

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO CON
MEZCLA DE SUELO SALINO Y AGREGADO DE RÍO, SECTOR MACACONA-
AREQUIPA**

PRESENTADO POR:

CONDE NUÑEZ, DIEGO VALERIO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

ASESOR:

Msc. GARCIA CORZO, AUGUSTO ELÍAS

LINEA DE INVESTIGACIÓN: PAVIMENTOS

HUANCAYO-PERÚ

2022



INFORME N° 130 – 2023 – DFIC – UNCP

A : **PHd. TITO MALLMA CAPCHA**
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL – UNCP

DE : **ING. AUGUSTO GARCÍA CORZO**
ASESOR DE TESIS

ASUNTO : **ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACION**

FECHA : **CIUDAD UNIVERSITARIA 20 DE DICIEMBRE del 2023**

Mediante el presente lo saludo muy cordialmente y al mismo tiempo para informarle que habiendo subido la tesis final, presentado por el bachiller “**CONDE NÚÑEZ, Diego Valerio**”, trabajo titulado “**ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO CON MEZCLA DE SUELO SALINO Y AGREGADO DE RÍO, SECTOR MACACONA-AREQUIPA**” al sistema TURNITIN.

La tesis mencionada fue procesado a través del software turnitin, encontrándose **20%** de similitud y estando por debajo de limite aceptable, expreso mi conformidad recomendando la continuación del Trámite para su sustentación.

Anexo: reporte de turnitin UNCP.

Es cuanto informo para su conocimiento y fines.

ASESOR DE TESIS
ING. AUGUSTO GARCIA CORZO
CIP 85267

tesis - CONDE NÚÑEZ, Diego Valerio

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

4

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

5

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

6

tesis.pucp.edu.pe:8080

Fuente de Internet

7

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

8

cybertesis.uni.edu.pe

Fuente de Internet

9

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

MSc. Ing AUGUSTO GARCIA

Asesor de tesis

5%

4%

3%

1%

1%

1%

1%

1%

<1%

10	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
11	portal.mtc.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
13	<p>GENIE GENERALE ET SURVEILLANCE S R LTDA. "DIA del Proyecto de Planta de Concreto P Empresa Concretos S R.D. N° 006-2018-PRC I/DGAAMI, 2021</p> <p>Publicación</p>	<p><1 %</p> <p> MSc. Ing AUGUSTO GARCIA Asesor de tesis</p>
14	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %
15	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	<p>WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "Actualización del EIA de la Planta de Transformación de Metales No Ferrosos-IGA0020973", R.D. N° 176-2018-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2022</p> <p>Publicación</p>	<1 %
17	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

18 Submitted to Universidad Católica San Pablo <1 %
Trabajo del estudiante

19 repositorio.unsaac.edu.pe <1 %
Fuente de Internet


20 Submitted to Universidad Privada del Norte <1 %
Trabajo del estudiante

21 Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion <1 %
Trabajo del estudiante

22 documentop.com <1 %
Fuente de Internet

23 repositorio.usanpedro.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

24 CONSULTORIA CAPACITACION Y
"Actualización de F
del PAMA de la Pl
Fabricación de Bol
IGA0009835", R.D.
PRODUCE/DVMYP <1 %
Publicación



MSc. Ing AUGUSTO GARCIA
Asesor de tesis

25 Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana <1 %
Trabajo del estudiante

26 Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes <1 %
Trabajo del estudiante

27

A. Khachaturyan, S. Semenovsovskaya, B. Vainshtein. "The thermodynamic approach to the structure analysis of crystals", Acta Crystallographica Section A, 1981

Publicación

<1 %

28

LQ A - CONSULTORIA Y PROYECTOS AMBIENTALES SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "ITS para la Modernización del Sistema de Telecomunicación (Central (Fibra Óptica) entre las Subestaciones Moyopampa (L-6011/6020, 2001/2002, L-6031/6040) y F T74/T75 de L-6011/6020-IGA/0118-2022-MINEM/DGAAE ,

Publicación



MSc. Ing AUGUSTO GARCIA
Asesor de tesis

<1 %

29

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

30

HIDROSAT Y MEDIO AMBIENTE S.A.C
HIDMEDAM S.A.C. "DAA para su Planta de Teñido de Hilos de Coser de Polyester y Algodón-IGA0006494", R.D. N° 223-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020

Publicación

<1 %

31

DC INGENIEROS PERUANOS S.A.C..
"Actualización del DAP de la Planta N° 02-IGA0008217", R.D. N° 055-2017-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020

Publicación

<1 %

32

SERVICIOS DE LABORATORIO Y
CONSULTORIA S.A.C. - SERLABCO S.A.C..
"DAA de la Planta Industrial Dedicada a
Actividades de Impresiones-IGA0018269",
R.D. N° 196-2020-PRODUCE/DGAAMI, 2022
Publicación

<1 %

33

Submitted to Universidad Cesar Vallejo
Trabajo del estudiante

<1 %

34

repositorio.unu.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

35

INSIDEO S.O.
INSIDEO S.A.
Montaje de I
Armaduras [I
IGA0014317'
PRODUCE/D
Publicación


MSc. Ing AUGUSTO GARCIA
Asesor de tesis

<1 %

36

SGS DEL PERU S.A.C.. "DAA de la Planta
Industrial de Fabricación de Bolsas Plásticas,
Envases de tipo Flexible y Mangas de
Polipropileno y Polietileno-IGA0011568", R.D.
N° 081-2017-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI,
2020
Publicación

<1 %

37

GEO AMBIENTE SRL. "Actualización del Plan
de Manejo Ambiental del EIA de la Planta
Agroindustrial de Elaboración de Conservas

<1 %

Vegetales-IGA0014171", R.D. N° 123-2020-
PRODUCE/DGAAMI, 2021

Publicación

38

AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES
S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura
de Disposición Final
y Tratamiento de Residuos Sólidos
de la Ciudad de La Merced,
Chanchamayo, Región Huánuco,
R.D. N° 097-2014/DS

Publicación



MSc. Ing AUGUSTO GARCIA
Asesor de tesis

<1 %

39

Maria Stacewicz-Sapuntzakis, Phyllis E.
Bowen, Erum A. Hussain, Bernadette I.
Damayanti-Wood, Norman R. Farnsworth.
"Chemical Composition and Potential Health
Effects of Prunes: A Functional Food?", Critical
Reviews in Food Science and Nutrition, 2001

Publicación

<1 %

40

AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES
S.A.C.. "DIA del Proyecto Planta de
Tratamiento y Relleno Sanitario Manual de la
Ciudad de Chuquibambilla, Provincia de Grau,
Región Apurímac-IGA0000659", R.D. N° 172-
2013/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

41

Carlos Hidalgo Signes. "APLICACIÓN AL ESTUDIO DE LA RESPUESTA MECÁNICA DE LA CAPA DE SUBBALASTO FERROVIARIAS FORMA NO BITUMINOSA DE M PARTICULAS PROCEDE FUERA DE USO.", Univer Valencia, 2017

Publicación


MSc. Ing AUGUSTO GARCIA
Asesor de tesis

<1 %

42

ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A.. "PAMA del Camal Conchucos-IGA0011540", R.D.G. N° 220-2015-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2020

Publicación

<1 %

43

Submitted to Tecsup

Trabajo del estudiante

<1 %

44

GEADES CONSULTING S.A.C.. "Modificación del PAMA para la Restauración de Potencia de las Líneas de Transmisión L2010/2018 y L2011 S.E. Santa Rosa - S.E. San Juan 220 kV- IGA0013604", R.D. N° 0120-2021-MINEM/DGAAE , 2021

Publicación

<1 %

45

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

<1 %

46

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

47

"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 14 (1998)", Brill, 2001

Publicación

<1 %

48

CONSULTORIA CA
"Actualización del
Fabricación de Pro
IGA0006840", R.D
PRODUCE/DVMYF

Publicación


MSc. Ing AUGUSTO GARCIA
Asesor de tesis

<1 %

49

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

50

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

51

CONSORCIO RECUPERACION ANDAHUAYLAS.
"Plan de Recuperación de Área Degradada por Residuos Sólidos Municipales, como Instrumento de Gestión Ambiental Complementario del Proyecto Recuperación del Área Degradada por Residuos Sólidos Cerro San José, Distrito de San Jerónimo, Provincia de Andahuaylas, Departamento de Apurímac-IGA0020048", R.G. N° 0237-2021-GM-MPA, 2022

Publicación

<1 %

52

EVALUACIONES AMBIENTALES PARA LA SOSTENIBILIDAD S.A.C.. "PAD Estación de Servicio Bahía-IGA0019607", R.D. N° 164-2022-MINEM/DGAAH, 2022

Publicación

<1 %

53

Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota

Trabajo del estudiante

<1 %

54

CONSORCIO FICHTNER GMBH & CO. KG - CONSULTORIA Y DIR - CYDEP S.A.S.. "DIA Sanitario para el Dist de Oxapampa, Depa IGA0000132", R.D. N° 2014/DSB/DIGESA/S/.,

Publicación


MSc. Ing AUGUSTO GARCIA
Asesor de tesis

<1 %

55

ECOLAB S.R.L.. "DAA de la Planta de Fabricación de Productos Químicos-IGA0012328", R.D. N° 330-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020

Publicación

<1 %

56

Martin H. Krieger. "Modeling urban change", Socio-Economic Planning Sciences, 1971

Publicación

<1 %

Excluir bibliografía

Activo

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Augusto Garcia', written in a cursive style with a large loop at the beginning.

MSc. Ing AUGUSTO GARCIA

Asesor de tesis

DEDICATORIA

Primeramente, agradecer a Dios por darme paz y tranquilidad a mi vida.

A mi mama y a mis hijos Luciano y Alessia los cuales son mi mayor motivo de vida.

Y a mi familia y amigos que me animaron para lograr este objetivo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por darme fuerza ante tantos momentos difíciles, y poder salir adelante gracias a su amor incondicional.

A mi mamá Silvia por su apoyo incondicional en todo momento, que gracias a sus oraciones me dieron fuerza para salir adelante.

A mi hermanito Zenón que nunca tuvo un no pese a los momentos difíciles que nos tocó vivir. Gracias para toda la vida hermanito.

A mis bellos hijos Luciano y Alessia que son el mayor motivo para poder salir adelante.

A mi tío Héctor Conde por su gran apoyo incondicional en mi etapa de estudiante.

A todos mis familiares que fueron parte de mi etapa estudiantil.

A todas las personas que me acompañaron todos estos años en el ámbito laboral, Ingeniero Luis Rosales, Franklin Valenzuela, Jaime Chirinos, José Ramírez, Said Quispe magnificas personas y excelentes profesionales.

Al Ingeniero Jorge Castillo por ser un buen guía y maestro en mi etapa profesional.

A todos los Ingenieros que formaron parte de mi etapa estudiantil en la Universidad Nacional del Centro del Perú.

A mi asesor de tesis Ingeniero Augusto García Corzo por su apoyo para poder cumplir el objetivo de realizar y terminar mi tesis.

Al Ingeniero Rodolfo Ribbeck por sus consejos en el desarrollo de mi tesis.

Y es agradecimiento muy grande a mi Papá Narciso que allá desde el cielo, me das la fuerza necesaria para salir adelante. Te amo papa Narciso.

CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
CONTENIDO	IV
INDICE DE TABLAS	VIII
INDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	6
1.1 Descripción de la realidad problemática	6
1.2 Formulación del problema	7
1.2.1 Problema General	7
1.2.2 Problemas Específicos	7
1.3 Objetivos de la Investigación	8
1.3.1 Objetivo General	8
1.3.2 Objetivos Específicos	8
1.4 Justificación	8
1.4.1 Justificación Práctica	8
1.4.2 Justificación Metodológica	9
1.5 Limitaciones de la Investigación	9
1.5.1 Delimitación Conceptual	9
1.5.2 Delimitación Espacial	9
1.5.3 Delimitación Temporal	10
II FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	11
2.1 Hipótesis	11
2.1.1 Hipótesis General	11
2.1.2 Hipótesis Específicas	11
2.2 Variable	11
2.2.1 Variable Independiente	11
2.2.2 Variable Dependiente	11

2.3	Operacionalización de Variables	12
III	MARCO TEORICO	13
3.1	Antecedentes del Problema	13
3.1.1	A Nivel Nacional	13
3.1.2	A Nivel Internacional	16
3.2	Bases Teóricas	19
3.2.1	Suelos	19
3.2.2	Formación de depósitos naturales de suelos	19
3.2.2.1	Depósitos de suelos eólicos	20
3.2.2.2	Depósitos por gravedad	20
3.2.2.3	Depósitos aluviales	21
3.2.3	Tipos de suelos	22
3.2.3.1	Suelos granulares	22
3.2.3.2	Suelos finos o cohesivos	23
3.2.3.3	Suelos orgánicos	23
3.2.3.4	Suelos Salinos	23
3.2.4	Tamaño de las Partículas del Suelo	24
3.2.5	Afirmado	24
3.2.6	Propiedades básicas de una carretera de afirmado	25
3.2.6.1	Estabilidad	26
3.2.6.2	Resistencia al desgaste	26
3.2.6.3	Impermeabilidad	26
3.2.6.4	Trabajabilidad y compactación	27
3.2.7	Especificaciones requeridas	27
3.2.7.1	Dureza del agregado	27
3.2.7.2	Plasticidad	27
3.2.7.3	Distribución del tamaño de partículas	27
3.2.8	Estabilización de Suelos	28
3.2.8.1	Definición	28
3.2.9	Estabilización granular	28
3.2.10	Estabilización granular mediante la mezcla de suelos	28

3.2.11	Materiales	29
3.2.11.1	Criterios de diseño para establecer la estabilización granular	29
3.2.11.2	Diseño de mezcla	30
IV	METODOLOGÍA	31
4.1	Metodología de la Investigación	31
4.2	Tipo de Investigación	31
4.3	Nivel de Investigación	32
4.4	Diseño de la Investigación	32
4.5	Población y Muestra	33
4.5.1	Población	33
4.5.2	Muestra	34
4.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
4.6.1	Técnica de Recolección de Datos	36
4.6.2	Instrumentos de Recolección de Datos	37
4.7	Tratamientos Estadísticos	37
4.8	Procedimientos de recolección de datos	37
4.8.1	Estudio de cantera de suelos	38
4.8.2	Ubicación de las canteras de estudio	38
4.8.2.1	Agregado de río	38
4.8.2.2	Cantera de suelo salino	39
4.8.3	Muestreo	41
4.8.4	Caracterización de la cantera de suelo salino y el agregado de río	41
4.8.4.1	Análisis mecánico o granulométrico de suelos	41
4.8.4.2	Límites de consistencia	48
4.8.4.3	Clasificación De suelos	53
4.8.4.4	Humedad natural	54
4.8.4.5	Abrasión los ángeles.	56
4.8.4.6	Ensayo de compactación	59
4.8.4.7	Ensayo de CBR	61
4.8.4.8	Ensayos adicionales	64
4.8.5	Proporciones de la mezcla	70

4.8.5.1	Análisis granulométrico de las mezclas de suelos determinados	71
4.8.5.2	Límites de consistencia	77
4.8.5.3	Abrasión los Ángeles	78
4.8.5.4	Ensayo Proctor modificado	79
4.8.5.5	Ensayo de CBR	80
4.8.5.6	Contenido de sales solubles	81
4.8.5.7	Corte directo	81
V	RESULTADOS Y DISCUSIONES	83
5.1	Efecto de la mezcla suelo salino y agregado de río en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, Sector Macacona, Arequipa.	83
5.2	Analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.	91
5.3	Capacidad de soporte mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río.	94
5.4	Resistencia al esfuerzo cortante mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río, para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.	97
5.5	Discusión de resultados	102
5.6	Análisis estadísticos (contraste de hipótesis)	108
5.6.1	Propiedades físicas y mecánicas	108
5.6.2	CBR al 100% para 0.1”	109
5.6.3	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	114
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
	CONCLUSIONES	120
	RECOMENDACIONES	122
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
	ANEXOS	126
	CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN	127
	ENSAYOS DE LABORATORIO	161
	PANEL FOTOGRAFICO	272

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límite de Separación según el Tamaño del Suelo	24
Tabla 2 Cantidad de material de la cantera de suelo salino para realizar los ensayos	35
Tabla 3 Cantidad de material del agregado de río para realizar los ensayos	36
Tabla 4 Cantidad de material para las 03 mezclas planteadas	36
Tabla 5 Análisis granulométrico Agregado de río km. 01+000.....	44
Tabla 6 Análisis granulométrico Cantera de suelo salino km. 48+950	46
Tabla 7 Resultados de los límites de consistencia del AR y la CSS.....	53
Tabla 8 Clasificación de suelos AASHTO y SUCS	54
Tabla 9 Resultados del contenido de humedad del AR y la CSS.	55
Tabla 10 Resultados del desgaste a la abrasión los ángeles del AR y de la CSS.	59
Tabla 11 Cuadro para selección del procedimiento de ensayo	60
Tabla 12 Resultados del ensayo Proctor modificado del AR y de la CSS.....	61
Tabla 13 Resultados del CBR del AR y de la CSS.....	63
Tabla 14 Resultados del contenido de sales solubles en suelos del AR y de la CSS.....	65
Tabla 15 Resultados del ensayo de corte directo del AR y la CSS.....	69
Tabla 16 Proporciones de la mezcla del AR del km. 01+000 y la CSS km. 48+950.	71
Tabla 17 Análisis granulométrico mezcla 01 (40% AR – 60% CSS).....	72
Tabla 18 Análisis granulométrico mezcla 02 (50% AR – 50% CSS).....	74
Tabla 19 Análisis granulométrico mezcla 03 (60% AR – 40% CSS).....	76
Tabla 20 Resultados de los límites de consistencia (Mezcla 01, 02 y 03).....	78
Tabla 21 Resultados de la Abrasión los Ángeles (Mezcla 01, 02 y 03)	78
Tabla 22 Resultados de la máxima densidad seca (Mezcla 01, 02 y 03).....	79

Tabla 23 Resultados del optimo contenido de humedad (Mezcla 01, 02 y 03)	80
Tabla 24 Resultados de CBR (Mezcla 01, 02 y 03).....	80
Tabla 25 Resultados del contenido de sales solubles (Mezcla 01, 02 y 03)	81
Tabla 26 Resultados del corte directo (Mezcla 01, 02 y 03).....	82
Tabla 27 Resultados de la abrasión los ángeles (AR, CSS, Mezcla 01, 02 y 03).....	84
Tabla 28 Resultados del ensayo Proctor modificado (AR, CSS, Mezclas 01, 02 y 03) ..	87
Tabla 29 Cuadro de resultados de las 03 muestras del AR.....	92
Tabla 30 Cuadro de resultados de las 03 muestras de la CSS.....	92
Tabla 31 Resultados del ensayo de CBR (AR, CSS, Mezcla 01, 02 y 03).....	95
Tabla 32 Resultados del ensayo de Corte Directo (AR, CSS, Mezcla 01, 02 y 03).	98
Tabla 33 Resultados obtenidos del AR y de la CSS – Muestra 01	103
Tabla 34 Resultados obtenidos del AR y de la CSS – Muestra 02	103
Tabla 35 Resultados obtenidos del AR y de la CSS – Muestra 03	104
Tabla 36 Valores promedio de las propiedades físicas y mecánicas del AR y la CSS ..	109
Tabla 37 Detallado estadístico para el CBR al 100%	110
Tabla 38 Distribución paramétrica para el CBR al 100%	112
Tabla 39 Prueba bivariada para el CBR al 100%.....	113
Tabla 40 Detallado estadístico para el esfuerzo cortante.....	115
Tabla 41 Distribución paramétrica para el esfuerzo cortante	117
Tabla 42 Prueba bivariada para el esfuerzo cortante	118

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Dunas formadas por el arrastre que origina los vientos.	20
Figura 2 Vista satelital deposito por gravedad Distrito de Sancos – Ayacucho	21
Figura 3 Vista satelital de un depósito aluvial Distrito de Jaqui – Arequipa.....	21
Figura 4 Curva granulométrica de un suelo.....	22
Figura 5 Material suelto y grava expuesta	26
Figura 6 Mapa Vial de la carretera de Jaqui, Arequipa.	34
Figura 7 Mapa Vial del tramo de estudio.	35
Figura 8 Cantera de material del Agregado de río km. 01+000	38
Figura 9 Muestreo del agregado de río km. 01+000.....	39
Figura 10 Cantera de suelo salino km. 48+950	39
Figura 11 Muestreo de material de la cantera de suelo salino km. 48+950.....	40
Figura 12 Tramo de estudio	40
Figura 13 Cuarteo del agregado de río y la cantera de suelo salino.	42
Figura 14 Ensayo de análisis granulométrico de la cantera de suelo salino.	43
Figura 15 Ensayo de análisis granulométrico del agregado de río.	43
Figura 16 Curva granulométrica agregado de río km. 01+000 – Muestra 01.....	45
Figura 17 Curva granulométrica agregado de río km. 01+000 – Muestra 02.....	45
Figura 18 Curva granulométrica agregado de río km. 01+000 – Muestra 03.....	46
Figura 19 Curva granulométrica Cantera km. 48+950 – Muestra 01	47
Figura 20 Curva granulométrica Cantera km. 48+950 – Muestra 02	47
Figura 21 Curva granulométrica Cantera km. 48+950 – Muestra 03	48
Figura 22 Gráfico de la muestra antes y después de la prueba	49

Figura 23 Copa Casagrande ensayo límite líquido Agregado de río	50
Figura 24 Copa Casagrande ensayo límite líquido cantera de suelo salino.....	50
Figura 25 Ensayo del límite plástico de la cantera de suelo salino.....	52
Figura 26 Ensayo del contenido de humedad del agregado de río	55
Figura 27 Ensayo del contenido de humedad de la cantera de suelo salino	56
Figura 28 Gradación de las muestras de ensayo	57
Figura 29 Muestras secadas al horno para el ensayo de Abrasión.....	57
Figura 30 Ensayo del desgaste en la máquina de los Ángeles cantera de suelo salino. ..	58
Figura 31 Ensayo del desgaste en la máquina de los Ángeles del agregado de río.	58
Figura 32 Realización del ensayo de Proctor modificado	60
Figura 33 Ensayo terminado del Proctor modificado	61
Figura 34 Muestra compactada del CBR.....	63
Figura 35 Muestra saturada del CBR.....	64
Figura 36 Penetración de la muestra de CBR.....	64
Figura 37 Ensayo del contenido de sales solubles del agregado de río.	66
Figura 38 Ensayo del contenido de sales solubles de la cantera de suelo salino.	66
Figura 39 Ensayo de contenido de sales solubles del agregado de río	67
Figura 40 Ensayo del contenido de sales solubles de la cantera de suelo salino	67
Figura 41 Ensayo de corte directo agregado de río.	69
Figura 42 Ensayo de corte directo cantera de suelo salino.....	69
Figura 43 Curva granulométrica mezcla 01 (40% AR – 60% CSS) – Muestra 01.....	72
Figura 44 Curva granulométrica mezcla 01 (40% AR – 60% CSS) – Muestra 02.....	73
Figura 45 Curva granulométrica mezcla 01 (40% AR – 60% CSS) – Muestra 03.....	73

Figura 46 Curva granulométrica mezcla 02 (50% AR – 50% CSS) – Muestra 01.....	74
Figura 47 Curva granulométrica mezcla 02 (50% AR – 50% CSS) – Muestra 02.....	75
Figura 48 Curva granulométrica mezcla 02 (50% AR – 50% CSS) – Muestra 03.....	75
Figura 49 Curva granulométrica mezcla 03 (60% AR – 40% CSS) – Muestra 01.....	76
Figura 50 Curva granulométrica mezcla 03 (60% AR – 40% CSS) – Muestra 02.....	77
Figura 51 Curva granulométrica mezcla 03 (60% AR – 40% CSS) – Muestra 03.....	77
Figura 52 Valores de la abrasión los ángeles.....	85
Figura 53 Valores promedio de la Abrasión los Ángeles	86
Figura 54 Valores de la máxima densidad seca MDS.	88
Figura 55 Valores promedio de la máxima densidad seca MDS.....	89
Figura 56 Valores del optimo contenido de humedad OCH.....	90
Figura 57 Valores promedio del optimo contenido de humedad OCH.	91
Figura 58 Valores del CBR al 100% de la MDS	96
Figura 59 Valores promedios de los CBR (%) al 100% de la MDS.....	97
Figura 60 Valores de la cohesión.....	99
Figura 61 Valores promedios de la cohesión.....	100
Figura 62 Valores del ángulo de fricción.....	101
Figura 63 Valores promedios del ángulo de fricción.....	102
Figura 64 Gráfica de cajas para el CBR al 100%	112
Figura 65 Diagrama de burbujas para el CBR al 100%	114
Figura 66 Gráfica de cajas para el esfuerzo cortante	117
Figura 67 Diagrama de burbujas para el esfuerzo cortante	119

RESUMEN

La construcción, conservación o rehabilitación de carreteras a nivel nacional con el pasar de los años se ha tornado crítico, y uno de los problemas que ha conllevado a esto son la falta de materiales adecuados según los requisitos que exige el Manual de carreteras la EG-2013, en el tramo de estudio solo se cuenta con depósitos aluviales donde existe grandes áreas de explotación como son los agregados de río, el cual la principal deficiencia de estos materiales es la falta de cohesión al ser materiales no plásticos, ante esto se ha propuesto la mejora de este material mediante la estabilización de suelos realizando la mezcla de suelos, y para mejorar la falta de cohesión del agregado de río se hizo uso del material de la cantera de suelo salino.

