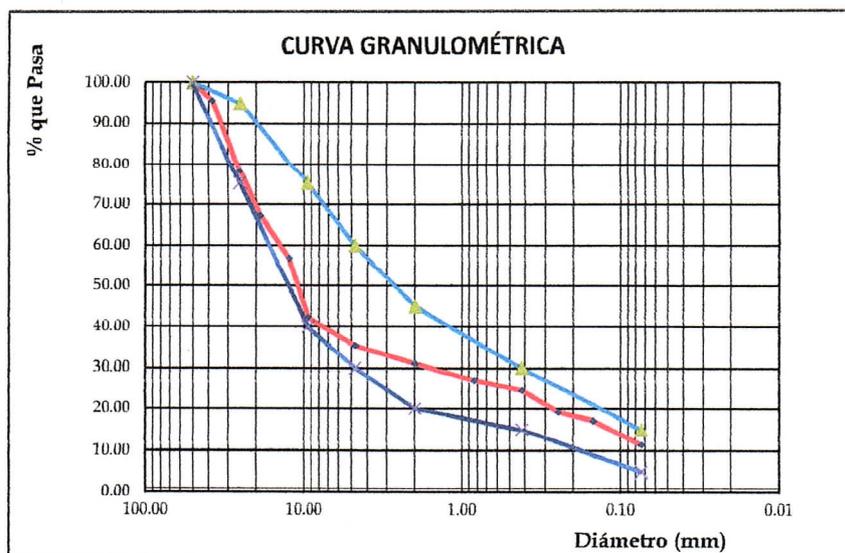
SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline

Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl

ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D 422

Peso inicial seco (gr) 2776.00

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa	LIMITES PERMISIBLE	
2	50.8	0.00	0.00	0	100.00	100	100
1 1/2"	38.1	121.00	4.36	4.36	95.64		
1"	25.400	486.00	17.51	21.87	78.13	75	95
3/4"	19.050	301.00	10.84	32.71	67.29		
1/2"	12.500	289.00	10.41	43.12	56.88		
3/8"	9.500	405.00	14.59	57.71	42.29	40	75
N° 04	4.750	191.00	6.88	64.59	35.41	30	60
N° 10	2.000	123.00	4.43	69.02	30.98	20	45
N° 20	0.840	112.00	4.03	73.05	26.95		
N° 40	0.420	66.00	2.38	75.43	24.57	15	30
N° 60	0.250	148.00	5.33	80.76	19.24		
N° 100	0.149	59.00	2.13	82.89	17.11		
N° 200	0.074	160.00	5.76	88.65	11.35	5	15
Cazoleta		315.00	11.35	100.00	0.00		
TOTAL		2776.00	100.00				



%GRAVAS	64.59
%ARENAS	24.06
%FINOS	11.35
LL	NP
LP	NP
IP	NP
SUCS	GP-GM
AASHTO	A-1-a(0)



Handwritten signature



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

"DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020"

MATERIAL DE BASE - CANTERA CAMBIO PUNTE

FECHA : FEBRERO 2020

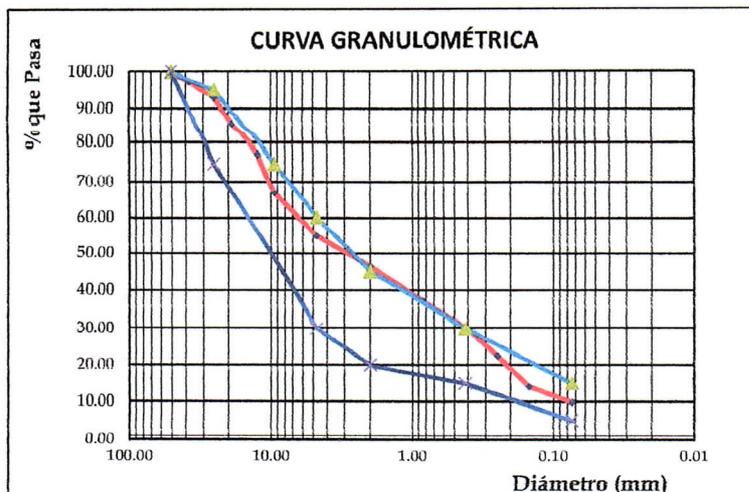
SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline

Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl

ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D 422

Peso inicial seco (gr) 2311.00

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa	LIMITES PERMISIBLE	
2	50.8	0.00	0.00	0	100.00	100	100
1 1/2"	38.1	65.00	2.81	2.81	97.19		
1"	25.400	98.00	4.24	7.05	92.95	75	95
3/4"	19.050	166.00	7.18	14.24	85.76		
1/2"	12.500	195.00	8.44	22.67	77.33		
3/8"	9.500	244.00	10.56	33.23	66.77	40	75
N° 04	4.750	277.00	11.99	45.22	54.78	30	60
N° 10	2.000	197.00	8.52	53.74	46.26	20	45
N° 20	0.840	211.00	9.13	62.87	37.13		
N° 40	0.420	160.00	6.92	69.80	30.20	15	30
N° 60	0.250	177.00	7.66	77.46	22.54		
N° 100	0.149	195.00	8.44	85.89	14.11		
N° 200	0.074	99.00	4.28	90.18	9.82	5	15
Cazoleta		227.00	9.82	100.00	0.00		
TOTAL							



%GRAVAS	45.22
%ARENAS	44.96
%FINOS	9.82
LL	NP
LP	NP
IP.	NP
SUCS	GP-GM
AASHTO	A-1-a(0)



[Handwritten signature]



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA
 ÓPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

PIEDRA CHANCADA - CANTERA LA SORPRESA

FECHA : FEBRERO 2020

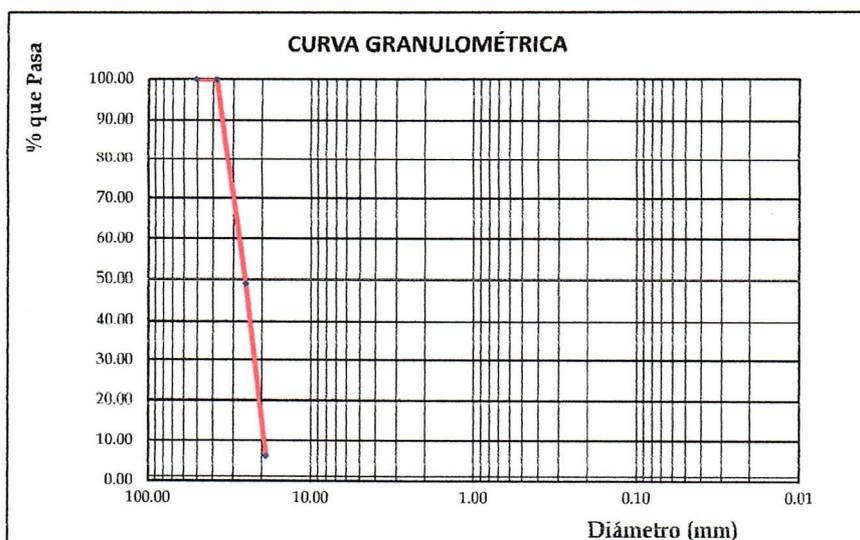
SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline

Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl

ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D 422

Peso inicial seco (gr) 2501.00

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa
2	50.8	0.00	0.00	0	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	1275.00	50.98	50.98	49.02
3/4"	19.050	1072.00	42.86	93.84	6.16
1/2"	12.500	154.00	6.16	100.00	0.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 04	4.750	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 10	2.000	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 20	0.840	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 40	0.420	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 60	0.250	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 100	0.149	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.074	0.00	0.00	100.00	0.00
Cazoleta		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		0.00	100.00		



%GRAVAS	100%
%ARENAS	0
%FINOS	0
LL	NP
LP	NP
IP	NP
SUCS	GP
AASHTO	A-1-a(0)



[Handwritten signature]



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA ÓPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

MATERIAL DE BASE Y SUB BASE - MEZCLA 47%, 47%, 6%.

FECHA : FEBRERO 2020

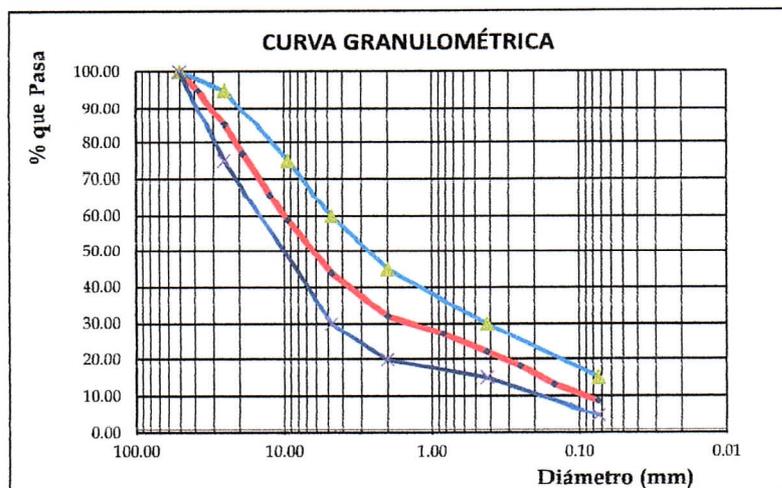
SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline

Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl

ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D 422

Peso inicial seco (gr) 10625.00

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa	LIMITES PERMISIBLE	
2	50.8	0.00	0.00	0	100.00	100	100
1 1/2"	38.1	531.30	5.00	5.00	95.00		
1"	25.400	1062.50	10.00	15.00	85.00	75	95
3/4"	19.050	850.00	8.00	23.00	77.00		
1/2"	12.500	1168.80	11.00	34.00	66.00		
3/8"	9.500	744.00	7.00	41.00	59.00	40	75
N° 04	4.750	1593.80	15.00	56.00	44.00	30	60
N° 10	2.000	1275.00	12.00	68.00	32.00	20	45
N° 20	0.840	511.00	4.81	72.81	27.19		
N° 40	0.420	537.60	5.06	77.87	22.13	15	30
N° 60	0.250	425.00	4.00	81.87	18.13		
N° 100	0.149	525.00	4.94	86.81	13.19		
N° 200	0.074	465.00	4.38	91.19	8.81	5	15
Cazoleta		936.00	8.81	100.00	0.00		
TOTAL		10625.00					



%GRAVAS	56
%ARENAS	35.19
%FINOS	8.81
LL	NP
LP	NP
IP	NP
SUCS	GP-GM
AASHTO	A-1-a(0)



Handwritten signature



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline

Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl

FECHA : FEBRERO 2020

MATERIAL DE BASE Y SUB BASE

CANTERA : MEZCLA 47%, 47%,6%

MUESTRA A-1-a

METODO " C "

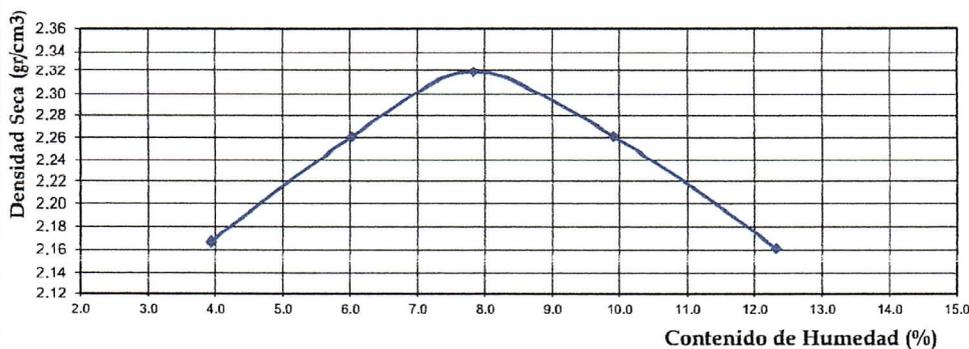
ENSAYO PROCTOR ESTANDAR MTC E-115

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm ³)	2141.21	2141.21	2141.21	2141.21	2141.21
2	Peso del molde (gr)	2336.00	2336.00	2336.00	2336.00	2336.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	7132.00	7369.00	7688.00	7660.00	7492.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4822.00	5133.00	5355.00	5322.00	5198.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	2.25	2.40	2.50	2.49	2.43

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

6	Peso de la tara (gr)	24.652	24.855	24.852	25.877	25.310
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	70.115	73.636	71.225	70.325	69.366
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	68.395	70.865	67.857	66.319	64.535
9	Peso del agua (gr)	1.720	2.771	3.368	4.006	4.831
10	Peso del suelo seco (gr)	43.743	46.010	43.005	40.442	39.225
11	Contenido de humedad (%)	3.93	6.02	7.83	9.91	12.32
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	2.17	2.26	2.32	2.26	2.16

GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD



Máxima Densidad Seca :	2.32 Gr/Cm3
Óptimo Contenido de Humedad:	7.80%



Handwritten signature



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA
ÓPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline
Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl

FECHA : FEBRERO 2020

NIVEL MATERIAL DE BASE Y SUB BASE

CANTERA : MEZCLA 47%, 47%,6%

MUESTRA A-1-a

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R. (ASTM D-1883)

a) Ensayo preliminar de Proctor modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.32
Optimo Contenido de Humedad (%)	7.80

b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°		I	II	III
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		56	26	12
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]	13485.00	13165.00	12230.00
2	Peso del molde [gr]	7905.00	7905.00	7905.00
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	5580.00	5260.00
4	Volumen de molde [cm ³]		2096.00	2096.00
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.66	2.51

CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Tara N°		1	2	3
6	Peso de la tara, [gr]	25.323	26.410	25.775
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	65.204	66.050	65.769
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]	62.302	63.155	62.877
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	2.902	2.892
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	36.979	36.745
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	7.848	7.879
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	2.468	2.326

c) Prueba de penetración

Area del anillo = 3 pulg²

Presión (libras/pulg²) = (L x 7.36+30.18)/3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		119.0	302	79.0	204	41.0	111
0.050		242.0	604	188.0	471	98.0	250
0.075		366.0	908	282.0	702	158.0	398
0.100	1000	492.0	1217	384.0	952	206.0	515
0.150		755.0	1862	572.0	1413	311.0	773
0.200	1500	982.0	2419	773.0	1906	445.0	1102
0.250		1225.0	3015	962.0	2370	566.0	1399
0.300	1900	1452.0	3572	1152.0	2836	703.0	1735
0.400	2300	1822.0	4480	1472.0	3621	952.0	2345
0.500	2600	2190.0	5382	1722.0	4234	1121.0	2760





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA ÓPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

SOLICITA

Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline
 Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl

FECHA

: FEBRERO 2020

NIVEL

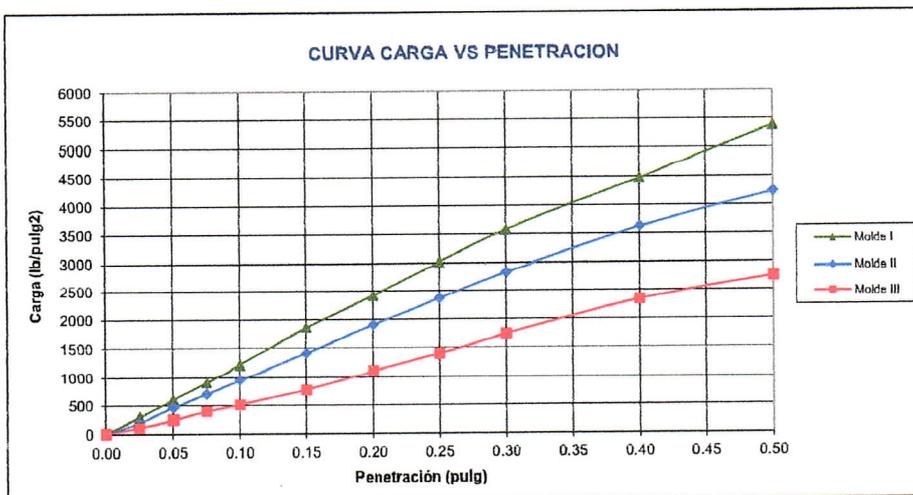
MATERIAL DE BASE Y SUB BASE

CANTERA

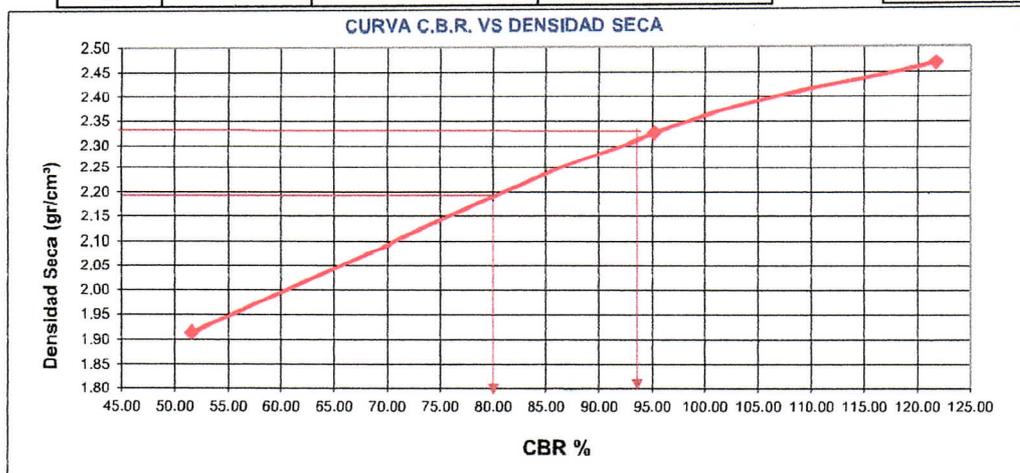
: MEZCLA 47%, 47%,6%

MUESTRA

A-1-a



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	1217.0	1000	121.70	0.00
II	0.1	952.0	1000	95.20	0.00
III	0.1	515.0	1000	51.50	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	94.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	81.00%