La investigación realizada denominado “Estabilización de una carretera a nivel de afirmado con mezcla de suelo salino y agregado de río, Sector Macacona – Arequipa”, el cual tiene como objetivo general mejorar la estabilización de una carretera a nivel de afirmado con la mezcla de suelo salino y agregado de río en el Sector de Macacona – Arequipa.

La metodología aplicada fue el método hipotético - deductivo, el cual consiste en la contratación de hipótesis, un tipo de investigación aplicada, a lo que se aplicó un diseño experimental para el cual se realizó 03 mezclas de los materiales de la cantera de suelo salino y el agregado de río, buscando una proporción que incremente y mejore la capacidad de soporte y la resistencia al esfuerzo cortante del agregado de río respectivamente, esto para una carretera de afirmado, se consideró 03 proporciones de mezcla de materiales, la primera 40% AR – 60%CSS, la segunda 50%AR – 50%CSS y la tercera 60%AR – 40%CSS.

Los resultados obtenidos fueron un incremento del CBR en las proporciones de las 03 mezclas planteadas, en la mezcla 01 se obtuvo en CBR de 145.5%, en la mezcla 02 un CBR de 135.4% y en la mezcla 03 un CBR de 127.1%, todo esto al 100% de la Máxima Densidad Seca con una penetración de 0.1”, así también se obtuvo una mejora de la resistencia al esfuerzo cortante, teniendo como parámetro principal para mejorar la trabajabilidad del material estabilizado la cohesión, los valores obtenidos fueron para la mezcla 01 una cohesión de 0.25 kg/cm², para la mezcla 02 una cohesión de 0.23 kg/cm² y para la mezcla 03 se obtuvo una cohesión de 0.20 kg/cm².

Palabra clave: Agregado de río, cantera de suelo salino, estabilización de suelos, afirmado, capacidad de soporte, resistencia al esfuerzo cortante, cohesión.

ABSTRACT

The construction, conservation or rehabilitation of highways at a national level over the years has become critical, and one of the problems that has led to this is the lack of adequate materials according to the requirements demanded by the Manual of highways the EG- 2013, in the study section there are only alluvial deposits where there are large areas of exploitation such as river aggregates, and given the deficiency of the requirements demanded by EG-2013, it has been proposed to improve this material through the Soil stabilization through soil mixing, and to improve the deficient properties of the river aggregate, material use was made from the saline soil quarry.

The research carried out called "Stabilization of a road at the level of the affirmed with a mixture of saline soil and river aggregate, Sector Macacona - Arequipa", which has as a general objective to improve the stabilization of a road at the level of the affirmed with the mixture of soil. saline and river aggregate in the Sector of Macacona - Arequipa,

The methodology applied was the hypothetical - deductive method, which consists of the hiring of hypotheses, a type of applied research, to which an experimental design was applied for which 03 mixtures of the materials of the saline soil quarry were made and the river aggregate, looking for a proportion that increases and improves the support capacity and the shear strength of the river aggregate for the stabilization of a paved road, respectively, this for a paved road, 03 mixture proportions of materials, the first 40% AR – 60% CSS, the second 50% AR – 50% CSS and the third 60% AR – 40% CSS.

The results obtained were an increase in CBR in the proportions of the 03 mixtures proposed, in mixture 01 a CBR of 145.5% was obtained, in mixture 02 a CBR of 135.4% and in mixture 03 a CBR of 127.1%, all this at 100% of the Maximum Dry Density with a penetration of 0.1”, thus an improvement in shear strength was also obtained, having cohesion as the main parameter to improve the workability of the stabilized material, the values obtained were for the mixture 01 a cohesion of 0.25 kg/cm², for mixture 02 a cohesion of 0.23 kg/cm² and for mixture 03 a cohesion of 0.20 kg/cm² was obtained.

Keywords: River aggregate, saline soil quarry, soil stabilization, affirmed, bearing capacity, shear strength, cohesion.

INTRODUCCIÓN

En el Perú se cuenta con una gran red vial, el cual es el motor importante para el progreso y el bienestar económico y social de las regiones, para esto es importante contar con materiales adecuados para la construcción, conservación y mantenimiento de nuestras carreteras, esto a lo largo del territorio nacional. La construcción de carreteras mejora la conectividad entre diferentes regiones del país, facilitando el acceso a áreas remotas y contribuyendo a la integración nacional. Además, juegan un papel crucial en el desarrollo económico al facilitar el transporte de bienes y personas, mejoran la eficiencia del comercio y la movilidad, permitiendo un flujo más rápido de mercancías y reduciendo los costos logísticos. También al ser modernas y seguras se contribuye a reducir los accidentes de tráfico y mejorar la seguridad vial. En el Perú, donde hay áreas rurales y comunidades remotas, la construcción de carreteras es esencial para mejorar las condiciones de vida de las personas que viven en estas zonas, ya que, facilita el acceso a servicios básicos como atención médica, educación y transporte. (Canaza & Ubaldo, 2020)

Por lo que la falta de materiales de construcción adecuados conlleva a retrasos en las obras, baja calidad en la infraestructura que queda con susceptibilidad a daños y presentaría una vida útil corta, se requerirían costos adicionales al realizar mantenimientos continuos a largo plazo y se presentaría un impacto ambiental negativo al no extraer materiales locales de una manera sostenible. Es así que en varios casos ante la falta de un material adecuado, se ha venido implementando desde hace muchos años atrás la metodología referida a la Estabilización de suelos, ya sea con la inclusión de un aditivo externo o la mejora mediante la mezcla de suelos, donde se busca la mejora de las propiedades físicas- mecánicas de los materiales a utilizar, como son la plasticidad encargada de otorgarle cohesión de partículas, así como la resistencia relacionada con el ensayo de la capacidad de soporte relativo CBR. (Elizondo Arrieta, 2009)

Ante esto el tramo de estudio ubicado en la Red Vial Vecinal N°AR-504, en el Distrito de Jaqui, Provincia de Caraveli, Región Arequipa, siendo una carretera de tercer orden, que a la fecha esta vía se encuentra a nivel de trocha en cual se encuentra en condiciones pésimas, por el deterioro originado por los vehículos pesados que ingresan y salen a las mineras que conlleva esta vía, para esto se hace necesario la colocación de una carretera, el cual tenga un mejor comportamiento estructural que ayude a soportar las cargas de los vehículos pesados, evitando el deterioro prematuro de esta vía de acceso, siendo una carretera a nivel de afirmado el cual cumple con estas características, para esto se hará uso el empleo de materiales granulares de los depósitos aluviales donde se tiene agregado de río y depósitos por gravedad como la cantera de suelo salino, ambos con grandes áreas de explotación. Para la utilización de estos materiales en la construcción de una carretera a nivel de afirmado, se hace la pregunta ¿Cómo mejoraría la estabilización de una carretera a nivel de afirmado con la mezcla de suelo salino y agregado de río, Sector Macacona-Arequipa? Planteándose como hipótesis que la mezcla de suelo salino y el agregado de río mejoran la estabilización de una carretera a nivel de afirmado en el Sector Macacona, Arequipa. (Elizondo Arrieta, 2009)

Ante esto, la presente investigación busca como objetivo mejorar la estabilización de una carretera a nivel de afirmado con la mezcla de suelo salino y agregado de río, Sector Macacona, Arequipa, y así evitar el deterioro prematuro que ocasiona los vehículos pesados que ingresan y salen por esta vía de acceso.

Para llevar a cabo los objetivos planteados y comprobar las hipótesis, la siguiente investigación quedo estructurado en 07 apartados, El primero, “Problema de investigación” se plantea la descripción de la realidad problemática, se formuló los problemas generales y específicos, objetivos generales y específicos, la justificación y las limitaciones que tuvo la presente investigación. En segundo lugar “Formulación de hipótesis”, aquí se planteó las hipótesis generales y específicos, así como las variables

independiente y dependiente, y la operacionalización de variables. En el tercer lugar “Marco Teórico”, se ofrece un detallado concepto de la teoría referida al tema que es la estabilización de suelos y su aplicación en el diseño de un suelo estabilizado con mezcla de suelos. En cuarto lugar “Metodología” aquí se realizó el tipo, nivel y diseño de la investigación, así como la población y la muestra incluido las técnicas de recolección de datos. En el quinto apartado “Diseño experimental”, aquí se empezó con el desarrollo de la investigación tomando en cuenta las hipótesis planteadas para contrastarlas. En el sexto apartado “Análisis, resultados y discusiones” aquí se realizó el análisis de los resultados obtenidos en el desarrollo experimental. En el apartado siguiente “Conclusiones y Recomendaciones” aquí se da las conclusiones más resaltantes de los resultados obtenidos, así como las recomendaciones para futuras investigaciones referidas al trabajo de investigación, y por último se hizo la bibliografía. (Canaza & Ubaldo, 2020)

I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la realidad problemática

La construcción de carreteras en el Perú se ha convertido en parte importante para el desarrollo económico y social de la población. A la actualidad según la Infraestructura Vial de la Red Vecinal del SINAC al 31 de julio del 2021 se tiene un 2.3% de la vía pavimentada a nivel nacional esto quiere decir que existe un déficit de 97.7% de la red vial nacional sin pavimentar el cual se encuentra en condición de afirmado sin afirmar y trocha carrozable los cuales están incluidos en rango de carreteras de bajo volumen de tránsito. (Elizondo Arrieta, 2009)

En la actualidad el tramo de estudio cuenta con una vía de acceso construido con material propio del terreno natural, el cual se encuentra en pésimas condiciones a falta de un mantenimiento de la vía, si bien en la zona de estudio las precipitaciones pluviales son escasas o mínimas durante todo el año, el mayor deterioro de la vía se da por el paso de vehículos pesados hacia las minas que conlleva dicha carretera.

Ante esta problemática urge la necesidad para la colocación de un material de afirmado que, por su características físicas y mecánicas, serian de mejor aporte en cuanto a la durabilidad de la vía existente, para soportar las cargas vehiculares.

Para la implementación de un material de afirmado surge otra problemática, el cual es la falta de canteras que cumplan las especificaciones requeridas en el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013. (MTC, 2013)

En el tramo de estudio los materiales que más predominan en cuanto a volumen son los depósitos aluviales, lugar donde se concentra en mayor volumen el agregado de río (AR), los cuales están compuesto por una mezcla de grava y arena los cuales son depositados naturalmente por las fuerzas erosivas del agua y del viento, son materiales de fácil acceso para su extracción por

encontrarse en todo el borde de la carretera, en cuanto a sus características presentan una gradación deficiente, otra de sus características de los agregados de río es su falta de plasticidad ante la falta de arcillas en su composición, los cuales son los encargados de darle la cohesión necesaria para otorgarle al material una resistencia al desgaste y a la vez una resistencia al esfuerzo cortante.

Ante los problemas existentes para la colocación de un material de afirmado en el tramo de estudio se plantea la estabilización del agregado de río mediante la mezcla con otra cantera que le otorgue la cohesión necesaria para incrementar su capacidad de soporte y mejorar su resistencia al esfuerzo cortante, y así incrementar el tiempo de vida útil de la carretera del tramo de estudio, considerando la menor distancia de traslado y por sus características físicas y mecánicas la cantera para la estabilización de la carretera de afirmado es la cantera de suelo salino. (MTC – SINAC, 2021)

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cuál es el efecto de la mezcla de suelo salino y agregado de río en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, Sector Macacona-Arequipa?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo influyen las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado?
- ¿En qué proporción de mezcla de suelo salino y agregado de río se incrementaría la capacidad de soporte del agregado de río, para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado?

- ¿En qué proporción de mezcla de suelo salino y agregado de río se mejoraría la resistencia al esfuerzo cortante del agregado de río, para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la mezcla de suelo salino y agregado de río en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, Sector Macacona, Arequipa.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río, en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.
- Obtener la capacidad de soporte mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río.
- Determinar la resistencia al esfuerzo cortante mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación Práctica

La presente investigación busca una solución a la falta de un material adecuado para la construcción de una carretera de afirmado en el tramo de estudio, ante la deficiencia de parámetros que rige la norma peruana, estos parámetros están relacionados con las propiedades físicas y mecánicas del material, los cuales influirán en las propiedades básicas de una carretera de afirmado como la estabilidad, resistencia al desgaste, la impermeabilidad y la trabajabilidad, propiedades básicas relacionadas directamente con la densidad, capacidad de soporte y la resistencia al esfuerzo cortante del material compactado y terminado. Por ello se opta por el empleo de suelo salino con

agregado de río en diferentes proporciones y así determinar si la estabilización de la carretera a nivel de afirmado en la zona de estudio proporciona propiedades óptimas para su buen desempeño. Estos resultados podrán ser empleados como guía en la estabilización de suelos que presenten las mismas características y problemas del suelo en estudio.

1.4.2 Justificación Metodológica

Ante la falta de estudios de investigación de materiales los cuales contienen concentración de sales, el estudio pretende contribuir a la utilización de estos materiales por su gran aporte, debido a la cohesión que se les otorga a materiales no plásticos, esto para la colocación de una carretera de afirmado.

Los instrumentos utilizados para la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado estabilizado mediante la mezcla de suelos, están descritas en las normas nacionales e internacionales.

1.5 Limitaciones de la Investigación

1.5.1 Delimitación Conceptual

La siguiente investigación está enmarcado al área de geotecnia y pavimentos referidos a la teoría de estabilización de suelos donde se tomará muestras de la Cantera de suelo salino km. 48+950 ubicado en la Ruta N° AY-115 y el Agregado de río del km. 01+000 ubicado en la ruta N° AR-504, esto para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado en el Tramo: Emp. AR-103 - Macacona.

1.5.2 Delimitación Espacial

El tramo de estudio para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado está ubicado en el Distrito de Jaqui, Provincia de Caraveli, Región Arequipa. El agregado de río se obtendrá de una cantera de la Provincia de Caraveli, tomando como referencia kilómetro de inicio el distrito

de Jaqui el km. 00+000, el cual coincide con el km. 29+000 del Corredor Vial Cora Cora, Y la cantera de suelo salino está ubicada en el Distrito de Sancos, Provincia de Lucanas, Región Ayacucho. Tomando como referencia kilometraje de inicio el Distrito de Yauca km. 00+000, esta cantera está ubicada dentro del tramo Piedras Blancas – Jaqui,

1.5.3 Delimitación Temporal

La investigación se realizó en los meses de abril, mayo, junio y julio del 2022.

II FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.1 Hipótesis

2.1.1 *Hipótesis General*

La mezcla de suelo salino y el agregado de río tienen un efecto positivo para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado en el Sector Macacona, Arequipa.

2.1.2 *Hipótesis Específicas*

- Las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río son óptimas en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.
- Las proporciones de mezcla de suelo salino con el agregado de río incrementa la capacidad de soporte del agregado de río.
- Las proporciones de mezcla de suelo salino con el agregado de río mejora la resistencia al esfuerzo cortante del agregado de río.

2.2 Variable

2.2.1 *Variable Independiente*

Mezcla de suelo salino y agregado de río (en diferentes proporciones planteadas).

2.2.2 *Variable Dependiente*

Estabilización de una carretera a nivel de afirmado (propiedades, capacidad de soporte y resistencia al esfuerzo cortante)

2.3 Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Mezcla de suelo salino y agregado de río	Consiste en combinar dos o más suelos con distintas propiedades físicas, mecánicas y químicas con el objetivo de mejorar las propiedades geotécnicas de una capa de suelo resultante de la combinación. (Rocha Yupanqui, 2019)	Las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los suelos, serán determinados con ensayos geotécnicos de granulometría, límites de plasticidad, Proctor modificado, CBT y corte directo realizados en laboratorio	DIMENSIÓN 1	Indicador 1	Razón o Proporción
			Proporciones	<ul style="list-style-type: none"> • 40% AR – 60% CSS • 50% AR – 50% CSS • 60% AR – 40% CSS 	
			DIMENSIÓN 2	Indicador 1	
			Propiedades físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis granulométrico (MTC E 107) • Límites líquido (MTC E 110) • Límite plástico (MTC E 111) 	
Estabilización de una carretera a nivel de afirmado	La estabilización en la construcción de pavimentos nuevos o rehabilitación de pavimentos existentes consiste en mejorar la densidad para obtener una compactación adecuada, así como incrementar la capacidad de soporte y la resistencia al esfuerzo cortante de la superficie compactada (Austroads, 2006).	Las dimensiones planteadas serán determinadas con ensayos geotécnicos realizados en laboratorio mediante su respectivo indicador los cuales son CBR y corte directo.	DIMENSIÓN 1	Indicador 1	Razón o Proporción
			Capacidad de soporte	<ul style="list-style-type: none"> • CBR (MTC E 132) 	
			DIMENSIÓN 2	Indicador 1	
			Resistencia al esfuerzo cortante	<ul style="list-style-type: none"> • Cohesión (NTP 339.171) • Ángulo de fricción (NTP 339.171) 	

III MARCO TEORICO

3.1 Antecedentes del Problema

3.1.1 A Nivel Nacional

(Aguilar Condori, 2018), realizó la tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca que tiene por título “Mejoramiento de las características físicas y mecánicas del suelo de la cantera Taparachi mezclados con Agregados procesados para la construcción de pavimentos en la ciudad de Juliaca” donde el objetivo principal fue encontrar una mezcla adecuada de ambas canteras y ver cómo influye y varía el CBR de la cantera Taparachi, mezclado con el suelo de la cantera Cabanillas. La metodología aplicada se basó en realizar una mezcla de ambos suelos considerando los porcentajes de mezcla 25%-75%, 50%-50% y 75%-25% de la cantera Taparachi y Cantera Cabanillas respectivamente. Las conclusiones fueron que la mezclas donde se dio un incremento del CBR de la cantera Taparachi fueron las mezclas 50%-50% y 25%-75% Cantera Cabanillas y Cantera Taparachi respectivamente, donde se obtuvieron valores de 80% y 93% respectivamente.

(Fernández Riva, 2018), realizó la tesis para optar el título profesional de Ingeniera Civil en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza de Amazonas que tiene por título “Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de cloruro de sodio (NaCl) para uso de vías terrestres. Estudio de casos: Suelos de Chachapoyas, 2016” donde el objetivo principal de la siguiente investigación fue determinar la cantidad óptima de cloruro de sodio para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso. La metodología aplicada se basó en realizar una dosificación de cloruro de sodio en los siguientes porcentajes 2%, 5%, 10%, 20%, 30% y 50% en peso del suelo arcilloso, ejecutando los ensayos con los procedimientos normados. Las conclusiones obtenidas fueron que para una muestra patrón con un límite líquido de 64.4% con

una adición de cloruro de sodio de 50% el límite líquido se redujo a 29.5%, el límite plástico aumento en un valor máximo de 28.2% con la adición de 5% de cloruro de sodio, disminución del índice plástico con un valor mínimo de 9.4% con la adición del 50% de cloruro de sodio, aumento de la máxima densidad seca así como la disminución del óptimo contenido de humedad con valores de 1.917 g/cm³ y 6.8% respectivamente.

(Luna Enriquez & Yzaguirre Caballero, 2019), realizaron la tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo el cual tiene por título “Estabilización de la red vial vecinal AN-873 – 0+000 AL 2+400 km con cloruro de sodio proveniente del agua de mar, Santa, Santa, Ancash - 2019” donde presentaron como objetivo determinar como el cloruro de sodio proveniente del agua de mar influye en la estabilización de la red vecinal AN-873. La metodología aplicada se basó en realizar la caracterización de una muestra patrón el cual se obtuvo los siguientes valores: Clasificación SUCS y AASHTO determino un suelo limo arenoso con denominación de regular a malo, un suelo no plástico con parámetros de la máxima densidad seca de 2.046 g/cm³, óptimo contenido de humedad de 12.10% y un CBR de 8.29%, a estos resultados se realizó 02 dosificaciones con cloruro de sodio proveniente del agua de mar con porcentajes de 5% y 7% del peso total de la muestra. Y las conclusiones obtenidas se detallan a continuación, con la adición del 7% del aditivo se obtuvo parámetros no satisfactorios en cuanto a su CBR, donde se obtuvo un valor de 7.55% valor por debajo de la muestra patrón y con la adición del 5% de cloruro de sodio hubo un incremento del CBR en un 93.73% de la muestra patrón, el valor obtenido fue de 16.06%.

(Quiroz Alcántara, 2020), realizó la tesis para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo que tiene por título “Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de tránsito desde el caserío Los Tubos hasta el caserío

Pozo Cuarentena, Distrito de Mórrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque” donde el objetivo principal de la siguiente tesis fue determinar como el cloruro de sodio influye en la estabilización de un suelo areno arcilloso. La metodología aplicada fue la caracterización del suelo areno arcilloso en su estado natural y con la adición del cloruro de sodio en porcentajes de 1, 1.5 y 2%, los ensayos realizados fueron los siguientes: granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg, contenido de humedad, contenido de sales, peso específico, Proctor modificado y California Bearing Ratio. Las conclusiones que se obtuvieron son las siguientes, con la adición del cloruro de sodio en 1%, 1.5% y 2% se vio los siguientes resultados: disminución leve del límite líquido, límite plástico y el Índice plástico en un 0.70%, 0.43% y 0.45% respectivamente, respecto al CBR existe un aumento leve de 0.35% en comparación a la muestra patrón.

(Mendez Cerna, 2021) realizó la tesis para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo que tiene por título “Estabilización de suelos arcillosos para el mejoramiento de la subrasante adicionado cloruro de sodio, tramo Primorpampa – Cascapara, Yungay, Ancash 2021” donde el objetivo principal de este estudio se basó en determinar como el cloruro de sodio influye en la estabilización de la subrasante del tramo de estudio. La metodología aplicada fue la caracterización del suelo arcilloso para conocer los parámetros que influyen en su capacidad de soporte relativo (CBR) y su plasticidad (Índice Plástico) para luego realizar una comparación de valores con la adición de cloruro de sodio en los porcentajes de 1.5%, 3% y 4.5%, los parámetros obtenidos de la muestra patrón fueron las siguientes: Índice plástico de 14% y un CBR de 5.8%. Las conclusiones fueron las siguientes, con la adición de 1.5%, 3.0% y 4.5% del aditivo se obtuvieron los siguientes valores, con respecto al Índice plástico se obtuvo valores de

12%. 11% y 12% y con CBRs de 6.3%, 6.5% y 6.0% respectivamente de los porcentajes de cloruro de sodio añadidos.

3.1.2 A Nivel Internacional

(Castillo Parra, 2017) realizó la tesis para optar por el grado de Master en Ingeniería en Vialidad y Transportes para la Universidad de Cuenca que tiene por título “Estabilización de suelos arcillosos de Macas con valores de CBR menor al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras” el objetivo principal de esta investigación fue la utilización de nuevas alternativas para mejorar las propiedades del suelo natural. La metodología que se empleó en este estudio se basó en la adición del aditivo al terreno natural el cual tenía las siguientes características, límite líquido superior al 100%, humedad natural mayor a 140%, CBR menor a 5%, las dosificaciones de cal viva usadas fueron en porcentajes de 10%, 20%, 30% y 40%. En los resultados obtenidos de la siguiente tesis se comprobó la reducción de la humedad natural de 3,12% por porcentaje de cal añadida, así como el incremento del CBR en 15.8% por porcentaje de cal añadida, estos valores obtenidos fueron para un porcentaje de 16% de cal viva.

(Caballero Chaves, 2017) realizó un estudio para optar por el grado de Master en Ingeniería - Geotecnia en la Universidad Nacional de Colombia el cual lleva por título “Estabilización química con silicato de sodio del material de préstamo de la vía La Primavera – Bonanza – La Venturosa en el Departamento del Vichada” donde como objetivo principal de esta investigación se exploró métodos de mejoramiento a bajo costos con suelos propios de la región, donde se evaluó la resistencia y durabilidad de suelos arcillosos de la región con la adición de silicato de sodio. En la metodología de este estudio se realizó la caracterización del material arcilloso color rojizo en 02 puntos donde se obtuvo los siguientes parámetros, límite líquido de 31% y 37%, índice plástico de 13% y 19%, ángulo de fricción de 16° y 21°, cohesión de 0.61 y 0.12 kg/cm², resistencia al

corte de 0.12 y 0.45 kg/cm², para esto se añadió 15%, 25% y 50% de silicato de sodio en el agua de compactación. En los resultados obtenidos se detalla el aumento del módulo de elasticidad de 595 1659kg/cm², con 50% de silicato de sodio, y con adiciones de 15% y 25% de silicato de sodio igual hubo aumento en la resistencia y rigidez del suelo con valores de 595kg/cm² a 924 y 1348 kg/cm² respectivamente.

(Morales & Pailacura, 2019) realizaron un artículo científico en la Universidad Católica del Norte el cual lleva por título “Estudio del Comportamiento de una carpeta de rodado estabilizada con Cloruro de Sodio” donde el principal objetivo fue mejorar las propiedades mecánicas como la capacidad de soporte CBR y la resistencia al esfuerzo cortante mediante la adición de cloruro de sodio. La metodología de este trabajo fue realizar primeramente ensayos al material como el Proctor modificado, CBR, Triaxial y absorción de humedad, esto para determinar la incidencia del CaCl₂ en las propiedades mecánicas del suelo. Los resultados obtenidos fueron con 1.5% de CaCl₂ incremento de la máxima densidad seca (2.33g/cm³) y reducción del óptimo contenido de humedad (5.2%), también se presentó un incremento del ángulo de fricción y cohesión para un 2% de CaCl₂ con un curado de 5 días, se obtuvo un $\phi = 40.7^\circ$ y una cohesión de 50 kPa, y para el ensayo de CBR con la adición de 1% de CaCl₂ se obtuvo un incremento del CBR de 109 a 151% al 95% de la Máxima Densidad seca.

(Gutierrez, Vargas, Marulanda, & Rolando, 2020) realizaron un trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Cooperativa de Colombia de título “Estabilización de Afirmado con Ceniza proveniente de desechos de Cascarilla de Café para Aplicar en Suelos de Construcción de Vías” donde el principal objetivo de la investigación fue la utilización de cenizas provenientes de los desechos de la cascarilla del Café para aumentar la resistencia a la compresión y mejorar las propiedades físico mecánicas de la capa de afirmado. La

metodología aplicada fue caracterizar la muestra patrón con los ensayos de granulometría, Proctor modificado, CBR y desgaste de la máquina de los ángeles donde se obtuvieron una gradación del material A-38 Y A-25 según la norma Invias norma colombiana, un Proctor modificado con los parámetros de densidad seca máxima de 2.003 g/cm^3 y una óptima humedad de 9.6%, seguido de un CBR de 19% y un desgaste en la máquina de los ángeles de 26%, con estos valores se hizo 3 dosificaciones de la ceniza provenientes de los desechos de las cascarillas de café de 4%, 8% y 14%. Los resultados obtenidos en la siguiente tesis se dan solo en los ensayos de Proctor modificado y CBR, en los parámetros del Proctor modificado se vio un incremento de la densidad seca máxima y el óptimo contenido de humedad teniendo el valor más alto con la adición del 8% de la ceniza, respecto al CBR se vio una reducción del CBR en el 4% de adición de la ceniza donde se obtuvo un valor del 17%, el incremento más alto se dio con la adición del 14% de la ceniza donde se obtuvo un valor de 27%.

(Alarcón, Jiménez, & Benítez, 2020) realizaron un artículo científico para la Revista de Ingeniería de la Construcción que tiene por título “Estabilización de Suelos mediante el uso de lodos aceitoso” que como objetivo principal fue la utilización de lodos aceitosos para mejorar las propiedades mecánicas de material granular para afirmado. Como conclusión se obtuvo un porcentaje óptimo de lodo aceitoso de 6%, este porcentaje incrementa en un 40% el módulo resiliente del material tratado en comparación del material sin tratar, para una subrasante se recomienda un porcentaje de 4% de lodo aceitoso el cual incrementa en 37% el valor del CBR, también se obtuvo una reducción del límite plástico de 8% a 0%. Como se puede apreciar en los antecedentes descritos lo que se busca en una estabilización de suelos es mejorar sus propiedades como la resistencia, compresibilidad o durabilidad.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Suelos

Los suelos son partículas minerales que en el tiempo ha sufrido dos fenómenos para su existencia, la fragmentación mecánica y una alteración química como el feldespato del granito que se convierte en arcilla todo esto producto de rocas preexistentes. (Rico Rodriguez & Del Castillo, 2000).

En la geotecnia el suelo a diferencia de la roca sufre una modificación bien marcada cuando estos materiales están expuestos a la presencia de agua, de igual manera el suelo es considerado como soporte importante en las obras de infraestructura, ante esto se hace indispensable estudiar su comportamiento ante las modificaciones que son originadas por el hombre considerando las obras de infraestructura vial como las carreteras (Bañón & Beviá García, 2000).

3.2.2 Formación de depósitos naturales de suelos

Debe de ser de conocimiento que para el Ingeniero Civil los depósitos de suelos naturales son extraordinariamente variados. Por tal motivo un depósito natural de suelo no debe considerarse uniforme, para evitar situaciones desfavorables en un proyecto, el Ingeniero Civil debe conocer las características de los depósitos naturales (Diaz Rodriguez, 2019).

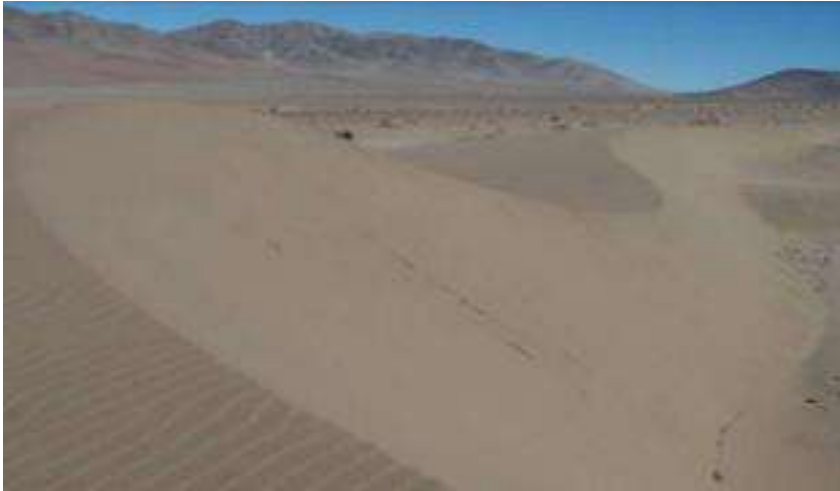
Las fuentes de depósitos naturales de materiales locales son la opción más viable, ya que esto influye en el bajo costo de construcción. En lo que respecta estos costos se incluyen los componentes en el siguiente orden; la compra del material, levantamiento del depósito de material, el procesamiento de materiales mediante ensayos de laboratorio, el transporte del material y por último la colocación del material en el frente de trabajo, donde todos estos componentes determinaran la calidad de la construcción requerida (Austroads, 2009).

3.2.2.1 Depósitos de suelos eólicos

Depósitos de suelos que son producto del arrastre producido por el viento, estos suelos desplazados generalmente adoptan la forma de dunas (ver Figura 1) (Diaz Rodriguez, 2019).

Figura 1

Dunas formadas por el arrastre que origina los vientos.



Fuente: Fuente propia

3.2.2.2 Depósitos por gravedad

También conocidos como coluvión, son depositados generados por desprendimiento, desde diminutos fragmentos como arenas y limos hasta grandes masas de rocas, suelos que han sido acarreados por acción de la gravedad a laderas más estables tal como se detalla en la (ver Figura 2) (Diaz Rodriguez, 2019).

Figura 2

Vista satelital deposito por gravedad Distrito de Sancos – Ayacucho



Fuente: Google earth

3.2.2.3 Depósitos aluviales

Los depósitos aluviales suelen ubicarse en quebradas y superficies topográficas más amplias, a diferencia de los depósitos coluviales el espesor de los estratos es mayores, estos suelos nacen por la acción de ríos y arroyos (ver Figura 3) (Das, 2015).

Figura 3

Vista satelital de un depósito aluvial Distrito de Jaqui – Arequipa.



Fuente: Google earth

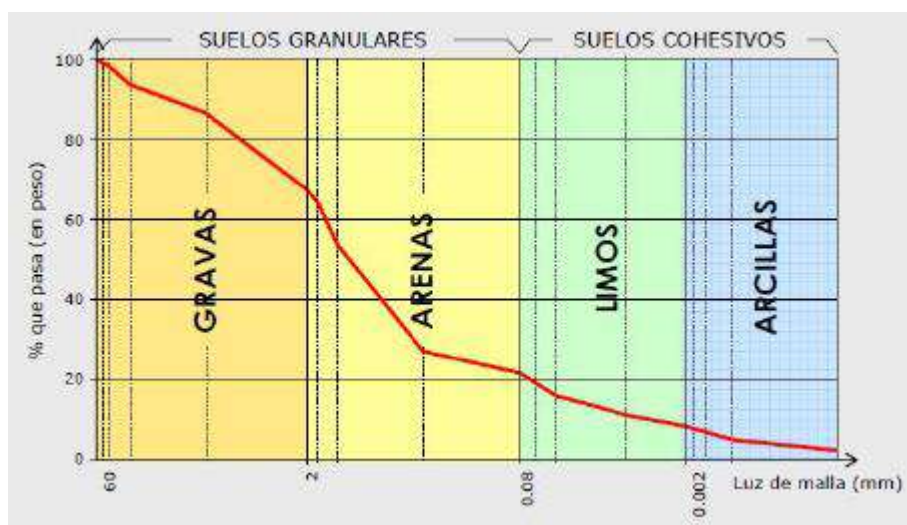
3.2.3 Tipos de suelos

Existen distintas formas de clasificar el suelo que a futuro se establecerán otras maneras de clasificar, pero en una primera aproximación los suelos son clasificados por la naturaleza de la roca madre y tamaño de las partículas que lo componen (Bañón & Beviá García, 2000).

El tamaño de partículas que componen un suelo será determinado por su granulometría definida en un intervalo de medidas (ver Figura 4). Divididos en suelos granulares, suelos cohesivos donde están incluidos los limos y arcillas y los suelos orgánicos.

Figura 4

Curva granulométrica de un suelo



Fuente: (Bañón & Beviá García, 2000)

3.2.3.1 Suelos granulares

Este tipo de suelos donde las partículas de agregado son no cohesivas, se caracterizan por poseer una buena capacidad portante y tener una permeabilidad elevada, esta característica origina la evacuación rápida del agua originada por las cargas externas, el cual dependerá del tamaño de las partículas del agregado (Bañón & Beviá García, 2000).

Se diferencian en dos grupos: uno conformado por gravas y el otro por las arenas que viene dada por la fracción del material pasante de 2mm, este tamaño descrito se determina con el ensayo de análisis granulométrico (Bañón & Beviá García, 2000).

3.2.3.2 Suelos finos o cohesivos

Suelo donde como característica importante es la cohesión, el tamaño de sus partículas es inferior a 0.08mm. La cohesión es el parámetro importante el cual incrementa la resistencia al corte o de cizalla en la estabilidad de taludes (Bañón & Beviá García, 2000).

De igual manera de diferencian en dos grupos de los cuales se consideran a los limos que son partículas con un tamaño comprendido de 0.02 a 0.002mm, producidos por la desintegración de rocas (origen físico), y el otro grupo donde se considera las arcillas compuestas por partículas de agregado microscópicas las cuales son procedentes de la meteorización química de las rocas (Bañón & Beviá García, 2000).

3.2.3.3 Suelos orgánicos

Suelos formados por la descomposición de restos de materia orgánica de origen animal y vegetal, que por sus características son suelos altamente compresibles y de baja capacidad portante (Bañón & Beviá García, 2000).

3.2.3.4 Suelos Salinos

Como primer requisito que se necesita para la formación de suelo es la presencia de sales de sodio en el suelo de material original, este tipo de suelos se da en las cuencas donde las aguas subterráneas están próximas a la superficie, los suelos afectados por sales son aquellos que contienen una elevada concentración de sales solubles (suelos salinos) y/o sodio intercambiable en las arcillas (suelos alcalinos o sódicos) (Gilbert Wooding, 1960, pág. 355).

3.2.4 *Tamaño de las Partículas del Suelo*

En la superficie existe una gran variedad de suelos independientemente de su origen ya mencionado con anterioridad, en geotecnia los suelos son llamados gravas, arenas, limos y arcillas el cual se determina mediante ensayos realizados, existen normas internacionales que lo clasifican según su tamaño, en la Tabla 1, se muestra la siguiente clasificación según el tamaño de partículas (Das, 2015). En la siguiente Tabla se muestra la clasificación según la norma AASHTO y la norma SUCS que son las de mayor aplicación en geotecnia.

Tabla 1

Límite de Separación según el Tamaño del Suelo

Nombre de la organización	Tamaño en grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO)	76.2 a 2 (3" a N°10)	2 a 0.075 (N°10 a N °200)	0.075 a 0.002	<0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de E.U., Oficina de Reclamación de E.U., Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)	76.2 a 4.75 (3" a N°4)	4.75 a 0.075 (N°4 a N °200)	Finos (p.ej., limos y arcillas) 0.075	

Fuente: (Das, 2015)

3.2.5 *Afirmado*

(MTC, 2014), en el capítulo XI define al afirmado como carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito para un factor de ejes equivalentes menor a 300,000 EE, el cual está constituida con un revestimiento de una capa granular en la capa superior, este tipo de carreteras se clasifican en; carreteras de tierra el cual está conformada por terreno natural mejorado con grava y material fino, carreteras gravosas constituida por un revestimiento de material gravoso natural sin procesar de tamaño máximo de 3", carreteras de afirmado constituido con materiales

preparados mediante zarandeo, y con una dosificación adecuada con un tamaño máximo de 2", y carreteras con un capa de rodadura tratadas con productos industriales como emulsión asfáltica, cloruros, cemento cal y otros productos.

Estructura de pavimento que por lo general está ubicado por debajo de la capa de subbase. Por lo general es utilizado en proyectos de vías rurales, la cual tiene como función principal ayudar a la nivelación y conformación de la plataforma de la estructura de un pavimento en lugares donde la subrasante no tiene un perfil longitudinal y transversal, así como un alineamiento definido (Reyes Lizcano & Rondón Quintana, 2015)

El afirmado consiste en una capa de rodadura compactada con material natural o procesado, los cuales son debidamente aprobados, con o sin la adición de un estabilizador de suelo, que se coloca sobre una superficie preparada (MTC, 2013).

Capa de rodadura realizada con materiales resistentes al desgaste, de baja permeabilidad los cuales dan como resultado una superficie uniforme, hermética y relativamente impermeable (Austroads, 2009).

Nota: Cabe indicar que Austroads que es la principal organización de agencias de tráfico y transporte por carretera en Australia el cual en la "Guía de tecnología de Pavimentos Parte 6: Pavimentos sin sellar", hace referencia a los pavimentos que no llevan un recubrimiento bituminoso para su protección, también llamado capa de rodadura o capa de revestimiento, que en la norma peruana se considera al afirmado.

3.2.6 Propiedades básicas de una carretera de afirmado

Las propiedades que afectan el comportamiento se verán afectados por su gradación, así como el material grueso y material fino que contienen el agregado. Estas propiedades los cuales afectan el comportamiento se detallan a continuación (Austroads, 2009).

3.2.6.1 Estabilidad

Propiedad encargada de resistir las deformaciones laterales y verticales, la resistencia es una propiedad importante y primordial porque es el encargado de soportar las tensiones impuestas. La resistencia al corte y la capacidad de soporte vienen dados por el buen enclavamiento y cohesión de partículas del agregado grueso y la cohesión que otorga la fracción fina, estos medidos por el ensayo de CBR (Austroads, 2009).

Estas propiedades se miden con el ensayo de CBR y el ensayo corte directo.

3.2.6.2 Resistencia al desgaste

La compactación es el procedimiento encargado de obtener una superficie con una cementación dura capaz de resistir los agentes abrasivos que son producidos por el tráfico, una buena compactación evita la pérdida de finos de la superficie compactada, por lo tanto, reduce la exposición del material grueso tal como se muestra en la Figura 5 (Austroads, 2009).

Figura 5

Material suelto y grava expuesta



Fuente: (Austroads, 2009)

3.2.6.3 Impermeabilidad

Propiedad encargada de evitar el paso del agua a la superficie compactada, evitando la pérdida de resistencia y estabilidad (Austroads, 2009).

Esta propiedad está relacionada con la disminución de vacíos, que se logra con el incremento de la densidad del material compactado.

3.2.6.4 Trabajabilidad y compactación

La trabajabilidad propiedad relacionada para obtener una compactación adecuada en una densidad deseada considerando una humedad óptima de compactación, esto asegura que la superficie compactada sea cerrada para evitar el paso del agua a su interior, así como una superficie uniforme para evitar las áreas segregadas en la superficie compactada el cual origina el desgaste prematuro de la superficie (Austroads, 2009).

3.2.7 Especificaciones requeridas

Las principales especificaciones para carreteras sin asfaltar, las cuales aseguran la calidad y durabilidad del pavimento colocado se basan en tres propiedades intrínsecas (Austroads, 2009).

3.2.7.1 Dureza del agregado

Dureza del agregado para soportar la ruptura del agregado producida por la compactación en el proceso constructivo y el tráfico de la vida útil del pavimento (Austroads, 2009).

3.2.7.2 Plasticidad

Esta propiedad es la encargada de otorgar la fuerza cohesiva del material para evitar el desgaste de la superficie de rodadura cuando el agregado se encuentre seco (Austroads, 2009).

3.2.7.3 Distribución del tamaño de partículas

Relacionada con el entrelazamiento de partículas para obtener una densidad máxima de compactación, como reducir la permeabilidad de la superficie compactada (Austroads, 2009).

3.2.8 Estabilización de Suelos

3.2.8.1 Definición

La estabilización de suelos definida por (Vivar, 1995) es “como un medio de consolidación permanente de los materiales de subrasante, subbase y base, incrementando de manera notoria su resistencia y capacidad de carga y decreciendo su sensibilidad al agua y a los cambios volumétricos” (p.84). MTC (2014b) lo define como “el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. (p.62)”. De los conceptos mencionados la estabilización de suelos tiene como única finalidad mejorar las propiedades de los suelos para aminorar los costos de producción como también el costo de traslado del agregado o material granular, y así darle viabilidad a las canteras locales y posterior uso de los materiales que se disponga en la zona de trabajo.

3.2.9 Estabilización granular

(Austroads, 2006) Define la estabilización granular como un “proceso mediante el cual se alteran las propiedades intrínsecas de los materiales de pavimento o de movimiento de tierras mediante la adición de un aglutinante de estabilización o material granular para cumplir con las expectativas de rendimiento en su entorno operativo, geológico y climático”, la estabilización granular está ligada a la estabilización de suelos sin asfaltar, donde se busca mejorar las características de desgaste de la capa de rodadura.

3.2.10 Estabilización granular mediante la mezcla de suelos

La mezcla granular o mecánica busca la mejora de un material mediante la mezcla de con uno o más materiales. La estabilización granular otorga un medio directo de alterar la distribución de partículas, así como cambios en la plasticidad (Austroads, 2006).

La estabilización granular puede involucrar lo siguiente:

- Mezcla de materiales de distintas zonas de un depósito de la fuente de suministro.
- Mezcla de material de préstamo seleccionado con materiales in situ.
- Mezclar dos o más gravas, suelos y / o productos de cantera naturales seleccionados e importados en el sitio o en una planta mezcladora.
- Mezcla de materiales reciclados con los pavimentos existentes.

3.2.11 Materiales

La existencia de materiales deficientes y de mala calidad, son los que se hace necesario la estabilización granular, esto para poder utilizarlos como material de base, subbase granular y capas de rodadura. Este tipo de materiales son los siguientes: (Austroads, 2006).

- Productos con deficiencia en los parámetros requeridos.
- Agregados con una gradación deficiente (agregados de río)
- Arenas depositadas en ríos o dunas.
- Arenas limosas, arcillas arenosas como las arcillas limosas.
- Materiales desechos de cantera
- Materiales granulares de una plasticidad alta

3.2.11.1 Criterios de diseño para establecer la estabilización granular

(Austroads, 2006) Determina la finalidad para establecer la estabilización de suelos en la construcción de pavimento nuevos o rehabilitación de pavimentos ya existentes los cuales son:

1. Corregir la gradación deficiente del agregado y su plasticidad para materiales granulares no ligados.
2. Mejorar la resistencia a la compresión no confinada.
3. Aumentar la capacidad de carga de un material el cual se calcula con el ensayo de CBR.

4. Disminuir la permeabilidad y la susceptibilidad a la humedad, los cuales afectan la resistencia del material.
5. Mejorar las características de los pavimentos que no llevan una capa bituminosa en la capa superior.
6. Mejorar la capacidad de carga de la capa de subrasantes diseñadas para un tráfico proyectado.

3.2.11.2 Diseño de mezcla

(Austroads, 2006) Determina los pasos para el diseño de mezcla del material existente con uno o más materiales para cumplir los parámetros requeridos los cuales se detalla a continuación:

1. Primeramente, se identifica los materiales adecuados para la estabilización granular, posterior a eso se realizará la caracterización de cada material por separado haciendo una evaluación del cumplimiento de los parámetros requeridos.
2. Selección una mezcla de materiales hasta encontrar una mezcla que cumpla los parámetros requeridos de diseño, como la plasticidad y una buena gradación de partículas.
3. Una vez mejorado estas propiedades adicionales a esto es necesario demostrar la resistencia mediante el CBR y el ensayo de corte directo.

IV METODOLOGÍA

4.1 Metodología de la Investigación

La metodología será el hipotético deductivo, según (Behar Rivero, 2008, pág. 40), esta metodología busca la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas mediante un enfoque establecido.

Para determinar la verdad y falsedad de las hipótesis planteadas se hará uso de los ensayos de laboratorio, con los cuales se buscará el cumplimiento de los parámetros establecidos en la norma peruana referida a una carretera de afirmado.

Por tal razón se usará el método hipotético – deductivo que establece una manipulación de variables en un entorno controlado que permita trabajar bajo un método científico a través del análisis de los indicadores planteados.

4.2 Tipo de Investigación

La investigación será aplicada, según (Carrasco Díaz, 2005, pág. 43) lo diferencia por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, esto significa modificar o transformar un sector de la realidad existente.

La presente investigación busca solucionar la problemática referida a la falta de canteras de materiales adecuados para la colocación de un material de afirmado en el tramo de estudio, para esto se aplicará la metodología referida a la estabilización de suelos con la mezcla de dos suelos.

La investigación será de tipo Aplicada.

4.3 Nivel de Investigación

De acuerdo con (Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014, pág. 105). El tipo de nivel de investigación explica el grado de asociación entre dos o más variables, es decir se mide cada variable relacionada.

El desarrollo de la investigación está orientado a evaluar y/o analizar la relación que existe entre la variable independiente “Mezcla de suelo salino con agregado de río” y la variable dependiente “Estabilización de una carretera a nivel de afirmado”. Para esto se buscará correlacionar las proporciones planteadas, con las dimensiones de la variable dependiente como son la densidad, la capacidad de soporte y la resistencia al esfuerzo cortante.

La investigación es de nivel Correlacional.

4.4 Diseño de la Investigación

De acuerdo con (Bernal, 2010, pág. 145) los diseños preexperimentales se denominan así porque a menudo ocurren antes de que se lleve a cabo un verdadero experimento. A menudo, los investigadores quieren ver si sus intervenciones tendrán efecto en un pequeño grupo de muestras antes de buscar dedicar tiempo a realizar un experimento real. Un diseño preexperimental, es un diseño donde no se realiza una asignación aleatoria de los sujetos al experimento, tampoco hay un grupo de control, en este diseño el investigador no ejerce ningún tipo de control sobre las variables extrañas o intervinientes.

El diseño se basó en tomar muestras de la cantera de suelo salino y muestras del agregado de río para realizar un análisis de sus propiedades físicas y mecánicas para luego plantear las mezclas de solución en distintas proporciones; se realizó el experimento, luego, se realizó los

ensayos de las mezclas para verificar las propiedades físicas y mecánicas de la variable dependiente.

$$G \text{ ————— } X \text{ ————— } O1$$

Dónde:

G = Grupo u objeto de estudio (propiedades físicas y mecánicas de la cantera de suelo salino y el agregado de río)

X = Tratamiento o variable independiente (Mezclas de la cantera de suelo salino y agregado de río)

O1 = Medición de la variable dependiente (Propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado estabilizado)

4.5 Población y Muestra

4.5.1 Población

Según (Bernal Torres, 2010) define a la población como "el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones".

La población para el siguiente trabajo es una carretera a nivel de afirmado la cual se encuentra ubicada en el Distrito de Jaqui, Provincia de Caraveli, Región Arequipa. En la figura 6 se adjunta el mapa vial de la carretera de estudio.

Figura 6

Mapa Vial de la carretera de Jaqui, Arequipa.



Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles Dirección de Caminos

4.5.2 Muestra

Según (Baena Paz, 2014), lo define "La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población".

La muestra para el siguiente trabajo es el tramo de Emp. AR-103 a Macacona para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado la cual se encuentra ubicada en el Distrito de Jaqui, Provincia de Caraveli, Región Arequipa. En la figura 7 se adjunta el mapa vial del tramo de estudio.

Figura 7

Mapa Vial del tramo de estudio.



Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles Dirección de Caminos

Y de este tramo en estudio se extraen las cantidades de material requeridas para hacer los ensayos descritos en la Tabla 2, Tabla 3 y la Tabla 4, tomando en cuenta el Manual de Ensayos de Materiales del MTC, la norma ASTM, y la Norma Técnica peruana.