[Handwritten signature]



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

"DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020"

MATERIAL : MATERIAL DE BASE Y SUBBASE
 SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline
 Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl
 CANTERA : MEZCLA 47%,47%, 6%
 FECHA : FEBRERO 2020

CARAS FRACTURADAS (MTC E-210 - ASTM D-5821)

A.- CON UNA CARA FRACTURADA

Tamaño Maximo del Agregado		Agregado Grueso			Escalonado Original (gr)	Promedio de Caras Fracturadas (gr)
		Peso Retenido	Peso Mat. Caras Fracturadas (gr)	% que Pasa (gr)		
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(A)	(B)	(C)	(D)	E = (C*D)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	2000.0	1826.0	91.3	17.8	1625.1
3/4"	1/2"	1013.0	894.0	88.3	15.1	1332.6
1/2"	3/8"	503.0	470.0	93.4	5.6	523.3
TOTAL		3516	3190		38.5	3481.0

Porcentaje con una Cara Fracturada $\frac{\text{Total (E)}}{\text{Total (D)}} = \frac{3481.0}{38.5} = 90.4$

B.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS

Tamaño Maximo del Agregado		Agregado Grueso			Escalonado Original (gr)	Promedio de Caras Fracturadas (gr)
		Peso Retenido	Peso Mat. Caras Fracturadas (gr)	% que Pasa (gr)		
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(A)	(B)	(C)	(D)	E = (C*D)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	2000.0	1500.0	75.0	17.8	1335.0
3/4"	1/2"	1013.0	680.0	67.1	15.1	1013.6
1/2"	3/8"	503.0	409.0	81.3	5.6	455.3
TOTAL		3516	2589		38.5	2804.0

Porcentaje con dos Cara Fracturada $\frac{\text{Total (E)}}{\text{Total (D)}} = \frac{2804.0}{38.5} = 72.8$



J. Torres Manrique



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES
CANTERAS PARA ÓPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN
PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

ENSAYO DE ABRASIÓN POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES - MTC E-207

MATERIAL : MATERIAL PARA BASE Y SUBBASE
SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline
Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl
CANTERA : MEZCLA 47%, 47%, 6%
FECHA : FEBRERO 2020

MATERIAL : BASE Y SUB BASE

GRADACIÓN : " A ".

TAMIZ DE ABERTURA CUADRADA.		MASA DE TAMAÑO INDICADO Gr.
TAMIZ QUE PASA	RETENIDO SOBRE	GRADACION A
1 1/2"	1"	1250
1"	3/4"	1250
3/4"	1/2"	1250
1/2"	3/8"	1250
3/8"	1/4"	

TOTAL 5000

PESO RETENIDO TAMIZ N° 12 4266

PESO QUE PASA TAMIZ N° 12 734

% DESGASTE A LA ABRASION 14.68

DESGASTE	14.68%
----------	--------





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA ÓPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

PATÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (ASTM D-4791)

MATERIAL : MATERIAL PARA SUB BASE Y BASE.
SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline
Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl
CANTERA : MEZCLA 47%, 47%, 6%
FECHA : FEBRERO 2020

Tamaño Maximo de Agregado		Agregado Grueso			Particulas Chatas y Alargadas			
		Peso Retenido	%Peso Retenido	% Que Pasa	Peso de Fracción	Peso	% Parcial	% Corregido
Tamiz	Retenido	A	B	C	D	E	E/D= F	F*B= G
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"							
1"	3/4"	4250	42.0	58.0	2029.0	182.0	9.0	376.5
3/4"	1/2"	3825	37.8	20.2	1010.0	168.0	16.6	628.4
1/2"	3/8"	2050	20.2	0.0	503.0	86.0	17.1	346.2
Total		10125				--	--	1351.1

Resultados:

Particulas Chatas y Alargadas ((G/A)*100)	(%)	13.3
---	-----	------

OBSERVACIONES : Relacion Espesor/Longitud 1:3





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

"DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA
ÓPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020"