Tabla 2

Cantidad de material de la cantera de suelo salino para realizar los ensayos

Ensayo	Norma	Cantidad de muestra representativa (g)	Especificaciones de la cantidad de muestra
Análisis granulométrico	ASTM D 422	15 000	Material pasante el Tamiz 1 ½"
Límites Líquido	ASTM D 4318	600	Material pasante el Tamiz N°40
Limite plástico	ASTM D 4318	100	Material pasante el Tamiz N°40
Abrasión	ASTM C 131	15 000	Material comprendido Tamices 3/8" - 1 ½"
Proctor modificado	ASTM D 1557	72 000	Material pasante el Tamiz ¾"
CBR	ASTM D 1883	54 000	Material pasante el Tamiz ¾"
Sales solubles	NTP 339.152	300	Material pasante el Tamiz N°10
Corte directo	MTC E 123	1 800	Material pasante el Tamiz N°4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3*Cantidad de material del agregado de río para realizar los ensayos*

Ensayo	Norma	Cantidad de muestra representativa (g)	Especificaciones de la cantidad de muestra
Análisis granulométrico	ASTM D 422	15 000	Material pasante el Tamiz 1 ½"
Límites Líquido	ASTM D 4318	600	Material pasante el Tamiz N°40
Limite plástico	ASTM D 4318	100	Material pasante el Tamiz N°40
Abrasión	ASTM C 131	15 000	Material comprendido Tamices 3/8" - 1 ½"
Proctor modificado	ASTM D 1557	72 000	Material pasante el Tamiz ¾"
CBR	ASTM D 1883	54 000	Material pasante el Tamiz ¾"
Sales solubles	NTP 339.152	300	Material pasante el Tamiz N°10
Corte directo	MTC E 123	1 800	Material pasante el Tamiz N°4

Fuente: Elaboración propia**Tabla 4***Cantidad de material para las 03 mezclas planteadas*

Ensayo	Norma	Cantidad de muestra representativa (g)	Especificaciones de la cantidad de muestra
Análisis granulométrico	ASTM D 422	45 000	Material pasante el Tamiz 1 ½"
Límites Líquido	ASTM D 4318	1 800	Material pasante el Tamiz N°40
Limite plástico	ASTM D 4318	300	Material pasante el Tamiz N°40
Abrasión	ASTM C 131	45 000	Material comprendido Tamices 3/8" - 1 ½"
Proctor modificado	ASTM D 1557	216 000	Material pasante el Tamiz ¾"
CBR	ASTM D 1883	162 000	Material pasante el Tamiz ¾"
Sales solubles	NTP 339.152	900	Material pasante el Tamiz N°10
Corte directo	MTC E 123	5 400	Material pasante el Tamiz N°4

Fuente: Elaboración propia

4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1 Técnica de Recolección de Datos

De acuerdo con (Gomez Bastar, 2012), describe a la observación como la mejor técnica en proyectos de ingeniería, para la recopilación de datos se hizo uso de formatos impresos para cada ensayo de laboratorio.

4.6.2 Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de datos se utilizó los formatos, instrumentos de registro de mayor uso para la obtención de datos obtenidos en laboratorio, y para la validación de esos datos se hizo uso de normas nacionales e internacionales.

4.7 Tratamientos Estadísticos

Para el tratamiento estadístico se usará el programa de Microsoft Office el Excel, esto para validar los resultados obtenidos a los parámetros requeridos de la EG-2013.

4.8 Procedimientos de recolección de datos

El procedimiento utilizado para la recolección de datos consta de las siguientes etapas:

Etapas preliminares: primeramente, se hizo el muestreo respectivo del material, así como lo detalla la (MTC, 2014).

Después de hacer el muestreo respectivo de cada material, se hizo un análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales del agregado de río, así como de la cantera de suelo salino:

Para esto se hizo uso de las normas nacionales e internacionales como la norma ASTM, AASHTO, NTP y la MTC.

En los siguientes ítems se presentan los procedimientos realizados en la investigación.

Para dar inicio el procedimiento del desarrollo experimental se realizó los siguientes pasos los cuales están detallados en el Manual de Carreteras Suelos Geología y Geotecnia y Pavimentos.

El tipo y la naturaleza de los agregados requeridos. Volumen necesario de material para su respectivo uso y la disponibilidad del material para su explotación.

4.8.1 Estudio de cantera de suelos

Realizar un estudio de canteras es de suma importancia, lo que traerá consigo un buen diseño de la estructura de pavimento deseado, para esto es necesario la realización de ensayos de laboratorio para la caracterización del material requerido (MTC, 2014).

4.8.2 Ubicación de las canteras de estudio

4.8.2.1 Agregado de río

El agregado de río está ubicado en la Red Vial Vecinal Ruta N°AR-504 en el km. 01+000 Distrito de Jaqui, Provincia de Caraveli, Región Arequipa. Tomando como referencia kilómetro de inicio el Distrito de Jaqui km. 00+000, el cual coincide con el km. 29+000 del Corredor Vial Cora Cora, (Ver Figura 8 y Figura 9).

Figura 8

Cantera de material del Agregado de río km. 01+000



Fuente. Elaboración propia

Figura 9

Muestreo del agregado de río km. 01+000



Fuente. Elaboración propia

4.8.2.2 Cantera de suelo salino

La cantera de suelo salino está ubicada en la Red Vial Departamental Ruta AY-115 en el km. 48+950 Distrito de Sancos, Provincia de Lucanas, Región Ayacucho. Tomando como referencia kilometraje de inicio el Distrito de Yauca km. 00+000, esta cantera está ubicada dentro del tramo Piedras Blancas – Jaqui, tramo que estaba a cargo de la Conservación Vial por la empresa CONCAR S.A., (Ver Figura 10 y Figura 11).

Figura 10

Cantera de suelo salino km. 48+950



Fuente. Elaboración propia

Figura 11

Muestreo de material de la cantera de suelo salino km. 48+950



Fuente. Elaboración propia

En la Figura 12, se detalla el tramo de estudio como la ubicación de la cantera de suelo salino y la ubicación del agregado de río.

Figura 12

Tramo de estudio



Fuente: Google earth

4.8.3 Muestreo

Para el muestreo de canteras se utilizó una camioneta con capacidad de 1.0 tonelada para el traslado de muestras las cuales son representativas, en total se hicieron 05 calicatas por depósito de material, en total se extrajeron 1000 kg de material (500 kg de material de la cantera de suelo salino y 500 kg de material del agregado de río).

4.8.4 Caracterización de la cantera de suelo salino y el agregado de río

Para la estabilización de suelos es muy importante conocer las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los suelos a estabilizar. La caracterización nos ayuda a conocer y a la vez analizar para poder determinar el tipo de estabilización requerida el cual mejore las propiedades de un suelo estabilizado.

Realizado la caracterización de los materiales para la estabilización a nivel de afirmado, esto ayudo a determinar las proporciones del material final.

4.8.4.1 Análisis mecánico o granulométrico de suelos

La importancia del análisis mecánico o granulométrico de suelos es determinar el tamaño de las partículas del suelo en proporciones respecto a su peso total, para realizar este ensayo se usa tamices estandarizados de mayor a menor tamaño, la forma como se representa la granulometría es mediante un gráfico semilogarítmico, donde la ordenada está representada por los porcentajes que pasa y la abscisa se coloca la obertura de los tamices (Bowles, 1981).

La buena gradación de un material obtenido con el ensayo del análisis granulométrico asegura el cumplimiento de un huso granulométrico deseado para los distintos tipos de pavimentos, esta buena gradación incrementa la densidad obtenida mediante la compactación de la capa colocada, esto por la disminución de vacíos, por consiguiente, exista una mejora en la resistencia mecánica del material colocado.

Para iniciar el ensayo de análisis granulométrico primeramente se realizó la obtención de una muestra representativa mediante el método del cuarteo el cual el procedimiento esta descrito en la Norma MTC E 105 (Obtención en laboratorio de muestras representativas), así como se detalla en la Figura 13.

Para realizar el ensayo se utilizó el procedimiento descrito en la norma MTC E 107 (Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado), y la norma ASTM D 422 (Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils), el cual detalla la utilización de 02 balanzas con precisión de 0.01g para las partículas que pasan el tamiz N°04 y otra balanza con sensibilidad de 0.1% del peso de la muestra para las partículas del material que son retenidos en el tamiz N°04, equipos para el secado de partículas donde se consideró un horno y por ultimo un juego de tamices con aberturas cuadradas según la gradación requerida para una carretera de afirmado.

En la Figura 13 se muestra el cuarteo de las muestras representativas tanto de la cantera de suelo salino como la del agregado de río.

Figura 13

Cuarteo del agregado de río y la cantera de suelo salino.



Fuente: Elaboración propia

Figura 14

Ensayo de análisis granulométrico de la cantera de suelo salino.



Fuente: Elaboración propia

Figura 15

Ensayo de análisis granulométrico del agregado de río.



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14 y Figura 15, se aprecia los tamices con las muestras respectivas de cada suelo para la realización de los ensayos del análisis granulométrico de la cantera de suelo salino y del agregado de río.

El ensayo consiste en la obtención de una curva granulométrica del material ensayado (Ver Figura 15, 16 y 17), que encaje dentro de un huso granulométrico requerido por la norma (Ver Tabla 5 y 6), que asegure la buena gradación del material ensayado.

La curva granulométrica del material ensayado es obtenida con los porcentajes pasantes acumulados, obtenidos de los pesos totales retenidos en cada tamiz especificado por la norma.

En la Tabla 5 se observa los porcentajes del material pasante acumulado de las 03 muestras del material del agregado de río, la muestra 01 (M-1), muestra 02 (M-2) y muestra 03 (M-3), donde los tamices de 1", N°04, N°10 y el Tamiz N°200 no cumplen con el rango del huso granulométrico especificado para un material de afirmado (Ver Figura 16, Figura 17 y Figura 18).

Tabla 5

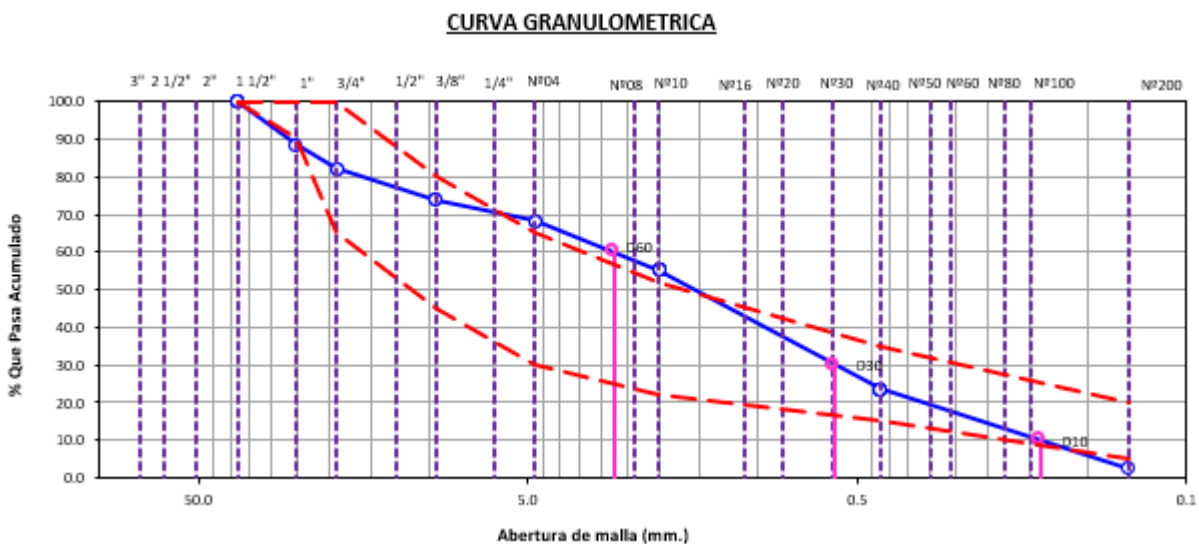
Análisis granulométrico Agregado de río km. 01+000

Tamiz	% pasante			Huso Granulométrico
	M-1	M-2	M-3	
50 mm (2")	100	100	100	100
37,5 mm (1 1/2")	100	100	100	100
25 mm (1")	88.4	88.3	88.5	90-100
19 mm (3/4")	82.1	83.0	82.6	65-100
9,5 mm (3/8")	73.8	73.1	73.7	45-80
4,75 mm (N°04)	68.4	68.2	68.9	30-65
2,00 mm (N°10)	55.2	55.7	55.1	22-52
425 um (N°40)	23.5	23.3	22.7	15-35
75 um (N°200)	2.6	2.5	2.5	5-20

Fuente: Elaboración propia

Figura 16

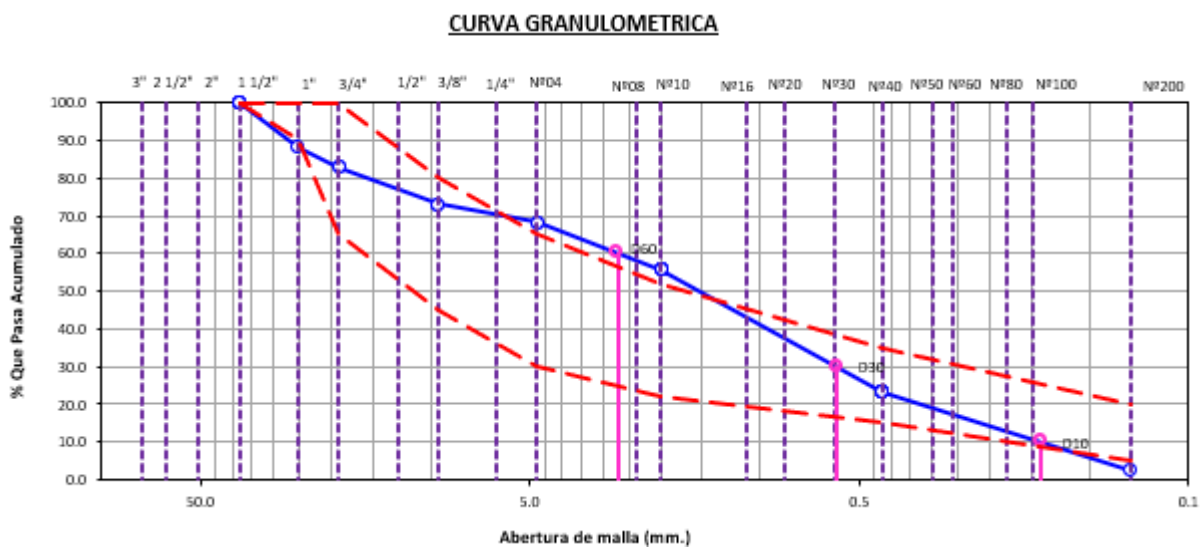
Curva granulométrica agregado de río km. 01+000 – Muestra 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 17

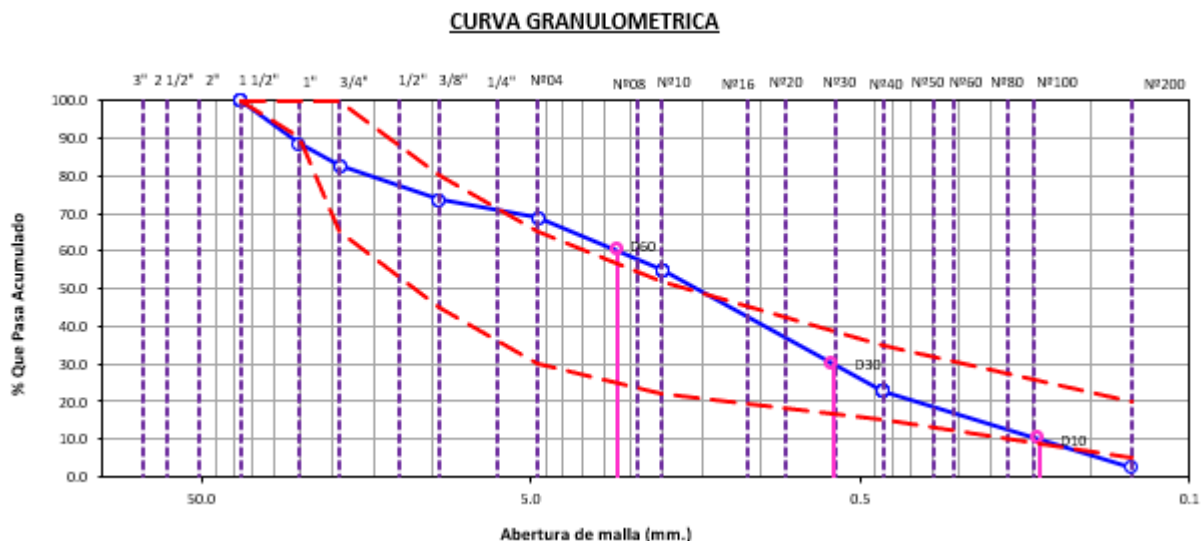
Curva granulométrica agregado de río km. 01+000 – Muestra 02



Fuente: Elaboración propia

Figura 18

Curva granulométrica agregado de río km. 01+000 – Muestra 03



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6 se observa los porcentajes del material pasante acumulado de las 03 muestras del material de la cantera de suelo salino, M-1, M-2 y M-3, donde cumplen con el huso granulométrico especificado para un material de afirmado (Ver Figura 19, Figura 20 y Figura 21).

Tabla 6

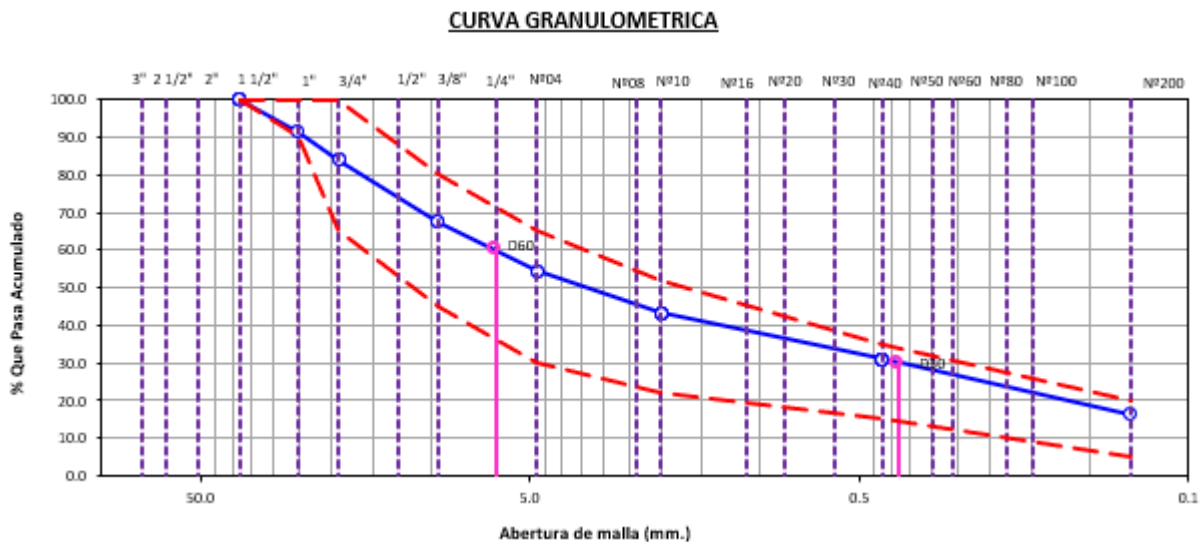
Análisis granulométrico Cantera de suelo salino km. 48+950

Tamiz	% pasante			Huso Granulométrico
	M-1	M-2	M-3	
50 mm (2")	100	100	100	100
37,5 mm (1 1/2")	100	100	100	100
25 mm (1")	91.5	92.2	92.2	90-100
19 mm (3/4")	83.9	84.1	83.9	65-100
9,5 mm (3/8")	67.6	68.2	67.4	45-80
4,75 mm (N°04)	54.6	55.1	54.0	30-65
2,00 mm (N°10)	43.3	43.1	42.2	22-52
425 um (N°40)	30.9	30.3	30.4	15-35
75 um (N°200)	16.4	16.5	16.3	5-20

Fuente: Elaboración propia

Figura 19

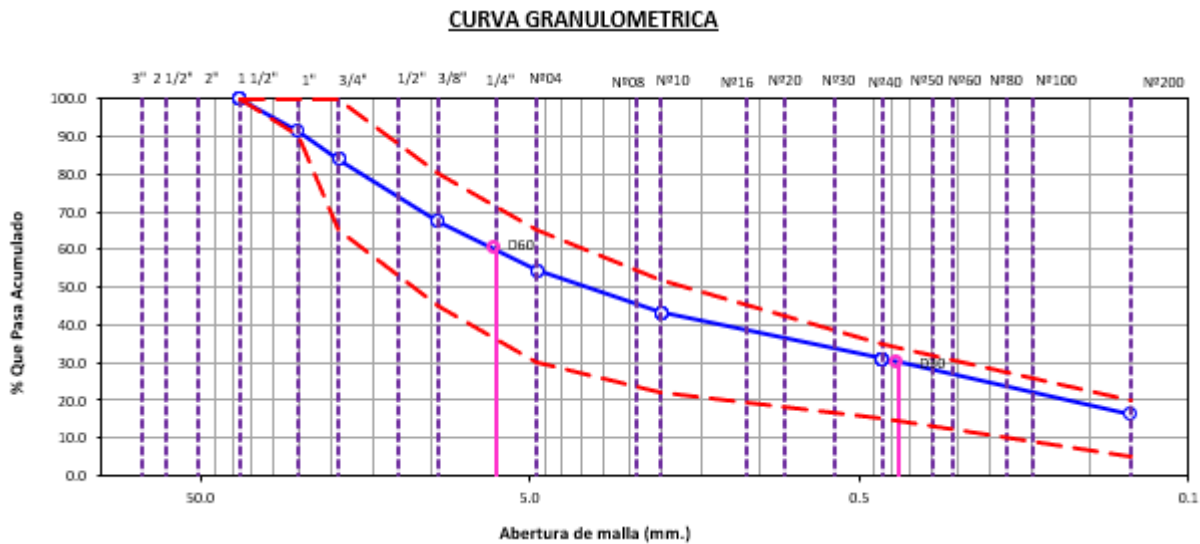
Curva granulométrica Cantera km. 48+950 – Muestra 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 20

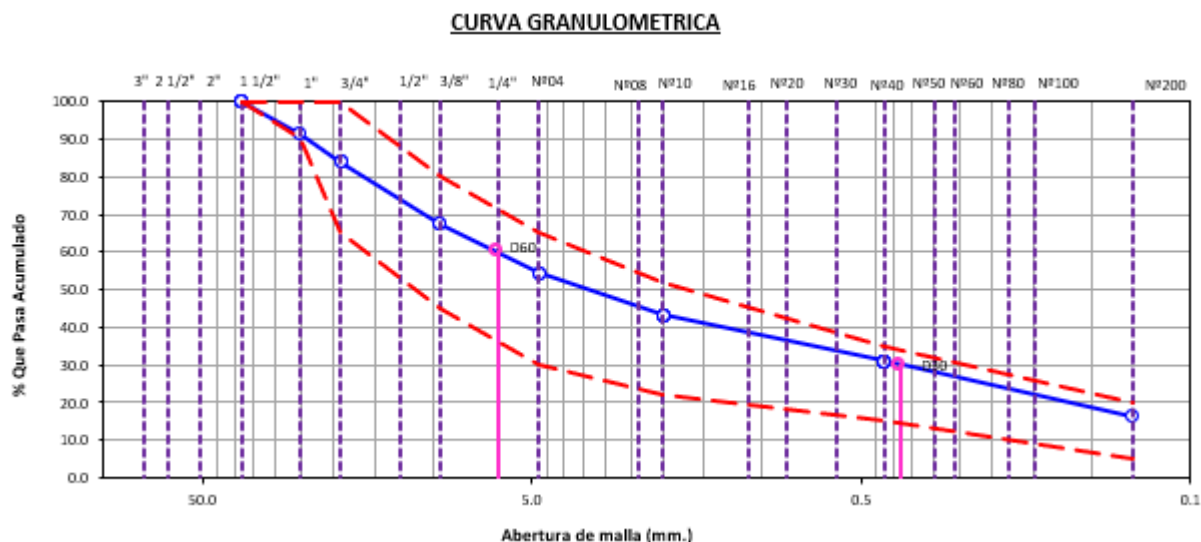
Curva granulométrica Cantera km. 48+950 – Muestra 02



Fuente: Elaboración propia

Figura 21

Curva granulométrica Cantera km. 48+950 – Muestra 03



Fuente: Elaboración propia

4.8.4.2 Límites de consistencia

Atterberg y A. Casagrande han podido determinar un procedimiento fácil y confiable para medir una nueva magnitud en suelos finos, esta magnitud es la plasticidad, el cual es útil para poder determinar correlaciones confiables entre sus valores y las propiedades principales del suelo, por consiguiente, en las etapas iniciales de un proyecto se hace indispensable su identificación y su clasificación (Rico Rodriguez & Del Castillo, 2000).

4.8.4.2.1 Limite líquido

Contenido de humedad inferior del cual el suelo tiene un comportamiento plástico (Bowles, 1981).

Es el máximo contenido de agua que un suelo puede contener para aun así mantener su plasticidad (Menéndez, 2016).

Procedimiento descrito en la norma MTC E 110 (Determinación Del Limite Liquido De Los Suelos) y la norma ASTM D4318 (Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit,

and Plasticity Index of Soils), para esto se utilizó el aparato de la Copa de Casagrande, una balanza con sensibilidad de 0.01gramos, horno y recipientes para la preparación de la muestra, este ensayo consiste en determinar el contenido de humedad de muestras pasantes por el Tamiz N°40, el cual con ayuda de la copa Casagrande la muestra es separado en dos partes iguales por un ranurador, y con ayuda de una manivela acoplado a la copa de Casagrande se deja caer la base de la copa hasta que la muestra quede unida 13 mm tal como se detalla en la Figura 22, para esto se registra el número de golpes con se cierra la ranura, y se saca una muestra con ayuda de espátula para determinar su contenido de humedad, este valor del límite liquido es el contenido de humedad que coincide con los 25 golpes.

Figura 22

Gráfico de la muestra antes y después de la prueba



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

En la Figura 23 y Figura 24, se muestra los ensayos del límite liquido realizado al AR del km. 01+000 y la CSS del km. 48+950.

Figura 23

Copa Casagrande ensayo límite líquido Agregado de río



Fuente: Elaboración propia

Figura 24

Copa Casagrande ensayo límite líquido cantera de suelo salino.



Fuente: Elaboración propia

4.8.4.2.2 Limite Plástico

Contenido de humedad inferior del cual el suelo tiene un comportamiento no plástico (Bowles, 1981).

Es el mínimo contenido de agua que un suelo puede contener para mantener un comportamiento elástico (Menéndez, 2016).

Procedimiento descrito en la norma MTC E 111 (Determinación Del Limite Plástico (L.P) de los Suelos e Índice de Plasticidad) y la norma ASTM D4318 (Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils), para esto se utilizó un vidrio grueso esmerilado, una balanza con sensibilidad de 0.01gramos, horno y recipientes para la preparación de la muestra, este ensayo consiste en determinar el contenido de humedad de muestras de material pasante el Tamiz N°40, este ensayo consiste en moldear con los dedos varillas elipsoides, hasta alcanzar un diámetro de 3.2mm antes que la muestra llegue a desmoronarse, así como se muestra en la Figura 25, este ensayo se realiza dos veces por muestra para que el valor del límite plástico sea el promedio de los dos resultados.

También se detalla que la muestra del Agregado de río del km. 01+000 no presenta Limite Plástico por lo tanto es un material no plástico NP.

Figura 25

Ensayo del límite plástico de la cantera de suelo salino.



Fuente: Elaboración propia

4.8.4.2.3 Índice plástico

El índice plástico es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (Das, 2015).

El cálculo del Índice Plástico esta descrito en la norma MTC E 111 (Determinación del Límite Plástico de los suelos e Índice de Plasticidad) y la norma ASTM D4318 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

En la Tabla 7 se muestra los resultados de los límites de consistencia (límite líquido, límite plástico y índice plástico), obtenidos de los materiales del agregado de río AR y la cantera de suelo salino CSS, resultados que fueron realizados a las 03 muestras por tipo de suelo, siendo el Agregado de río un suelo no plástico y con respecto a la cantera de suelo salino es un material que presenta plasticidad y que cumple los requisitos de un material de afirmado con respecto a estos ensayos.

Tabla 7*Resultados de los límites de consistencia del AR y la CSS*

Materiales	Muestra	Límite Líquido (%)	Índice Plástico (%)
Agregado de río	M-1	NP	NP
	M-2	NP	NP
	M-3	NP	NP
Cantera de suelo salino	M-1	16.0	6.0
	M-2	16.0	6.0
	M-3	16.0	5.0

Fuente: Elaboración propia**4.8.4.3 Clasificación De suelos**

La clasificación de suelos es dividida en grupos y subgrupos tomando como referencia las propiedades ingenieriles básicas como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico. En la actualidad existen dos sistemas las cuales son las más usadas para la clasificación de suelos, el sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el sistema unificado de Clasificación de suelo SUCS (Das, 2015).

Originalmente el sistema AASHTO fue propuesto para clasificar los materiales a nivel de subrasantes y vías de tipo granular, a diferencia de la clasificación SUCS el cual esta clasificación abarca en toda la rama de geotecnia (Das, 2015).

Las normas utilizadas para la clasificación de suelos se detallan a continuación:

- ASTM D3282 Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.
- ASTM D2487 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

En la Tabla 8, se detalla la clasificación obtenida en las normas descritas del agregado de río del km. 01+000 y la cantera de suelo salino del km. 48+950.

Tabla 8*Clasificación de suelos AASHTO y SUCS*

Material	Muestra	AASHTO	SUCS
Agregado de río	M-1	A-1-b (0)	SP
	M-2	A-1-b (0)	SP
	M-3	A-1-b (0)	SP
Cantera suelos salino	M-1	A-1-b (0)	GC-GM
	M-2	A-1-b (0)	GC-GM
	M-3	A-1-b (0)	GC-GM

Fuente: Elaboración propia**4.8.4.4 Humedad natural**

Este ensayo busca la cantidad de agua contenida en el suelo en su estado natural. Para realizar este ensayo se utilizó las siguientes normas:

- ASTM D2216 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.
- MTC E 108 Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo.

Este ensayo se realizó con el procedimiento descrito en las normas mencionadas, el cual detalla la utilización de 01 balanza de precisión de 0.1g donde las muestras representativas tuvieron un peso mayor a 500g para ambos suelos y un horno para el secado de la muestra en su estado natural tal como se muestra en la Figura 26 y la Figura 27.

En la Tabla 9 se detalla los valores de las humedades en su estado natural de las muestras del AR del km. 01+000 y la CSS del km. 48+950.

Tabla 9

Resultados del contenido de humedad del AR y la CSS.

Material	Muestra	Contenido de Humedad (%)
Agregado de río	M-1	1.0
	M-2	1.1
	M-3	0.8
Cantera de suelo salino	M-1	3.2
	M-2	3.0
	M-3	2.8

Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Ensayo del contenido de humedad del agregado de río



Fuente: Elaboración propia

Figura 27

Ensayo del contenido de humedad de la cantera de suelo salino



Fuente: Elaboración propia

4.8.4.5 Abrasión los ángeles.

Es la prueba más utilizada para evaluar la resistencia de los agregados gruesos al desgaste de la abrasión y las fuerzas de impacto (Menéndez, 2016).

(MTC, 2013) Hace mención un valor máximo de desgaste a la abrasión de agregados de 40% para una carretera a nivel de afirmado.

Este ensayo se realizó con el procedimiento descrito en la norma MTC E 207 (Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½")), la Norma MTC E 207 del Manual de ensayos de Materiales muestra 04 gradaciones para la realización de este ensayo según el tamaño máximo del material (ver Figura 28), con el uso de la máquina de los Ángeles con las características descritas en la norma en mención, y una carga de esferas de acero de 46,5mm de diámetro, la gradación que se considero fue el tipo A el cual requiere 12 esferas de acero y una masa de carga de 5000 ± 10 gramos, una vez seleccionado el tipo de gradación que corresponde para realizar el ensayo, primeramente la muestra debe ser lavada para eliminar partículas o polvo adherido al material.

Una vez obtenido las muestras representativas de las 02 muestras (Ver Figura 23), se hizo el ensayo que corresponde al desgaste a la abrasión los Ángeles tal como se muestra en la Figura 30 y la Figura 31.

Figura 28

Gradación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-,-	-,-	-,-
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1 250 ± 25	-,-	-,-	-,-
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-,-	-,-
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-,-	-,-
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	-,-	-,-	2 500 ± 10	-,-
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (Nº 4)	-,-	-,-	2 500 ± 10	-,-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-,-	-,-		5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales, Perú, 2016

Figura 29

Muestras secadas al horno para el ensayo de Abrasión.



Fuente: elaboración propia

Figura 30

Ensayo del desgaste en la máquina de los Ángeles cantera de suelo salino.



Fuente: elaboración propia

Figura 31

Ensayo del desgaste en la máquina de los Ángeles del agregado de río.



Fuente: elaboración propia

En la Tabla 10, se detalla los resultados obtenidos al ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles tanto del agregado de río, así como de la cantera de suelo salino.

Tabla 10

Resultados del desgaste a la abrasión los ángulos del AR y de la CSS.

Material	Muestra	Abrasión los ángulos (%)
Agregado de río	M-1	31.5
	M-2	31.9
	M-3	30.7
Cantera de suelo salino	M-1	13.5
	M-2	13.8
	M-3	13.7

Fuente: Elaboración propia

4.8.4.6 Ensayo de compactación

El incremento de la densidad se da por el aumento de la cantidad de sólidos por unidad de volumen de los materiales, el cual se da por la reducción de vacíos (agua y aire), y el método más utilizado es la compactación, este incremento conlleva a la mejora de las propiedades de un suelo tales como la resistencia, compresibilidad y permeabilidad. En los proyectos viales la compactación de suelos viene determinado por la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, parámetros que son obtenidos por el ensayo de Proctor modificado, ensayo que por la energía de compactación se clasifica en Proctor modificado y Proctor estándar (Menéndez, 2016).

Para realizar este ensayo se utilizó el procedimiento detallado en la norma ASTM D1557 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³), la norma presenta 04 procedimientos alternativos para realizar el ensayo en mención el cual se detalla en la Tabla 11.

El procedimiento seleccionado fue el método C por tener un material cuyo tamaño máximo es de 1 1/2", para esto se utilizó un molde de 152.4 mm (6 pulg) de diámetro interno

más un martillo de 4.54 kg (10 lb) con una altura de caída de 457 mm (18 pulg), los cuales están descritos en la norma ASTM 1557-78.

En las Figuras 32, Figura 33 se muestra las imágenes del procedimiento realizado para este ensayo, desde la preparación de la muestra el cual tiene un peso de 6 kg hasta obtener la muestra compactada en el molde de 6 pulgadas.

Tabla 11

Cuadro para selección del procedimiento de ensayo

Método	Diámetro del molde	Material a usar
A	04 pulgadas	Pasante N°04
B	04 pulgadas	Pasante 3/8"
C	06 pulgadas	Pasante 3/4"

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a la norma ASTM D 1557-78

Figura 32

Realización del ensayo de Proctor modificado



Fuente: Elaboración propia

Figura 33*Ensayo terminado del Proctor modificado***Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 12 se detalla los resultados obtenidos de los parámetros del ensayo del Proctor modificado como son la máxima densidad seca MDS y su óptimo contenido de humedad OCH, tanto del agregado de río como de la cantera de suelo salino.

Tabla 12*Resultados del ensayo Proctor modificado del AR y de la CSS.*

Material	Muestra	Proctor modificado	
		MDS (g/cm ³)	OCH (%)
Agregado de río	M-1	2.102	6.6
	M-2	2.111	6.6
	M-3	2.108	6.7
Cantera de suelo salino	M-1	2.267	5.7
	M-2	2.264	5.3
	M-3	2.269	5.3

Fuente: Elaboración propia**4.8.4.7 Ensayo de CBR**

Ensayo relativamente simple el cual sirve para calcular la capacidad de soporte relativo de un suelo de subrasante, material de base, subbase o afirmado (Minaya, 2006).

Es un método que inicialmente fue diseñado para comparar bases de grava natural con rocas trituradas, consecuente a eso se aplicó para evaluar la subrasante en el diseño de pavimentos, por consiguiente, en los materiales estabilizados, este ensayo se afilia mejor a la estabilización granular de los materiales del pavimento, así como para el movimiento de tierras (Austroads, 2006).

El ensayo se realizó con el procedimiento descrito en la norma MTC E 132 (CBR DE SUELOS (LABORATORIO)), en la Figura 34 se aprecia la preparación del molde de CBR con la cantidad de golpes requeridos para cada molde, que según la norma detalla que la cantidad de golpes son de 12, 25 y 56 golpes.

Antes de realizar el CBR del material, primeramente se hace el ensayo de Proctor modificado, cuyos valores de los parámetros de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad servirán para la preparación de la muestra, las muestras de CBR tienen que ser moldeadas y compactadas con el valor del óptimo contenido de humedad del Proctor modificado, una vez moldeado las probetas de CBR la muestra es saturada en recipientes de agua por un máximo de 72 horas (Ver Figura 35), y medido la expansión cada 24 horas hasta completar las 72 horas de tener la muestra saturada (Ver Figura 35), terminado todo el proceso de saturación de las muestras de CBR, estas son colocadas en la prensa de CBR para medir su Capacidad de soporte relativo (Ver Figura 36).

En la Tabla 13 se detalla los resultados obtenidos del ensayo de CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca MDS, tanto del agregado de río como de la cantera de suelo salino.

Tabla 13*Resultados del CBR del AR y de la CSS*

Material	Muestra	CBR (%) al 95% de la MDS	CBR (%) al 100% de la MDS
Agregado de río	M-1	35.8	66.0
	M-2	37.7	70.6
	M-3	32.2	63.2
Cantera de suelo salino	M-1	51.9	103.0
	M-2	53.3	104.2
	M-3	44.3	97.6

Fuente: Elaboración propia**Figura 34***Muestra compactada del CBR.***Fuente:** Elaboración propia

Figura 35

Muestra saturada del CBR.



Fuente: Elaboración propia

Figura 36

Penetración de la muestra de CBR.



Fuente: Elaboración propia

4.8.4.8 Ensayos adicionales

Respecto al estudio que comprende la estabilización de suelos por combinación de un suelo salino y el agregado de río se consideró ensayos adicionales para tener un análisis más

completo donde se consideró el contenido de sales solubles, y los parámetros del ensayo de corte directo como son la cohesión y el ángulo de fricción.

4.8.4.8.1 Contenido de sales solubles en suelos.

El ensayo para determinar el contenido de sales fue realizado con el procedimiento descrito en la Norma Técnica Peruana 339.152, Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterráneas, este ensayo fue realizado en un extracto acuoso con una relación suelo-agua de 1:5, donde se consideró 100g de muestra secada al horno secada a 60°C y 300 ml de agua destilada tal como se detalla en las Figura 37 y en la Figura 38 se detalla la solución acuosa del material y el agua destilada, realizado el procedimiento descrito en la norma con un reposo de 16 horas para el asentamiento de toda partícula hasta que se pueda observar el agua cristalina se realizó la evaporación completa del agua a una temperatura de 110°C y obtener los residuos de sales que contenía cada muestra (ver Figura 39 y la Figura 40).

En la Tabla 14, se detalla los resultados obtenidos del contenido de sales solubles tanto del agregado de río como la de la cantera de suelo salino.

Tabla 14

Resultados del contenido de sales solubles en suelos del AR y de la CSS

Material	Muestra	Contenido de sales solubles (%)
Agregado de río	M-1	0.8
	M-2	0.6
	M-3	0.7
Cantera de suelo salino	M-1	4.0
	M-2	3.9
	M-3	4.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 37

Ensayo del contenido de sales solubles del agregado de río.



Fuente: Elaboración propia

Figura 38

Ensayo del contenido de sales solubles de la cantera de suelo salino.



Fuente: Elaboración propia

Figura 39

Ensayo de contenido de sales solubles del agregado de río



Fuente: Elaboración propia

Figura 40

Ensayo del contenido de sales solubles de la cantera de suelo salino



Fuente: Elaboración propia

4.8.4.8.2 Ensayo de corte directo

Ensayo utilizado para obtener un plano de falla, esta falla es originada por un esfuerzo cortante originado por un esfuerzo normal y un esfuerzo cortante, ambas originadas por una carga vertical y una carga horizontal respectivamente, el esfuerzo normal se obtiene de la relación de la carga vertical sobre el área de la muestra, y el esfuerzo cortante es obtenido de la relación de la carga horizontal sobre el área de la misma muestra (Bowles, 1981).

Para realizar el siguiente ensayo se hizo uso de las siguientes normas:

- ASTM D 3080 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.
- MTC E 123 Corte directo (consolidado drenado).

El procedimiento realizado se detalla a continuación:

- a) Primeramente, se pasa el material por el Tamiz N°04 como exige la norma y luego se saca 03 muestras representativas, las cuales tiene la humedad optima obtenida en el ensayo de Proctor modificado.
- b) La muestra obtenida se coloca en la caja de corte con los insertos porosos, la dimensión de la caja de corte es de 6cm por lado con una altura de 2.1cm.
- c) Las cargas usadas para el siguiente ensayo fueron de 2, 4 y 8 kg.
- d) Una vez colocado y compactada la muestra en la caja de corte se realiza el ensayo de corte con el equipo usado (Ver Figura 41 y Figura 42).

En la Tabla 15 se detalla los resultados obtenidos del ensayo de corte directo, con los parámetros requeridos como son la cohesión y el ángulo de fricción, esto para el cálculo del esfuerzo cortante del material.

Tabla 15

Resultados del ensayo de corte directo del AR y la CSS

Canteras	Muestra	Cohesión (kg/cm ²)	Ángulo de fricción (°)	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)
Agregado de río	M-1	0.00	44.0	1.74
	M-2	0.00	44.6	1.77
	M-3	0.00	45.4	1.83
Cantera de suelo salino	M-1	0.22	47.8	2.14
	M-2	0.21	48.4	2.17
	M-3	0.21	48.4	2.18

Fuente: Elaboración propia

Figura 41

Ensayo de corte directo agregado de río.



Fuente: Elaboración propia

Figura 42

Ensayo de corte directo cantera de suelo salino.



Fuente: Elaboración propia

4.8.5 Proporciones de la mezcla

Con los valores obtenidos de los parámetros requeridos para una carretera de afirmado, a las muestras del AR del km. 01+000 y la CSS del km. 48+950, y siendo el agregado de río el cual no cumple con el huso granulométrico requerido y que el valor del índice plástico nos defina como un material no plástico, por tal motivo se planteó realizar la estabilización de suelos con la mezcla de suelos, para esto se considera 03 mezclas con las siguientes proporciones como se muestra en la Tabla 16.

Respecto a las proporciones que han sido consideradas para la mezcla de la cantera de suelo salino y el agregado de río para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado se consideró los siguientes criterios:

Consideraciones para determinar las proporciones de la mezcla de suelos

Como se menciona en (Austroads, 2009), la trabajabilidad es la propiedad que hace fácil la compactación de un material para obtener la densidad deseada, considerando las características del agregado de río, al ser un material no plástico con deficiencia en el material pasante el Tamiz N°200, este origina desmoronamiento del material a la hora de la compactación debido a la falta de material arcilloso o un ligante externo (cemento o emulsión asfáltica, u otro aditivo), materiales que le otorgan la cohesión necesaria para hacer trabajable el material, para esto se consideró 03 proporciones para el agregado de río de 40%, 50% y 60%, considerando la distancia media de traslado del material de la cantera de suelo salino ubicado en el km. 48+950 al tramo a estabilizar ubicado en el km. 29+000 (Ver Figura 12).

Determinado las propiedades físicas, mecánicas y químicas del agregado de río del km. 01+000 y de la cantera de suelo salino del km. 48+950 por separado, y tomando en cuenta las

consideraciones para determinar las proporciones de suelos, se consideró tres mezclas de suelos considerando las proporciones descritas, estas se detallan en la Tabla 16.

Tabla 16

Proporciones de la mezcla del AR del km. 01+000 y la CSS km. 48+950.

	Proporciones de Mezcla (%)		
	Mezcla 01	Mezcla 02	Mezcla 03
Agregado de río (AR)	40% (AR)	50% (AR)	60% (AR)
Cantera de suelo salino (CSS)	60% (CSS)	50% (CSS)	40% (CSS)

Fuente: Elaboración propia

4.8.5.1 Análisis granulométrico de las mezclas de suelos determinados

Ante la deficiencia obtenida en la gradación del material del AR, donde los porcentajes pasantes en los tamices de 1", N°04, N°10 y el Tamiz N°200 como se ve en la Figura 16, Figura 17 y Figura 18, no cumplen el rango del huso granulométrico determinado para una carretera a nivel de afirmado descrita en la EG-2013, ante esto con el procedimiento descrito en la norma MTC E 105 (Obtención en laboratorio de muestras representativas), y la norma MTC E 107 (Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado), se realizó el siguiente ensayo considerando las proporciones de las 03 mezclas planteadas para el AR y la CSS, en la Tabla 17 se detalla los valores obtenidos de la mezcla 01 (40%AR – 60%CSS), así como su respectivo diagrama de la curva granulométrica respectivamente.

En las Figuras 43, 44 y 45, se muestra las curvas granulométricas de la muestra 01, 02 y 03 de la mezcla 01 proporción 40%AR – 60%CSS, donde cumplen con el huso granulométrico para una carretera a nivel de afirmado como detalla la EG-2013.

Tabla 17

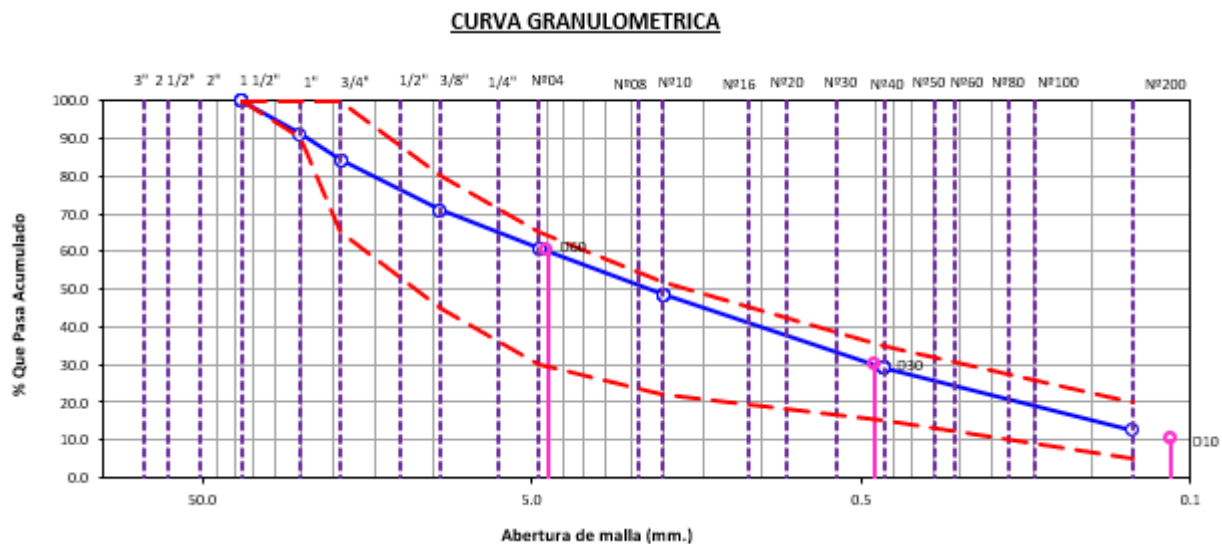
Análisis granulométrico mezcla 01 (40% AR – 60% CSS)

Tamiz	% pasante			Huso Granulométrico
	M-1	M-2	M-3	
50 mm (2")	100	100	100	100
37,5 mm (1 1/2")	100	100	100	100
25 mm (1")	91.1	91.4	91.2	90-100
19 mm (3/4")	84.1	84.5	83.8	65-100
9,5 mm (3/8")	71.0	70.7	70.5	45-80
4,75 mm (N°04)	61.0	60.8	59.7	30-65
2,00 mm (N°10)	48.7	48.4	47.7	22-52
425 um (N°40)	29.3	29.3	28.5	15-35
75 um (N°200)	12.6	12.7	12.2	5-20

Fuente: Elaboración propia

Figura 43

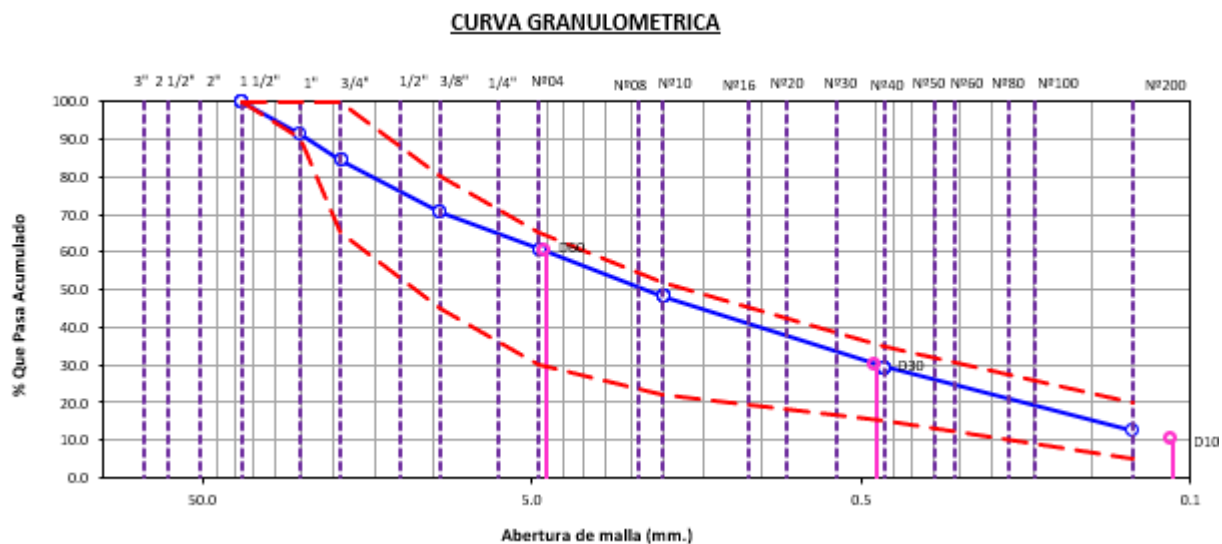
Curva granulométrica mezcla 01 (40% AR – 60% CSS) – Muestra 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 44

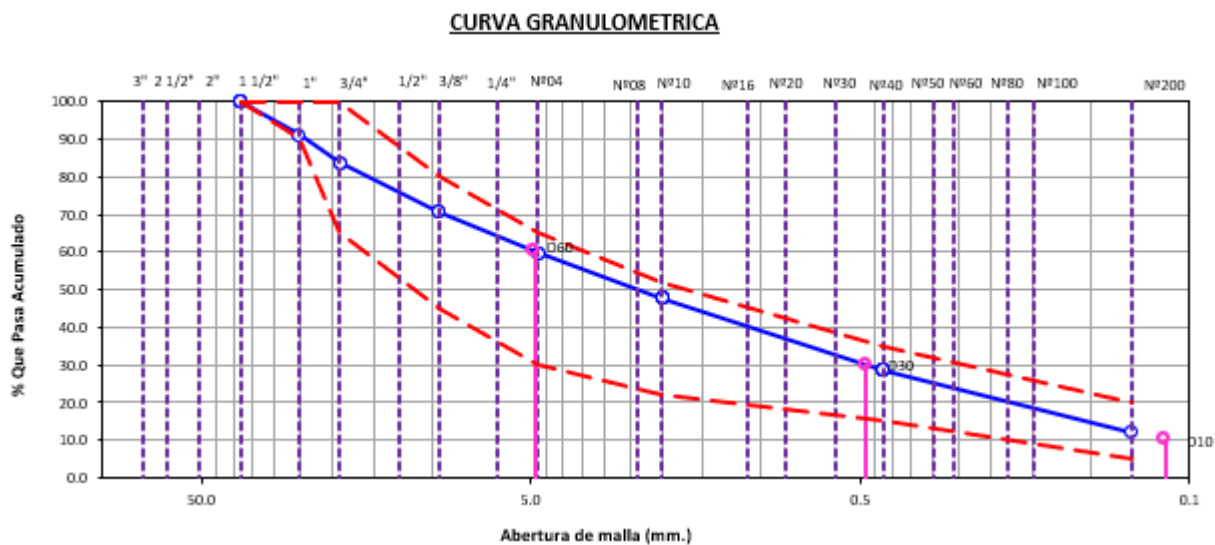
Curva granulométrica mezcla 01 (40% AR – 60% CSS) – Muestra 02



Fuente: Elaboración propia

Figura 45

Curva granulométrica mezcla 01 (40% AR – 60% CSS) – Muestra 03



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 18 se muestra los valores obtenidos de los porcentajes del material pasante de las 03 muestras de la mezcla 02 de la proporción 50%AR – 50%CSS, donde cumplen con el huso granulométrico para una carretera a nivel de afirmado como detalla la EG-2013, también se muestra las curvas granulométricas de las muestras de la mezcla 02 (Ver Figura 46, Figura 47 y Figura 48).