MATERIAL : MATERIAL PARA SUB BASE Y BASE
SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline
Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl
CANTERA : MEZCLA 47% , 47%, 6%
FECHA : FEBRERO 2020

EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E-114 / ASTM D-2419 / AASTHO T-176)						
DESCRIPCION	U/m	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3		
Tamaño máximo (pasa malla Nº 4)	mm	4.76	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación		13:58	14:00	14:02		
Hora de salida de saturación (mas 10")		14:08	14:10	14:12		
Hora de entrada a decantación		14:10	14:12	14:14		
Hora de salida de decantación (mas 20")		14:30	14:32	14:34		
Altura máxima de material fino	mm	4.90	4.80	4.80		
Altura máxima de la arena	mm	2.90	2.90	2.90		
Equivalente de Arena	%	59.18	60.42	60.42		60

NOTA: MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES
CANTERAS PARA ÓPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN
PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS (MTC E -219)

MATERIAL : MATERIAL PARA BASE Y SUB BASE - AGREGADO FINO
SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline
Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl
CANTERA : MEZCLA 47%, 47%, 6%.
FECHA : FEBRERO 2020

MUESTRA	SALES SOLUBLES TOTALES	
	ppm	%
MATERIAL PARA BASE Y SUB BASE - AGREGADO FINO	4310	0.4310

NOTA: EL MATERIAL HA SIDO PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES
CANTERAS PARA ÓPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN
PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

ANALISIS QUIMICO DE SUELOS (MTC E -219)

MATERIAL : MATERIAL PARA SUB BASE - AGREGADO GRUESO
SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline
Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl
CANTERA : MEZCLA 47%, 47%, 6%.
FECHA : FEBRERO 2020

MUESTRA	SALES SOLUBLES TOTALES	
	ppm	%
MATERIAL PARA BASE Y SUB BASE - AGREGADO GRUESO	3565	0.3565

NOTA: EL MATERIAL HA SIDO PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

"DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA
ÓPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020"

FECHA : FEBRERO 2020

MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTO - MEZCLA 47%,47%,6%

SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline

Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO. (MTC E-209 - ASTM C-88)

AGREGADO FINO

Tamaño de Tamiz		%PORCENTAJE DEL RETENIDO MUESTRA ORIGINAL	PESO DE FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO GR.	% DE PERDIDAS DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDAS CORREGIDAS
3/8"	N°4	5	100.0	9.5	0.475
N°4	N°8	10	100.0	10.7	1.070
N°8	N°16	16	100.0	9.7	1.552
N°16	N°30	26	100.0	6.9	1.794
N°30	N°50	25	100.0	5.7	1.425
N°50	N°100	13			
MENOS QUE N° 100		5			
TOTALES %					6.32

Observaciones:

Las muestras son proporcionadas por el solicitante.





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS

"DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA ÓPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020"

FECHA : FEBRERO 2020

MATERIAL DE BASE DE PAVIMENTO - MEZCLA 47%, 47%, 6%

SOLICITA Bach : TORRES MANRIQUE, Fanny Jacqueline

Bach: YACILA GONZALES, Marlon Nicholl

DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO.

(MTC E-209 - ASTM C-88)

AGREGADO GRUESO									
Tamaño de Tamiz		Peso Requer. (gr.)	Recipient. N°	Peso Inicial (gr.)	Peso Final (gr.)	Perdida		Escalonado Original	Perdida Corregida %
						Peso	%		
1 1/2"	1"	1000 +/- 10	3	1005.0	962.0	43.0	4.28	9	0.385
1"	3/4"	500 +/- 30	4	510.0	457.0	53.0	10.39	10.3	1.070
3/4"	1/2"	670 +/- 10	5	675.0	618.0	57.0	8.44	12.1	1.022
1/2"	3/8"	300 +/- 5	6	305.0	285.0	20.0	6.56	9.5	0.623
TOTALES %									3.100

Observaciones:

Las muestras son proporcionadas por el solicitante.

0.6232

1.07017



Anexo 2. Panel Fotográfico



Foto 01.- Muestreo de Material en Cantera.



Foto 02.- Muestreo de Material en Cantera.



Foto 03.- Ensayo en prensa CBR.



Foto 04.- Pesado de Molde CBR.



Foto 05- Análisis Granulométrico por tamizado por vía Húmeda.