Tabla 18

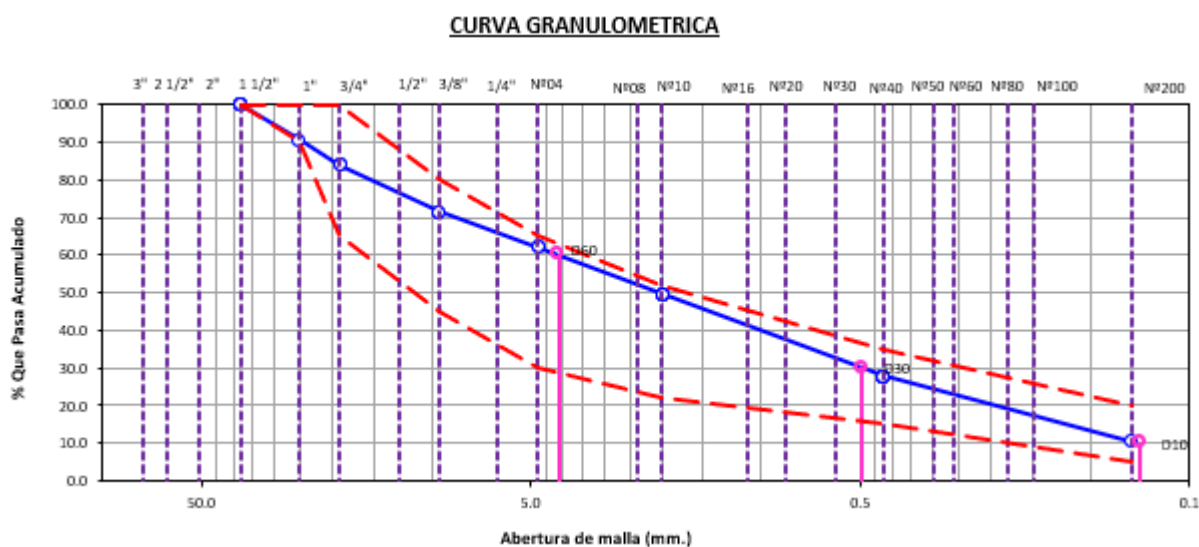
Análisis granulométrico mezcla 02 (50% AR – 50% CSS)

Tamiz	% pasante			Huso Granulométrico
	M-1	M-2	M-3	
50 mm (2")	100	100	100	100
37,5 mm (1 1/2")	100	100	100	100
25 mm (1")	90.6	90.9	90.5	90-100
19 mm (3/4")	83.9	84.1	83.4	65-100
9,5 mm (3/8")	71.4	71.9	71.1	45-80
4,75 mm (N°04)	62.1	62.1	62.0	30-65
2,00 mm (N°10)	49.6	49.4	49.2	22-52
425 um (N°40)	28.0	27.4	29.0	15-35
75 um (N°200)	10.6	10.2	10.8	5-20

Fuente: Elaboración propia

Figura 46

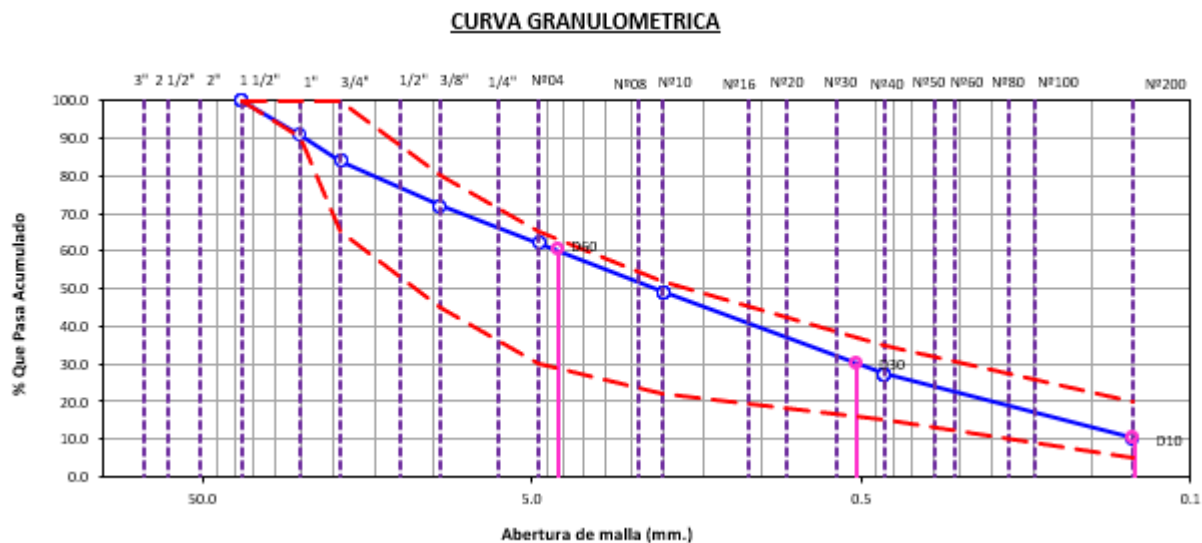
Curva granulométrica mezcla 02 (50% AR – 50% CSS) – Muestra 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 47

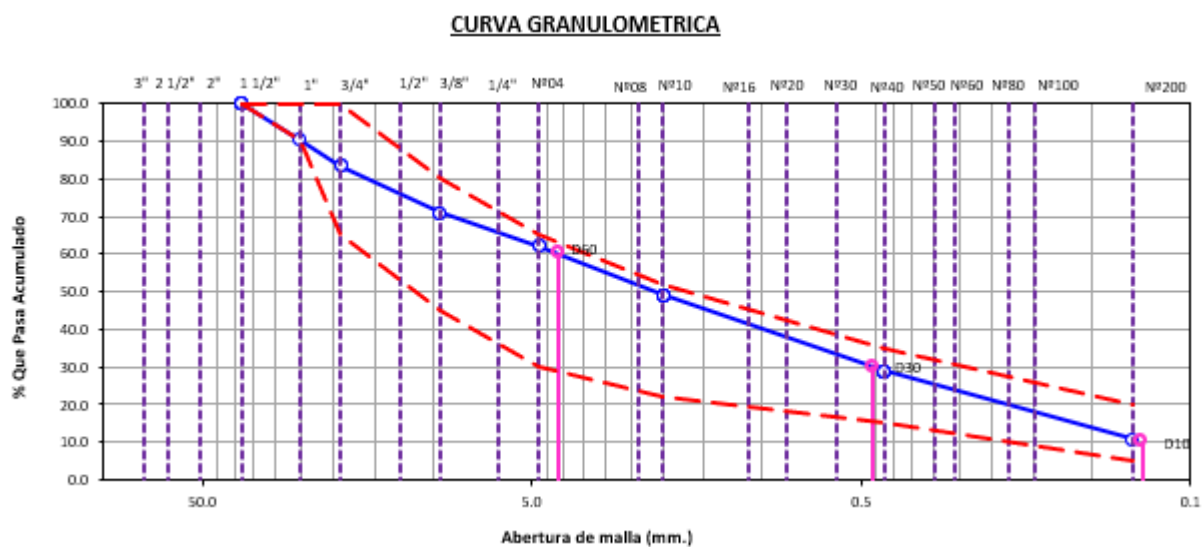
Curva granulométrica mezcla 02 (50% AR – 50% CSS) – Muestra 02



Fuente: Elaboración propia

Figura 48

Curva granulométrica mezcla 02 (50% AR – 50% CSS) – Muestra 03



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 19 se muestra los valores obtenidos de los porcentajes del material pasante de las 03 muestras de la mezcla 03 de la proporción 60% AR – 40% CSS, donde cumplen con el huso granulométrico para una carretera a nivel de afirmado como detalla la EG-2013, también se muestra las curvas granulométricas de las muestras de la mezcla 03 (Ver Figura 49, Figura 50 y Figura 51).

Tabla 19

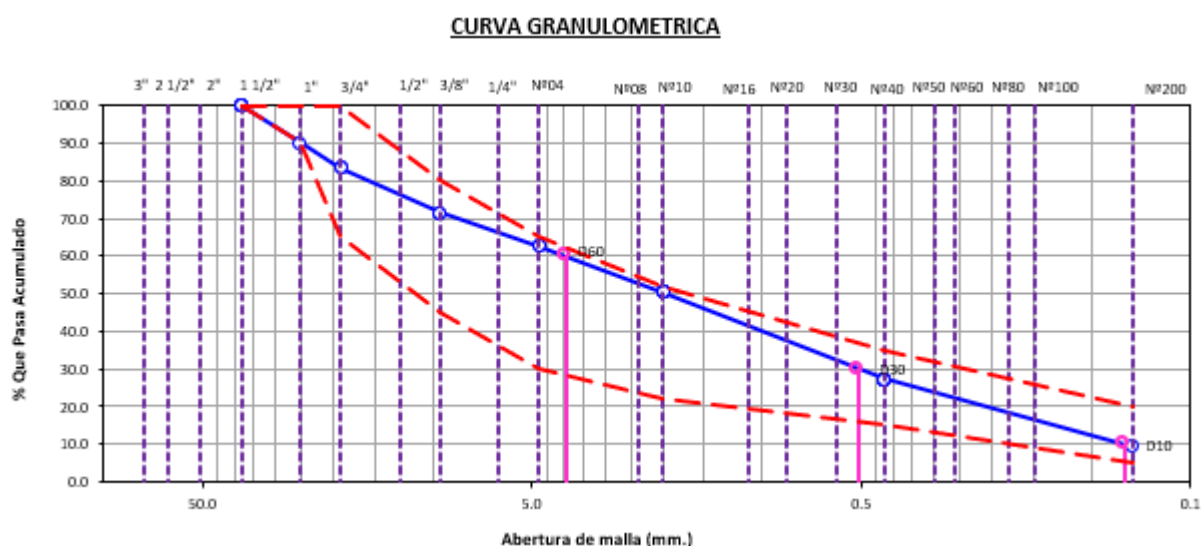
Análisis granulométrico mezcla 03 (60% AR – 40% CSS)

Tamiz	% pasante			Huso Granulométrico
	M-1	M-2	M-3	
50 mm (2")	100	100	100	100
37,5 mm (1 1/2")	100	100	100	100
25 mm (1")	90.0	90.2	90.2	90-100
19 mm (3/4")	83.4	83.4	83.6	65-100
9,5 mm (3/8")	71.5	70.9	71.2	45-80
4,75 mm (N°04)	62.6	61.4	62.4	30-65
2,00 mm (N°10)	50.5	49.6	50.2	22-52
425 um (N°40)	27.2	26.5	27.6	15-35
75 um (N°200)	9.4	8.90	8.9	5-20

Fuente: Elaboración propia

Figura 49

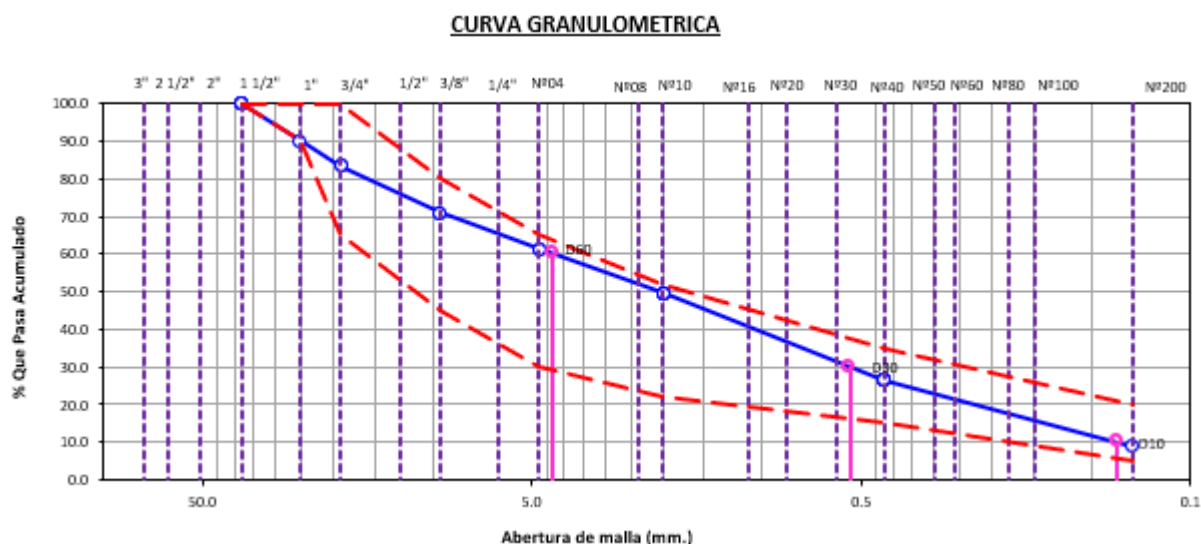
Curva granulométrica mezcla 03 (60% AR – 40% CSS) – Muestra 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 50

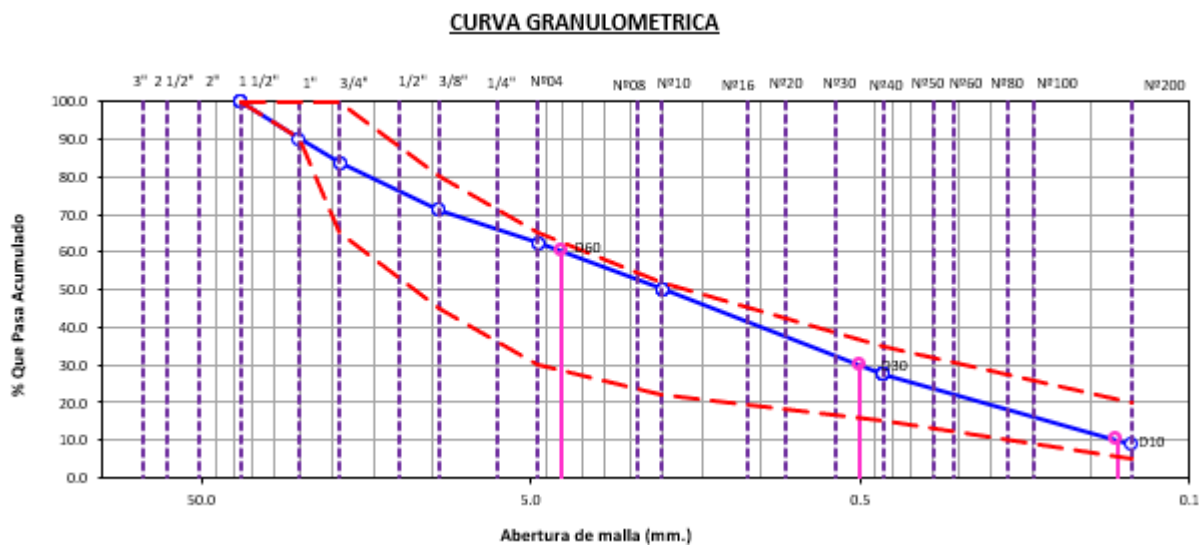
Curva granulométrica mezcla 03 (60% AR – 40% CSS) – Muestra 02



Fuente: Elaboración propia

Figura 51

Curva granulométrica mezcla 03 (60% AR – 40% CSS) – Muestra 03



Fuente: Elaboración propia

4.8.5.2 Límites de consistencia

Con el procedimiento descrito en el Ítem 5.4.2.1 y 5.4.2.3, parámetros requeridos por la EG-2013 para un material de afirmado se realizó los siguientes ensayos con las proporciones de

las 03 mezclas planteadas, para esto las 03 mezclas realizadas presentan valores de materiales no plásticos (Ver Tabla 20).

Tabla 20

Resultados de los límites de consistencia (Mezcla 01, 02 y 03)

Límites de consistencia	Limite liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice plástico (%)
Mezcla 01 (40% AR – 60% CSS)	NP	NP	NP
	NP	NP	NP
	NP	NP	NP
Mezcla 02 (50% AR – 50% CSS)	NP	NP	NP
	NP	NP	NP
	NP	NP	NP
Mezcla 03 (60% AR – 40% CSS)	NP	NP	NP
	NP	NP	NP
	NP	NP	NP

Fuente: Elaboración propia

4.8.5.3 Abrasión los Ángeles

Con el procedimiento descrito en el ítem 5.4.5, como parámetro requerido para la colocación de un material de afirmado se realizó el ensayo de Abrasión en la máquina de los ángeles considerando las proporciones de las 03 mezclas planteadas, los valores obtenidos se observan en la Tabla 21, siendo el promedio de las 03 muestras la mezcla 03 con el valor más alto.

Tabla 21

Resultados de la Abrasión los Ángeles (Mezcla 01, 02 y 03)

Mezclas	Muestra	Abrasión los ángeles (%)	Promedio
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	20.1	20.5
	M-2	20.5	
	M-3	21.0	
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	24.3	24.1
	M-2	24.1	
	M-3	23.9	
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	25.7	25.2
	M-2	25.1	
	M-3	24.9	

Fuente: Elaboración propia

4.8.5.4 Ensayo Proctor modificado

Considerando el procedimiento descrito en el Ítem 5.4.6, se realizó el ensayo del Proctor modificado para las proporciones de las 03 mezclas planteadas, en la Tabla 22, se detalla los valores obtenidos.

Una buena densidad va relacionada con la cantidad de agua necesaria para obtener una adecuada compactación. En la Tabla 22, la mezcla 01 al tener la densidad más alta, también se observa que su óptimo contenido de humedad es más bajo, en los resultados obtenidos de este parámetro (Ver Tabla 23), esto porque los vacíos existentes en el estrato compactado son más bajos en comparación con las otras 2 mezclas.

Tabla 22

Resultados de la máxima densidad seca (Mezcla 01, 02 y 03)

Mezclas	Muestra	Máxima densidad seca (%)	Promedio
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	2.290	2.294
	M-2	2.301	
	M-3	2.292	
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	2.264	2.262
	M-2	2.262	
	M-3	2.259	
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	2.240	2.240
	M-2	2.242	
	M-3	2.239	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23*Resultados del óptimo contenido de humedad (Mezcla 01, 02 y 03)*

Mezclas	Muestra	Óptimo contenido de humedad (%)	Promedio
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	4.9	4.8
	M-2	5.0	
	M-3	4.6	
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	5.1	5.1
	M-2	5.0	
	M-3	5.2	
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	5.8	5.7
	M-2	5.7	
	M-3	5.6	

Fuente: Elaboración propia**4.8.5.5 Ensayo de CBR**

Considerando el procedimiento descrito en el Ítem 5.4.7, y determinado los parámetros del ensayo del Proctor modificado como la MSD y el OCH, se realizó el ensayo del CBR en laboratorio, parámetro que se considera para la validez del material estabilizado según la norma peruana, se realizó el ensayo del CBR en laboratorio considerando las 03 mezclas de suelos con las proporciones determinadas, donde las 03 mezclas presentan valores por encima del parámetro requerido (ver Tabla 24).

Tabla 24*Resultados de CBR (Mezcla 01, 02 y 03)*

Mezclas	Muestra	CBR al 100% de la MDS (%)	Promedio
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	145.5	142.3
	M-2	138.2	
	M-3	143.3	
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	135.4	135.5
	M-2	137.7	
	M-3	133.4	
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	127.1	129.7
	M-2	131.2	
	M-3	130.6	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 61, Figura 62 y Figura 63 se muestra los diagramas de los valores de CBR obtenidos para cada mezcla planteada, con las proporciones definidas.

4.8.5.6 Contenido de sales solubles

Ensayo realizado con el procedimiento descrito en el Ítem 5.4.8.1, la realización de este ensayo se debe a la concentración de sales que tiene la cantera de suelo salino CSS, se realizó el ensayo de las 03 mezclas con las proporciones establecidas (Ver Tabla 25).

Tabla 25

Resultados del contenido de sales solubles (Mezcla 01, 02 y 03)

Mezclas	Muestra	Contenido de sales solubles (%)	Promedio
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	3.0	2.9
	M-2	2.8	
	M-3	3.0	
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	2.5	2.5
	M-2	2.4	
	M-3	2.5	
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	2.0	2.1
	M-2	2.1	
	M-3	2.2	

Fuente: Elaboración propia

4.8.5.7 Corte directo

Ensayo realizado con el procedimiento descrito en el Ítem 5.4.8.2, este ensayo sirve para demostrar la cohesión existente en un material, el cual es un parámetro que asegura la resistencia al esfuerzo cortante el cual asegura la estabilidad. Ante la falta de cohesión del agregado de río, con el aporte de la cantera de suelo salino se pudo obtener una cohesión en las 03 mezclas planteadas (Ver Tabla 26).

Tabla 26*Resultados del corte directo (Mezcla 01, 02 y 03)*

Mezcla de canteras	Cohesión (kg/cm²)	Ángulo de fricción (°)	Esfuerzo Cortante (kg/cm²)
Mezcla 01 (40% AR – 60% CSS)	0.25	48.5	2.21
	0.27	48.2	2.21
	0.26	47.8	2.18
Mezcla 02 (50% AR – 50% CSS)	0.23	44.4	1.98
	0.23	44.9	2.02
	0.23	45.4	2.04
Mezcla 03 (60% AR – 40% CSS)	0.20	42.9	1.83
	0.21	43.4	1.87
	0.20	42.2	1.80

Fuente: Elaboración propia

V RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Efecto de la mezcla suelo salino y agregado de río en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, Sector Macacona, Arequipa.

Se presenta los resultados en función a los objetivos presentados, referido a la estabilización de suelos mediante la mezcla de suelos, para esto se utilizó 02 materiales cercanas al tramo de estudio, la primera el agregado de río ubicado en el mismo tramo de estudio y el segundo la cantera de suelo salino ubicado a 20 kilómetros al tramo de estudio, por lo tanto se planteó como objetivo general evaluar el efecto de la mezcla de suelo salino y el agregado de río en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.

(Austroads, 2009), hace referencia a 04 propiedades que afectan el comportamiento de una carretera sin asfaltar o una carretera de afirmado, los cuales son la estabilidad, la resistencia al desgaste, la impermeabilidad y la trabajabilidad.

Para determinar el efecto originado de la mezcla de la cantera de suelo salino y el agregado de río, para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado se hicieron ensayos que aseguren el buen comportamiento del material, las cuales están descritas en el marco teórico.

En el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción la EG-2013, hace referencia a requisitos que debe cumplir el material para ser aprobado como un material de afirmado, para esto se hicieron los siguientes ensayos según detalla la norma peruana.

Ensayo de Abrasión Los Ángeles

Ensayo que determina la dureza del agregado para resistir la degradación originada por el efecto abrasivo de la carga vehicular, ensayo descrito en la norma MTC E 207 (Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½") y en la norma

ASTM C 131 / C 131M (Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine).

En la Tabla 27 se muestra los resultados del ensayo del desgaste de la abrasión los Ángeles de todos valores obtenidos del agregado de río, de la cantera de suelo salino y las 03 mezclas planteadas.

Tabla 27

Resultados de la abrasión los ángeles (AR, CSS, Mezcla 01, 02 y 03).

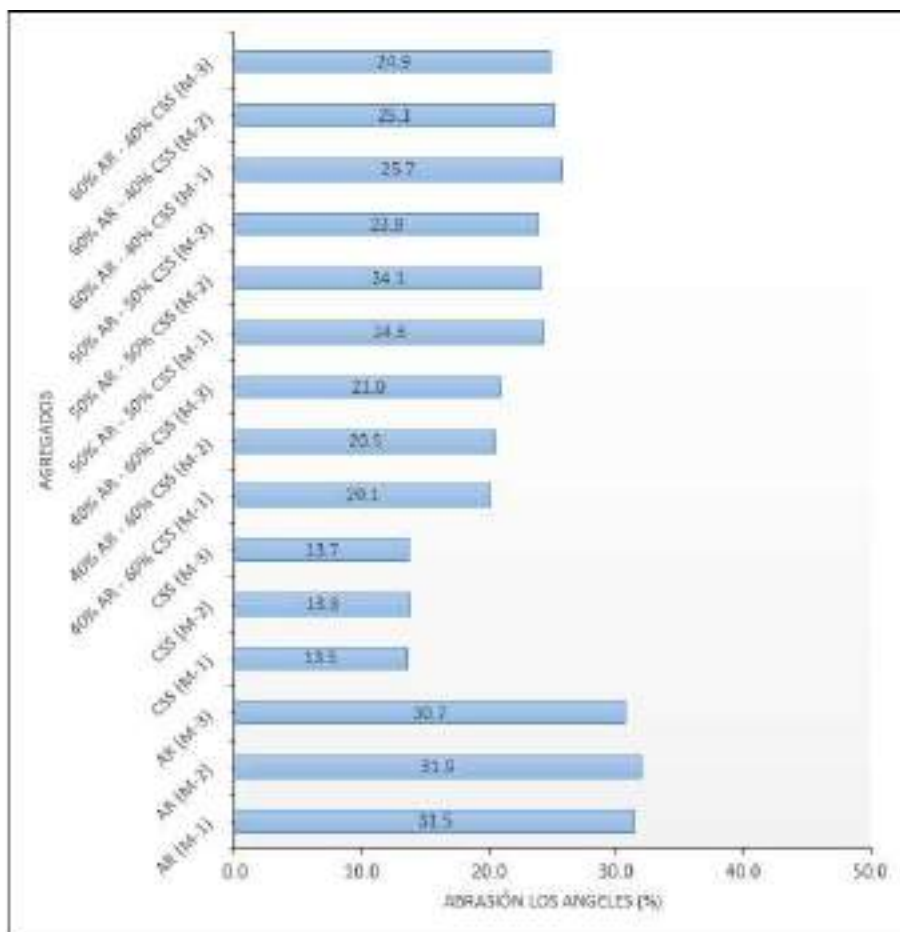
Mezclas	Muestra	Abrasión los ángeles (%)
Agregado de río	M-1	31.5
	M-2	31.9
	M-3	30.7
Cantera de Suelo salino	M-1	13.5
	M-2	13.8
	M-3	13.7
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	20.1
	M-2	20.5
	M-3	21.0
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	24.3
	M-2	24.1
	M-3	23.9
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	25.7
	M-2	25.1
	M-3	24.9

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 27, así también en el diagrama de barras (Ver Figura 52), se aprecia un incremento de la abrasión los ángeles en todas las muestras de las 03 mezclas planteadas con las proporciones de materiales establecidos, esto con respecto a la abrasión del agregado de río, así también se aprecia que los valores obtenidos del material de la cantera de suelo salino son menores a los valores obtenidos del material del agregado de río.

Figura 52

Valores de la abrasión los ángeles.



Fuente: Elaboración propia

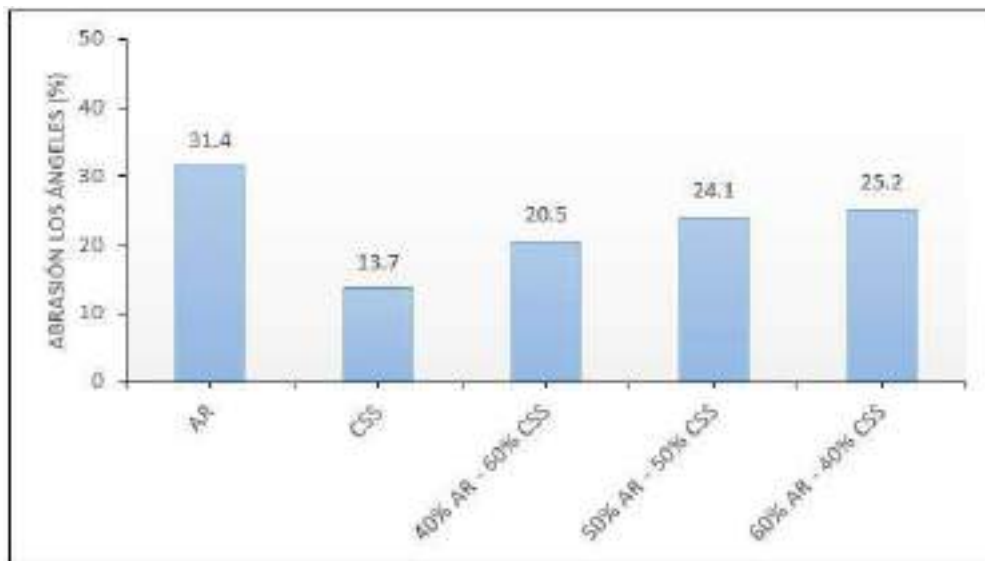
En la Figura 53, se observa los valores promedios de la abrasión los ángeles, siendo la mezcla 01 de la proporción 40%AR – 60%CSS con el menor valor obtenido de este ensayo, con un valor de 20.5%, y el valor más alto le corresponde a la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60%AR – 40%CSS, con un valor promedio de 25.2%.

(Austroads, 2009) hace mención a la dureza del agregado para evitar que el agregado sufra rotura o quiebre en la compactación o cuando la capa de rodadura este expuesto al tráfico.

Con estos resultados se puede apreciar que la cantera de suelo salino tiene más influencia en la resistencia al desgaste que sufre el material a efectos abrasivos.

Figura 53

Valores promedio de la Abrasión los Ángeles



Fuente: Elaboración propia

Densidad - Humedad

Ensayo que permite conocer la máxima densidad seca, así como el óptimo contenido de humedad del material compactado, estos parámetros son los encargados de asegurar una adecuada compactación que otorgue la resistencia adecuada del material compactado.

Ensayo descrito en la norma MTC E 115 (Compactación de suelos en Laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado)) y en la norma ASTM D 1557 (Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)).

En la Tabla 28 se muestra los resultados del ensayo de proctor modificado de todos valores obtenidos del agregado de río, de la cantera de suelo salino, así como de las 03 mezclas planteadas.

Tabla 28

Resultados del ensayo Proctor modificado (AR, CSS, Mezclas 01, 02 y 03)

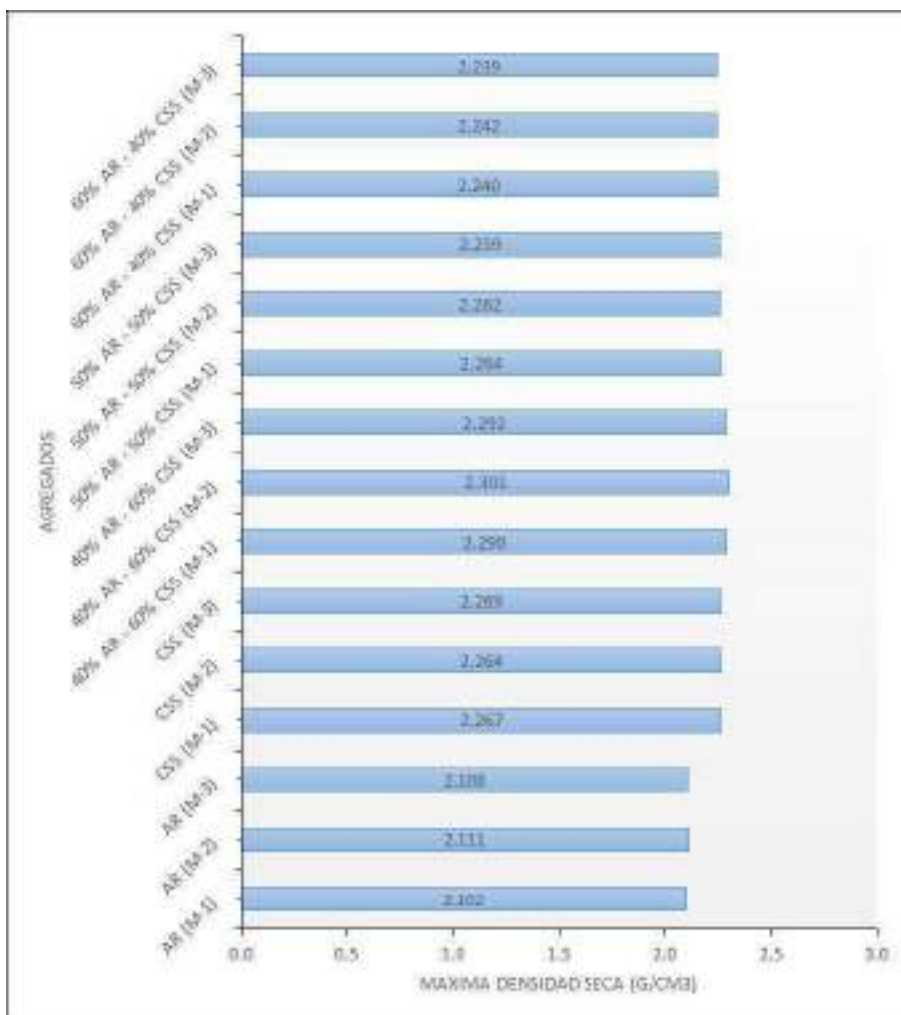
Material	Muestra	Proctor modificado	
		MDS (g/cm ³)	OCH (%)
Agregado de río	M-1	2.102	6.6
	M-2	2.111	6.6
	M-3	2.108	6.7
Cantera de suelo salino	M-1	2.267	5.7
	M-2	2.264	5.3
	M-3	2.269	5.3
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	2.290	4.9
	M-2	2.301	5.0
	M-3	2.292	4.6
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	2.264	5.1
	M-2	2.262	5.0
	M-3	2.259	5.2
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	2.240	5.8
	M-2	2.242	5.7
	M-3	2.239	5.6

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 28, así también en el diagrama de barras (Ver Figura 54), se aprecia un incremento de la máxima densidad seca en todas las muestras de las 03 mezclas planteadas con las proporciones de materiales establecidos, esto con respecto a la máxima densidad seca del agregado de río, así también la máxima densidad seca de la cantera de suelo salino es mayor a la MDS del agregado de río, siendo su valor promedio del AR de 2.107 g/cm³ (Ver Figura 55).

Figura 54

Valores de la máxima densidad seca MDS.



Fuente: Elaboración propia

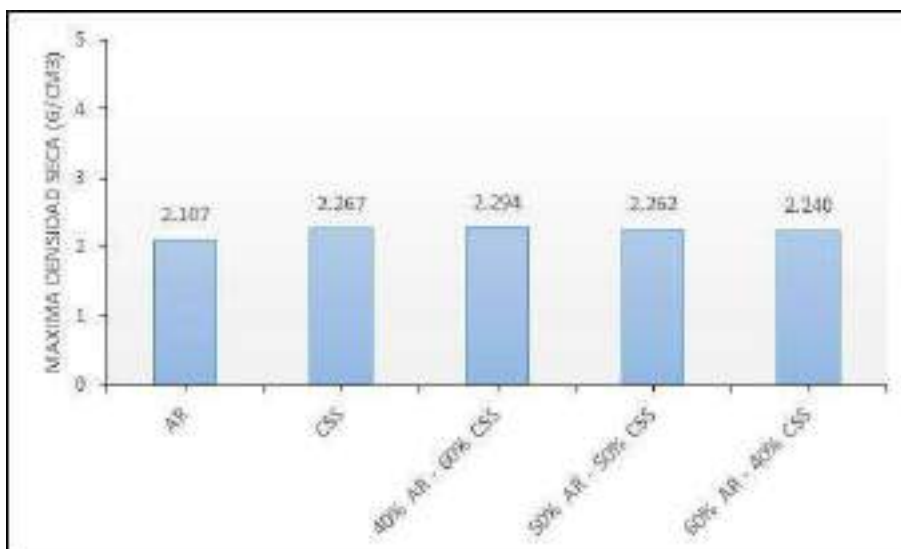
En la Figura 55, se observa los valores promedios de la máxima densidad seca, siendo la mezcla 01 de la proporción 40% AR – 60% CSS con el mayor valor obtenido de la máxima densidad seca, con un valor de 2.294 g/cm³, y el valor más bajo de la máxima densidad seca es de la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60% AR – 40% CSS, con un valor promedio de 2.240 g/cm³.

(Reyes Lizcano & Rondón Quintana, 2015) describe que una reducción de la máxima densidad seca conlleva a una disminución de la rigidez y resistencia del material.

Con estos resultados se puede apreciar que la cantera de suelo salino tiene más influencia en el incremento de la máxima densidad seca obtenida en las mezclas realizadas.

Figura 55

Valores promedio de la máxima densidad seca MDS



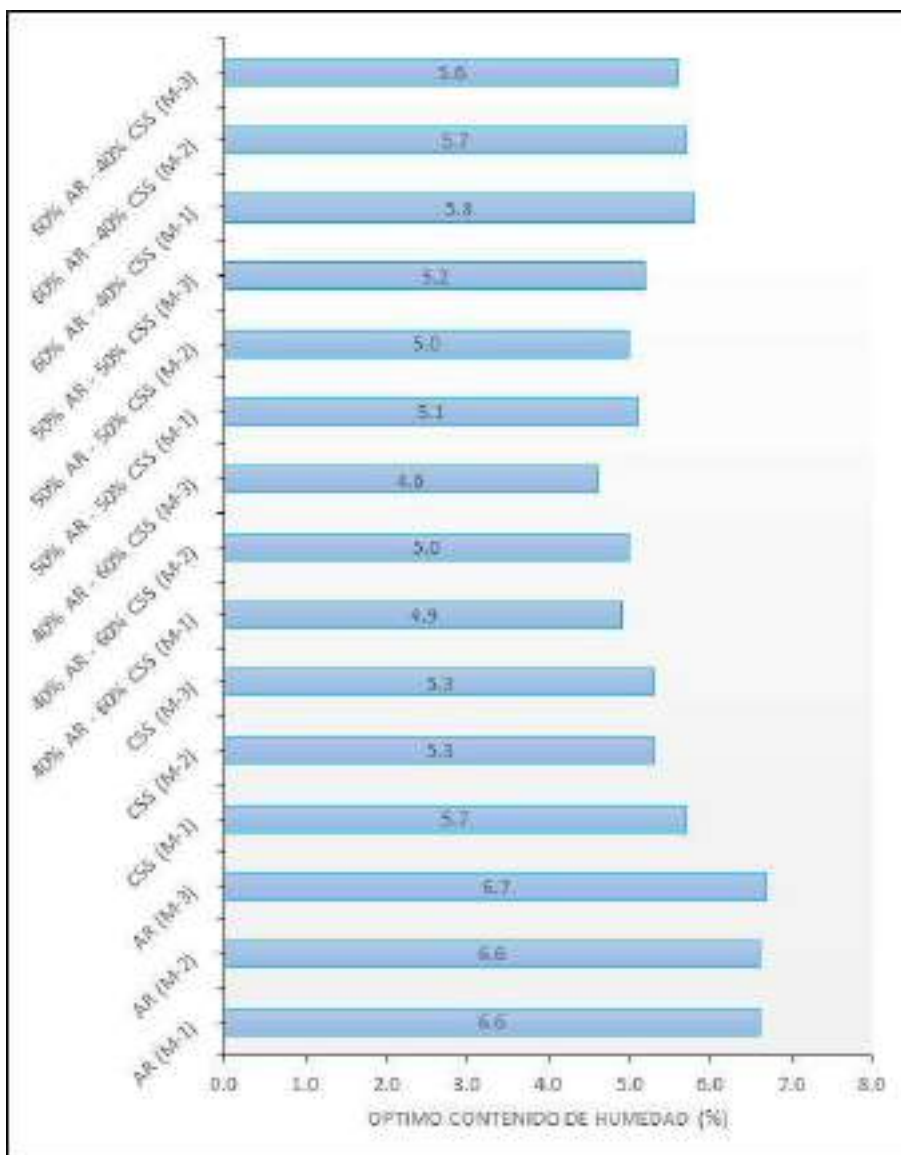
Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los resultados del óptimo contenido de humedad (Ver Tabla 28, Ver Figura 56), se aprecia una disminución del óptimo contenido de humedad en todas las muestras de las 03 mezclas realizadas, esto con respecto a los valores obtenidos del agregado de río.

En la Figura 57, se observa los valores promedios del óptimo contenido de humedad de las 03 mezclas, siendo la mezcla 01 de la proporción 40%AR – 60%CSS con el valor más bajo obtenido del óptimo contenido de humedad, con un valor de 4.8%, y el valor más alto del óptimo contenido de humedad es de la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60%AR – 40%CSS, con un valor promedio de 5.7%.

Figura 56

Valores del optimo contenido de humedad OCH.



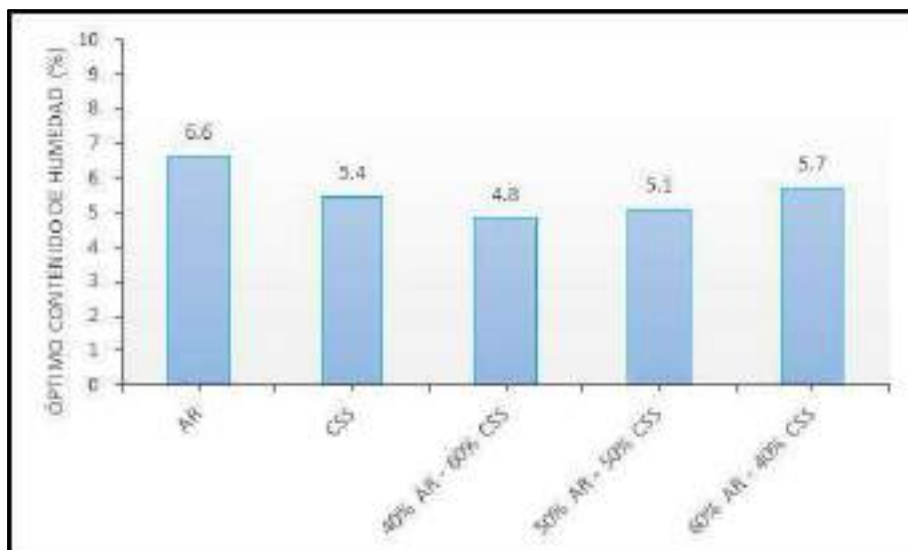
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 57, se observa los valores promedios del optimo contenido de humedad, siendo la mezcla 01 de la proporción 40%AR – 60%CSS con el menor valor obtenido de este parámetro, con un valor de 4.8%, y el valor más alto del optimo contenido de humedad es de la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60%AR – 40%CSS, con un valor promedio de 5.7%.

(Reyes Lizcano & Rondón Quintana, 2015) describe que la variación del óptimo contenido de humedad del material, origina un incremento de vacíos el cual reduce la rigidez y la resistencia del material.

Figura 57

Valores promedio del óptimo contenido de humedad OCH.



Fuente: Elaboración propia

5.2 Analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.

Primeramente, con el planteamiento del objetivo 01 donde se busca un análisis de las propiedades físicas mecánicas de los materiales de la cantera de suelo salino y la del agregado de río para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, se hizo una caracterización de los materiales con los requisitos que se menciona en la EG-2013 para la implementación de una carretera de afirmado, ante esto en la Tabla 27 y la Tabla 28 se muestra los resultados obtenidos tanto de la cantera de suelo salino como la del agregado de río.

Tabla 29*Cuadro de resultados de las 03 muestras del AR*

Ensayos	Requisitos EG – 2013 (Afirmado)	Agregado De río			Validez
		M-1	M-2	M-3	
Huso granulométrico	---	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No cumple
Desgaste los Ángeles	Máx. 50%	31.5%	31.9%	30.7%	Cumple
Limite liquido	Máx. 35%	NP	NP	NP	No cumple
Índice de plasticidad	4-9%	NP	NP	NP	No cumple
CBR al 100% de la MDS	Mín. 40%	66.0%	70.6%	63.2%	Cumple

Fuente: Elaboración propia**Tabla 30***Cuadro de resultados de las 03 muestras de la CSS*

Ensayos	Requisitos EG – 2013 (Afirmado)	Cantera de Suelo Salino			Validez
		M-1	M-2	M-3	
Huso granulométrico	---	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Desgaste los Ángeles	Máx. 50%	13.5%	13.8%	13.7%	Cumple
Limite liquido	Máx. 35%	16.0%	16.0%	16.0%	Cumple
Índice de plasticidad	4-9%	6.0%	6.0%	5.0%	Cumple
CBR al 100% de la MDS	Mín. 40%	103.0%	104.2%	97.6%	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Análisis

Haciendo un análisis de los valores presentados en la Tabla N°27, comparados los resultados obtenidos con los requisitos que exige la norma EG-2013, se puede apreciar que en las 03 muestras del agregado de río, los requisitos que no cumplen para un material de afirmado, son el huso granulométrico donde en los tamices de 1", N°04, N°10 y el Tamiz N°200 están fuera del rango del huso granulométrico (Ver Figura 16, 17 y 18), así también se aprecia que es un material no plástico, por lo tanto tampoco cumple el Índice plástico, ante esto los únicos requisitos que cumplen las 03 muestras del agregado de río son el desgaste a la abrasión, el límite líquido y el CBR.

Así también haciendo un análisis de la Tabla N°28 donde se detalla los valores obtenidos de la cantera de suelo salino, se observa el cumplimiento de todos los requisitos que exige la norma EG-2013 para una carretera de afirmado.

Y haciendo un comparativo de los requisitos obtenidos de ambos materiales tanto del agregado de río y la cantera de suelo salino se llega a la conclusión lo siguiente:

- El desgaste de abrasión de la cantera de suelo salino es más bajo que las muestras del agregado de río, por lo tanto, se concluye que las gravas de la cantera de suelo salino son más resistentes a agentes abrasivos.
- Con los valores obtenidos del Índice de plasticidad del agregado de río, la clasificación SUCS (Ver Tabla 8), lo clasifica como una arena mal graduada con grava SP, por ser un material no plástico, a diferencia de la cantera de suelo salino, el cual con el valor obtenido, según la clasificación SUCS (Ver Tabla 8), lo clasifica como una grava arcillosa limosa con arena GC-GM, con esto se concluye que el agregado de río al ser un material no plástico su fuerza cohesiva es nula, lo que hará difícil su trabajabilidad para una adecuada conformación del material de afirmado, contrario a la cantera de suelo salino.
- El CBR del agregado de río cumple el CBR mínimo que exige una carretera de afirmado, así como el material de la cantera de suelo salino, ambos materiales tienen valores por encima del 40% (Ver Tabla N°27 y Tabla N°28), con esos resultados se concluye que ambos suelos tienen una capacidad de soporte adecuada para la colocación de un material de afirmado.