Foto 06.- Secado de muestras para determinar el contenido de Humedad



Foto 07.- Pesado de muestras para determinar la curva granulométrica



Foto 08.- Pesado de muestras para determinar la curva granulométrica

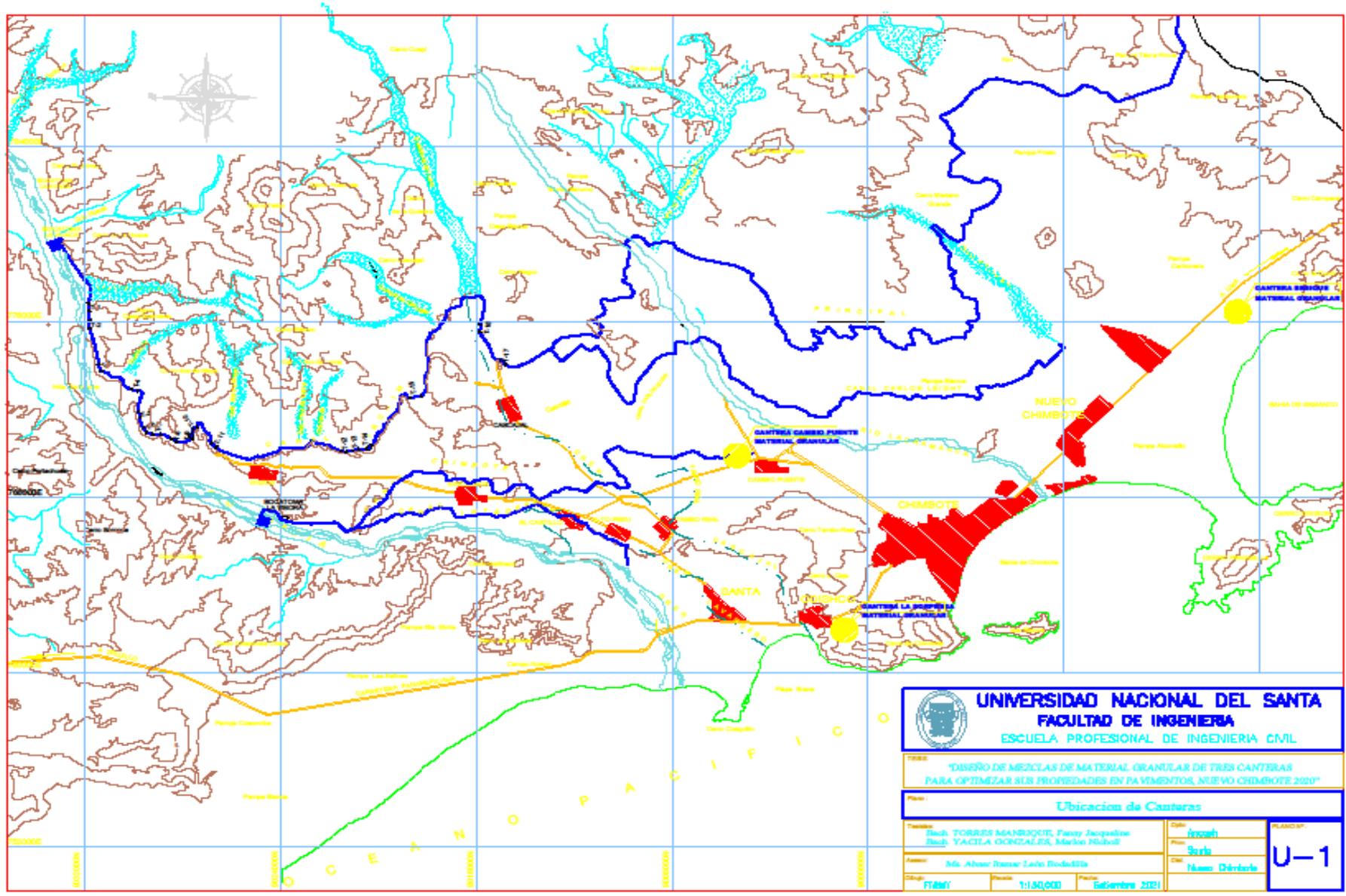


Foto 09.- Moldes CBRs Sumergido en agua por 72 horas para su posterior ensayo



Foto 10.- Dial para medir la expansión de la muestra de suelo.

Anexo 3. Plano de Ubicación de Canteras



 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
TÍTULO: DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020*	
PLAN: Ubicación de Canteras	
Profesor: Ing. TORRES MANSUETE, Fanny Jacqueline Asesor: Ing. YACILA GONZALEZ, Marvin Nicolás	Fecha: 17/09/2021 Lugar: Santa Cruz Autor: Núñez Dávila
Asesor: Mg. Alvar Daniel León Rodríguez Proyecto: FTM01	Escala: 1:150,000 Fecha: Setiembre 2021
U-1	

Anexo 4. Informe de opinión (juicio de experto)



INFORME DE OPINIÓN (JUICIO DE EXPERTO)

I. DATOS GENERALES

- TÍTULO DEL PROYECTO** : Diseño de Mezclas de Material Granular de Tres Canteras para Optimizar sus Propiedades en Pavimentos, Nuevo Chimbote 2020.
- INVESTIGADORES** : Bach. Torres Manrique Fanny Jacqueline, Bach. Yacila Gonzales Marlon Nicholl.
- OBJETIVO** : Realizar el diseño de mezclas de material granular de tres canteras para optimizar sus propiedades en pavimentos.
- CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN** : La cantera Cambio Puente, la cantera San Pedrito, la cantera La Sorpresa.
- TAMAÑO DE LA MUESTRA** : Las tres canteras analizadas.

II. DATOS DEL INFORMANTE

- APELLIDOS Y NOMBRES DEL INFORMANTE**: León Bobadilla Abner Itamar.
- PROFESIÓN Y/O AGREGADO ACADÉMICO** : Doctor en Ingeniería Civil.
- INSTITUCIÓN DONDE LABORA** : Universidad Nacional del Santa.
- EXPERIENCIA LABORAL** : Docente Escuela de Postgrado (4 años) y Pregrado (23 años).



“DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020”

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

Referencia. Informe de tesis: *Diseño de Mezclas de Material Granular de Tres Canteras para Optimizar sus Propiedades en Pavimentos, Nuevo Chimbote 2020.*

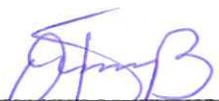
N°	ITEMS	INDICADORES DE EVALUACIÓN						OBSERVACIÓN
		Tiene coherencia con la variable		Tiene coherencia con las dimensiones		Tiene coherencia con los indicadores		
		BUENO	MALO	BUENO	MALO	BUENO	MALO	
1	Figura 26. Diseño de mezclas Cantera Cambio Puente (A) con Cantera San Pedrito (B)	X		X		X		
2	Figura 27. Diseño de mezclas Canteras Cambio Puente y San Pedrito (50%A+50%B) con Cantera La Sorpresa (C)	X		X		X		
3	Figura 29. Requerimientos del Agregado Grueso	X		X		X		
4	Figura 30. Requerimientos del Agregado Fino	X		X		X		

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Es posible hacer la mezcla del material granular de las canteras A (Cambio Puente), B (San Pedrito) y C (La Sorpresa); en las proporciones (47%, 47% y 6%). Por cuanto de esta manera se mejora el material pétreo para base y sub base en Nuevo Chimbote.

Nuevo Chimbote 28 de junio del 2022

Atte.


ABNER I. LEÓN BOBADILLA
DR. EN INGENIERIA CIVIL
C.I.P. 26247



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Fanny Jacqueline TORRES MANRIQUE
Título del ejercicio: TESIS
Título de la entrega: "DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CA...
Nombre del archivo: TESIS_TORRES_Y_YACILA_-_FINAL.pdf
Tamaño del archivo: 2.28M
Total páginas: 100
Total de palabras: 11,504
Total de caracteres: 56,427
Fecha de entrega: 14-dic.-2021 12:00p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 1729314108

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

"DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020"

por Torres Manrique - Yacila Gonzales

Fecha de entrega: 14-dic-2021 12:00p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1729314108

Nombre del archivo: TESIS_TORRES_Y_YACILA_-_FINAL.pdf (2.28M)

Total de palabras: 11504

Total de caracteres: 56427

"DISEÑO DE MEZCLAS DE MATERIAL GRANULAR DE TRES CANTERAS PARA OPTIMIZAR SUS PROPIEDADES EN PAVIMENTOS, NUEVO CHIMBOTE 2020"

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	qdoc.tips Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
4	Submitted to Universidad Alas Peruanas Trabajo del estudiante	1%
5	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
7	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
8	idoc.pub Fuente de Internet	1%

9	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	documentop.com Fuente de Internet	1 %
11	pt.scribd.com Fuente de Internet	1 %
12	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
14	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	<1 %
15	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.uprit.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %

20	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to UNILIBRE Trabajo del estudiante	<1 %
23	repositorio.ulvr.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
26	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
27	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
29	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía Activo