Debido a que el material del agregado de río al ser un suelo no plástico, el cual hace su fuerza cohesiva nula, así también que la cantera de suelo salino al tener una considerable cantidad de sales propios del suelo (Ver Tabla 14), a esto varios autores hacen mención como la estabilización con sales otorga una fuerza cohesiva al material estabilizado, el cual evita el desgaste

del suelo causado por los agentes abrasivos (MTC 2014), así también (Morales & Pailacura, 2019), hace mención como las sales otorgan una cementación dura a la capa de rodadura, similar a la de pavimento, por este motivo se hicieron ensayos adicionales como son la cantidad de sales solubles, debido a la concentración de sales existentes en la cantera de suelo salino, este suelo fue utilizado para mejorar la fuerza cohesiva del agregado de río, mediante la combinación o mezcla de suelos y así poder estabilizarlo para darle una mejor trabajabilidad, esta fuerza cohesiva fue verificada con el ensayo de corte directo, ensayo donde se obtuvo los parámetros de la cohesión y el ángulo de fricción.

5.3 Capacidad de soporte mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río.

Capacidad de soporte CBR

La EG-2013 determina un valor mínimo de la capacidad de soporte mediante el ensayo de CBR para una carretera de afirmado, siendo 40% el valor mínimo (Ver Figura 58), si bien el agregado de río cumple con este requisito para una carretera de afirmado (Ver Tabla 29), pero la falta de cohesión de estos materiales (Ver Tabla 15), hace difícil su trabajabilidad en campo para otorgar una adecuada compactación (Austroads, 2009).

Ensayo descrito en la norma MTC E 132 (CBR de Suelos (Laboratorio)) y en la norma ASTM D 1883 (Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils).

En la Tabla 31 se muestra los resultados del ensayo de CBR, de todos valores obtenidos del agregado de río, de la cantera de suelo salino, así como de las 03 mezclas planteadas.

Tabla 31

Resultados del ensayo de CBR (AR, CSS, Mezcla 01, 02 y 03).

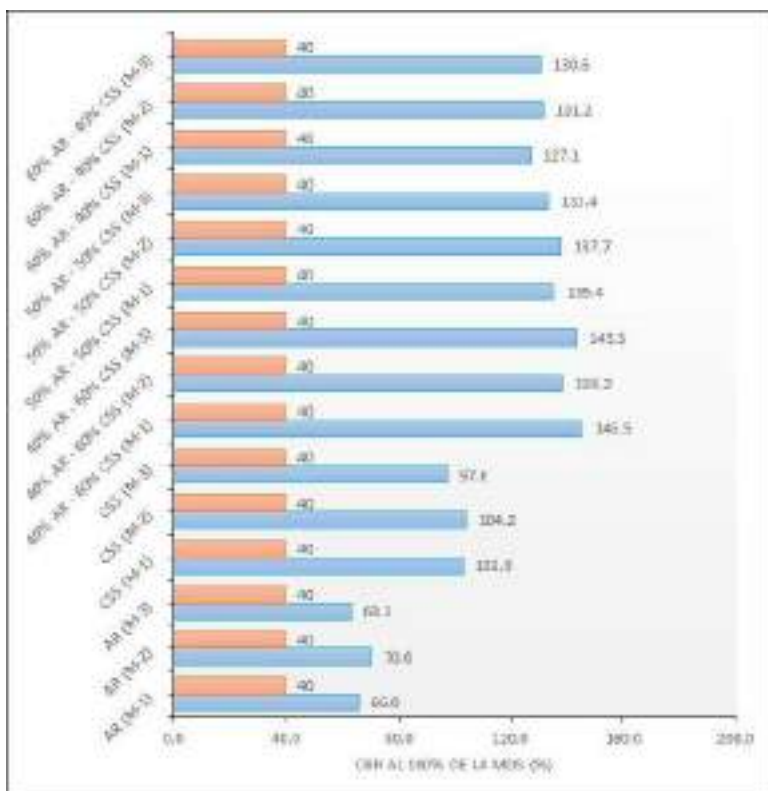
Mezclas	Muestra	CBR al 100% de la MDS (%)
Agregado de río	M-1	66.0
	M-2	70.6
	M-3	63.2
Cantera de suelo salino	M-1	103.0
	M-2	104.2
	M-3	97.6
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	145.5
	M-2	138.2
	M-3	143.3
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	135.4
	M-2	137.7
	M-3	133.4
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	127.1
	M-2	131.2
	M-3	130.6

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 31, se muestran los valores del CBR al 100% de la MDS, de todas las muestras realizadas considerando las muestras de la cantera de suelo salino, así como las muestras de las 03 mezclas con las proporciones establecidas tienen un CBR superior al 100%, excepto las 03 muestras del agregado de río y la muestra 03 de la cantera de suelo salino, los valores obtenidos del valor de CBR cumplen la especificación mínima que exige la EG-2013, el valor mínimo solicitado es de 40% (Ver Figura 58).

Figura 58

Valores del CBR al 100% de la MDS



Fuente: Elaboración propia

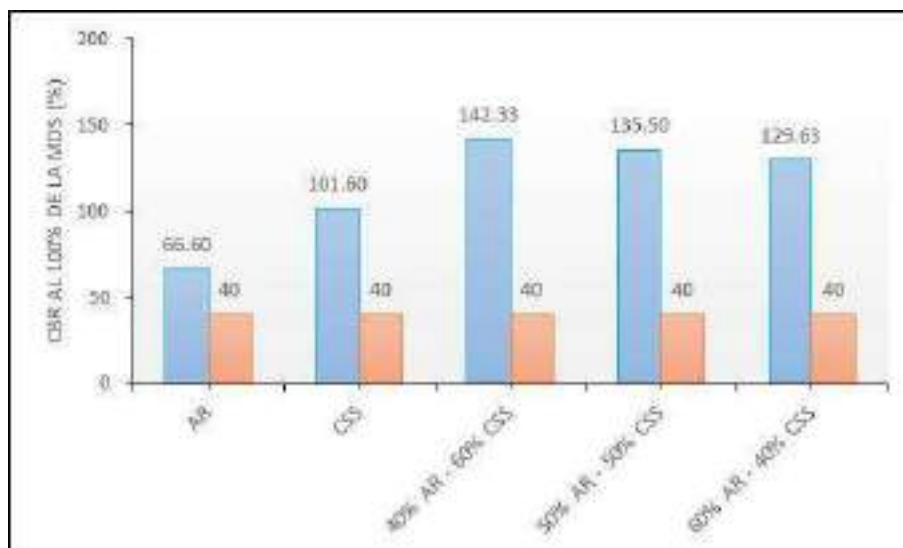
En la Figura 59, se observa los valores promedios del CBR al 100% de la MDS, siendo la mezcla 01 de la proporción 40% AR – 60% CSS con el mayor valor obtenido del CBR, con un valor de 142.3%, y el valor más bajo del CBR es de la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60% AR – 40% CSS, con un valor promedio de 129.6%.

Teniendo en cuenta que la EG 2013 considera como requisito un valor mínimo de 40% de CBR para una carretera de afirmado, los valores promedios de todas las muestras cumplen el requisito mínimo establecido.

De igual manera con estos resultados se puede apreciar que la cantera de suelo salino tiene más influencia para un incremento del CBR.

Figura 59

Valores promedios de los CBR (%) al 100% de la MDS.



Fuente: Elaboración propia

5.4 Resistencia al esfuerzo cortante mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río, para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.

La resistencia al esfuerzo cortante es un parámetro que influye en la trabajabilidad del material colocado para obtener una compactación adecuada (Austroads, 2009), la resistencia al esfuerzo cortante está determinada por la cohesión y el ángulo de fricción interna del material, donde la cohesión es el parámetro que influye en la resistencia al corte, para determinar los parámetros del esfuerzo cortante se realizó el ensayo de corte directo, el procedimiento para realizar esta ensayo esta descrito en el Ítem. 5.4.8.2, en las siguientes figuras se detalla los valores obtenidos de los parámetros del ensayo de corte directo como la cohesión y el ángulo de fricción.

(Austroads, 2006) hace mención que la capacidad de carga de un material de base, subbase son afectados principalmente por la cohesión y el ángulo de fricción interna del material, las cuales estas determinadas por la plasticidad del material y la forma de las partículas de los agregados respectivamente.

Siendo el agregado de río un material no plástico y la cantera de suelo salino un material con valores de índice de plasticidad de 5 y 6 (Ver Tabla 7), así también que todas las muestras de las 03 mezclas con las proporciones planteadas son materiales no plásticos, fue necesario determinar la cohesión y ángulo de fricción de todas las muestras, esto debido a la concentración de sales existentes en la cantera de suelo salino.

En la Tabla 32 se muestra los resultados del ensayo de corte directo, de todos valores obtenidos del agregado de río, de la cantera de suelo salino, así como de las 03 mezclas planteadas, donde se detalla los parámetros obtenidos con el siguiente ensayo como son la cohesión y el ángulo de fricción

Tabla 32

Resultados del ensayo de Corte Directo (AR, CSS, Mezcla 01, 02 y 03).

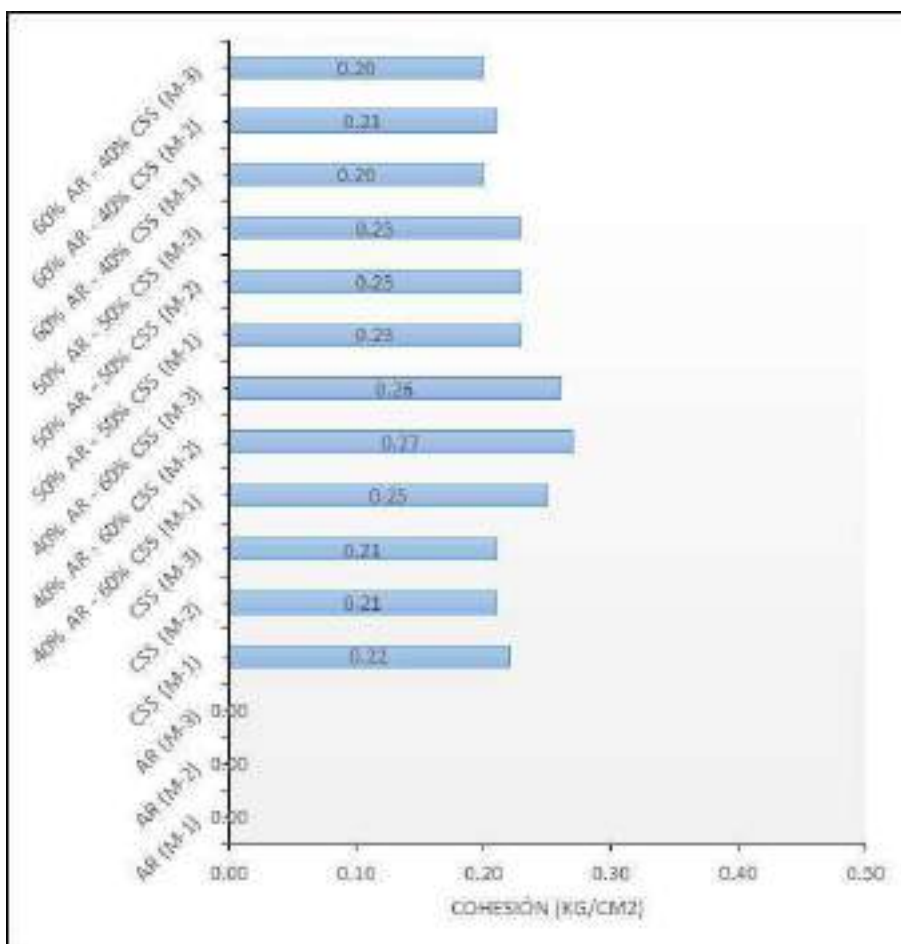
Mezcla de canteras	Muestra	Cohesión (kg/cm ²)	Ángulo de fricción (°)	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)
Agregado de río	M-1	0.00	44.0	1.74
	M-2	0.00	44.6	1.77
	M-3	0.00	45.4	1.83
Cantera de suelo salino	M-1	0.22	47.8	2.14
	M-2	0.21	48.4	2.17
	M-3	0.21	48.4	2.18
Mezcla 01 (40% AR – 60% CSS)	M-1	0.25	48.5	2.21
	M-2	0.27	48.2	2.21
	M-3	0.26	47.8	2.18
Mezcla 02 (50% AR – 50% CSS)	M-1	0.23	44.4	1.98
	M-2	0.23	44.9	2.02
	M-3	0.23	45.4	2.04
Mezcla 03 (60% AR – 40% CSS)	M-1	0.20	42.9	1.83
	M-2	0.21	43.4	1.87
	M-3	0.20	42.2	1.80

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 32, así también como en la figura 60 se muestra los valores de la cohesión de todas las muestras realizadas considerando las 03 muestras del agregado de río y las 03 muestras de la cantera de suelo salino, así como las muestras de las 03 mezclas con las proporciones establecidas, en donde se aprecia que las muestras del agregado de río presentan una cohesión cero, a diferencia de la cantera de suelo salino y las muestras de las 03 mezclas los cuales presentan una cohesión superior a 0.20 kg/cm^2 .

Figura 60

Valores de la cohesión.



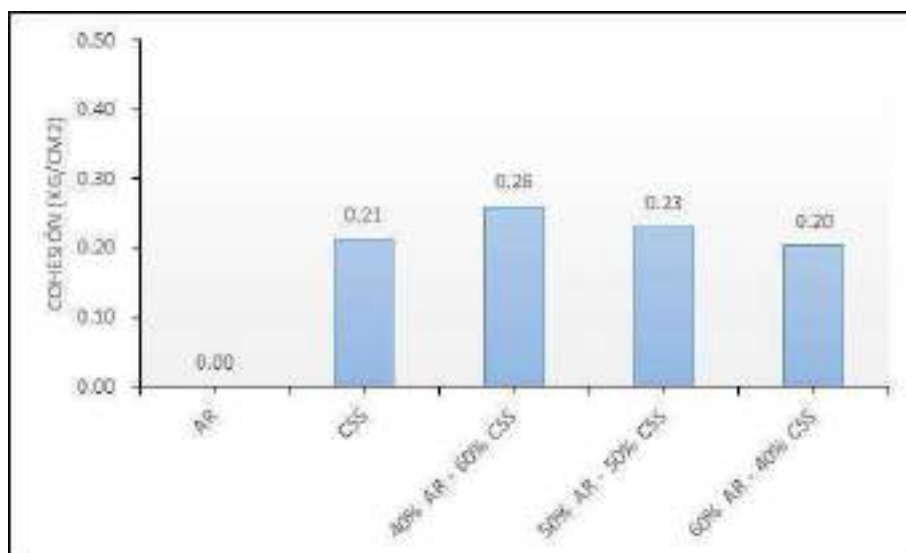
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 61, se muestra los valores promedios de la cohesión, siendo la mezcla 01 de la proporción 40% AR – 60% CSS con el mayor valor obtenido de la cohesión, con un valor de 0.26

kg/cm³, y el valor más bajo de la cohesión es de la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60% AR – 40%CSS, con un valor promedio de 0.20 kg/cm³, así también se puede apreciar que el valor promedio de la cohesión de la cantera de suelo salino es superior a la cohesión de la mezcla (proporción 60% AR – 40%CSS).

Figura 61

Valores promedios de la cohesión

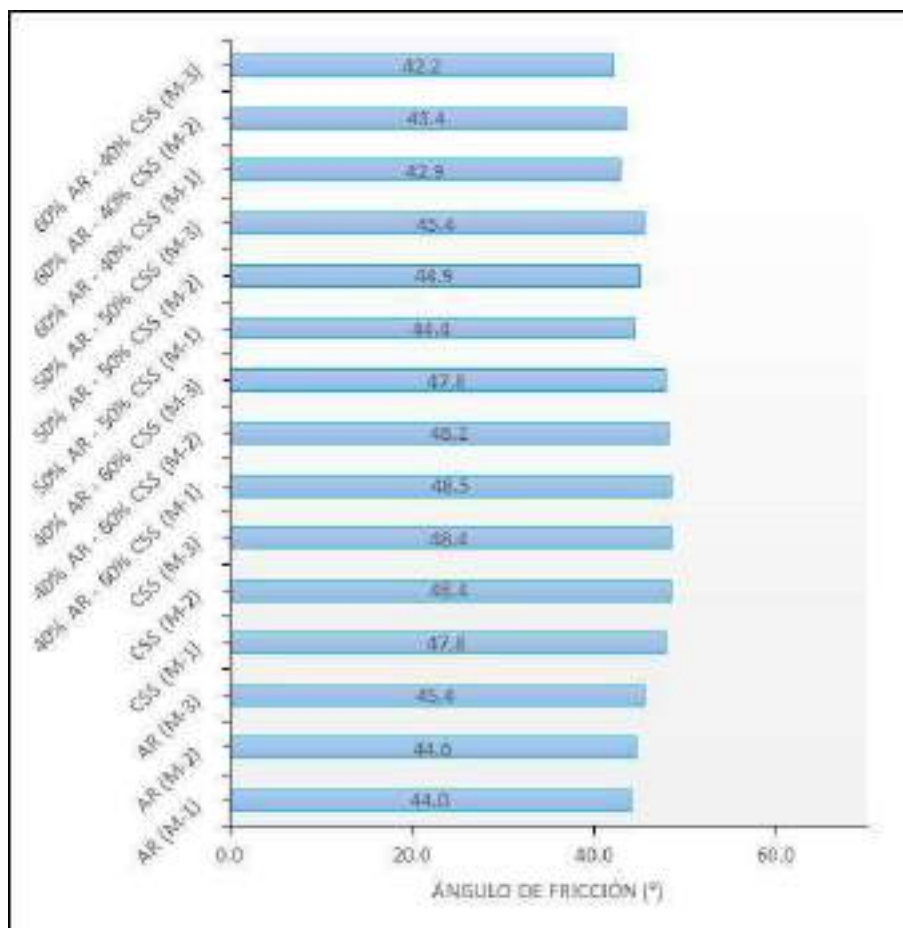


Fuente: Elaboración propia

En la figura 62 se muestra los valores de la fricción interna de todas las muestras realizadas considerando las 03 muestras del agregado de río y las 03 muestras de la cantera de suelo salino, así como las muestras de las 03 mezclas con las proporciones establecidas, en donde se aprecia que todas las muestras presentan un ángulo de fricción superior a 40°, esto debido a ser suelos no plásticos o de baja plasticidad como la cantera de suelo salino, que al mezclarlo con el agregado de río en las 03 proporciones obtiene la propiedad de ser suelos no plásticos.

Figura 62

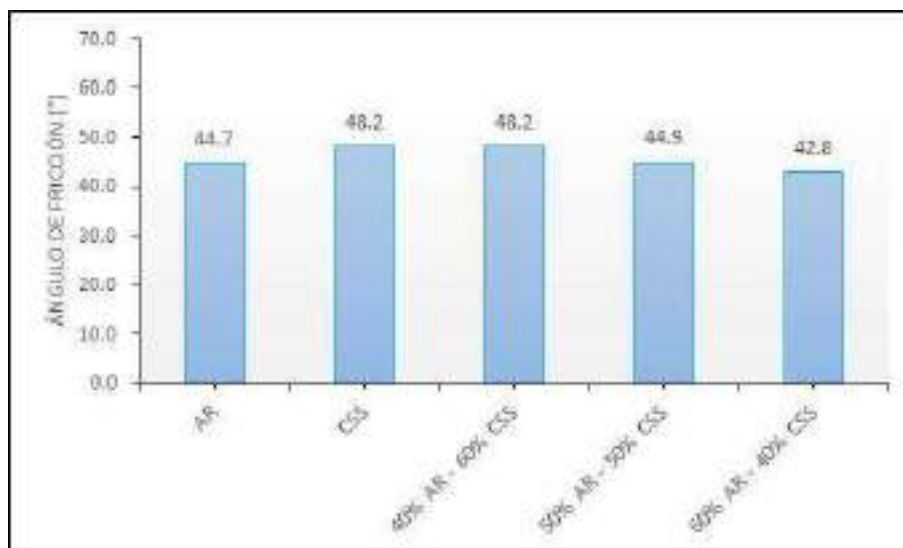
Valores del ángulo de fricción



En la Figura 63, se muestra los valores promedios del ángulo de fricción, siendo la mezcla 01 de la proporción 40%AR – 60%CSS con el mayor valor obtenido de este parámetro, con un valor de 48.2° valor similar obtenido de la cantera de suelo salino, y el valor más bajo del ángulo de fricción es de la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60%AR – 40%CSS, con un valor promedio de 42.8°, siendo el valor más bajo comparado también con el valor promedio obtenido del agregado de río.

Figura 63

Valores promedios del ángulo de fricción



Fuente: Elaboración propia

5.5 Discusión de resultados

A partir de los resultados encontrados, se da veracidad a la hipótesis general, el cual establece una relación de variables de como la estabilización de una carretera de afirmado dependerá de la mezcla de suelo salino y del agregado de río en el Distrito de Macacona, para esto se buscó una proporción adecuada de la mezcla de ambos suelos, y para establecer y determinar la proporción primero se determinó las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y del agregado de río por separado, para luego establecer las proporciones de la mezcla de suelos para incrementar la capacidad de soporte CBR y mejorar la resistencia al esfuerzo cortante del agregado de río.

Discusión de resultados del Objetivo N°01, Según el objetivo analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, con este objetivo, se demostró como las propiedades físicas y mecánicas influyen en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, para esto se hizo un análisis de

las propiedades por separado, tomando en cuenta los parámetros para la colocación de un material de afirmado descrito en el EG-2013, los cuales se detalla en la Tabla 29, 30 y 31:

En la Tabla 29, 30, 31 se detallan los resultados obtenidos del AR y la CSS de la muestra 01, muestra 02 y muestra 03, donde el agregado de río no cumple con los requisitos que exige la EG-2013 como son el Huso granulométrico, y el Índice de plasticidad, adicional a esto se realizaron ensayos como son la cantidad de sales solubles, esto por la concentración de sales solubles existentes en la cantera del km. 48+950, y el ensayo de corte directo donde se obtuvo la cohesión y el ángulo de fricción.

Tabla 33

Resultados obtenidos del AR y de la CSS – Muestra 01

Ensayos	EG – 2013	Agregado río	Validez	Cantera suelo salino	Validez
Huso granulométrico	---	---	No cumple	Cumple	Cumple
Desgaste los Ángeles	Máx. 50%	31.5 %	Cumple	13.5 %	Cumple
Limite liquido	Máx. 35%	NP	Cumple	16 %	Cumple
Índice de plasticidad	4-9%	NP	No cumple	6 %	Cumple
CBR al 100% de la MDS	Mín. 40%	66 %	Cumple	103.0 %	Cumple
Cantidad de sales solubles	---	0.8	---	4.0	---
Cohesión	---	0.0	---	0.22	---
Angulo de fricción	---	44.0	---	47.8	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34

Resultados obtenidos del AR y de la CSS – Muestra 02

Ensayos	EG – 2013	Agregado río	Validez	Cantera suelo salino	Validez
Huso granulométrico	---	---	No cumple	Cumple	Cumple
Desgaste los Ángeles	Máx. 50%	31.9 %	Cumple	13.8%	Cumple
Limite liquido	Máx. 35%	NP	Cumple	16%	Cumple
Índice de plasticidad	4-9%	NP	No cumple	6%	Cumple
CBR al 100% de la MDS	Mín. 40%	70.6 %	Cumple	104.2%	Cumple
Cantidad de sales solubles	---	0.6	---	3.9	---
Cohesión	---	0.00	---	0.21	---
Angulo de fricción	---	44.6	---	48.4	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35*Resultados obtenidos del AR y de la CSS – Muestra 03*

Ensayos	EG – 2013	Agregado río	Validez	Cantera suelo salino	Validez
Huso granulométrico	---	---	No cumple	Cumple	Cumple
Desgaste los Ángeles	Máx. 50%	30.7 %	Cumple	13.7 %	Cumple
Limite liquido	Máx. 35%	NP	Cumple	16 %	Cumple
Índice de plasticidad	4-9%	NP	No cumple	5 %	Cumple
CBR al 100% de la MDS	Mín. 40%	63.2 %	Cumple	97.6 %	Cumple
Cantidad de sales solubles	---	0.7	---	4.0	---
Cohesión	---	0.00	---	0.21	---
Angulo de fricción	---	45.4	---	48.4	---

Fuente: Elaboración propia

Haciendo un análisis de los resultados obtenidos, con los parámetros que no cumplen en el agregado de río, y con los ensayos adicionales, se puede observar que el agregado de río tiene una cohesión cero, esto por la falta de un ligante natural como son las arcillas, es así que (Austroads, 2006), define a los materiales de río sin triturar con un material que necesita estabilizar por tener propiedades deficientes para ser utilizado con un material de afirmado, base o subbase, así también detalla que como propiedades principales que afectan la capacidad de carga son la cohesión y la fricción interna del material.

Haciendo una comparación con el estudio realizado por (Aguilar Condori, 2018), el cual tiene como objetivo determinar las propiedades de la cantera Taparachi y la cantera Cabanillas para un material de base y subbase, y su influencia, donde determina que la cantera Taparachi no cumple con las requisitos que exige un material de base, siendo los parámetros que no cumplen, el huso granulométrico, el límite líquido, el cual no cumple para un material de base, el índice de plasticidad para un material de base y subbase, así como el CBR, que cumple para un material de subbase más de una base granular, luego se hizo una evaluación de la cantera Cabanillas los cuales presentaron resultados más favorables siendo el huso granulométrico el único ensayo que no cumplen los parámetros para un material de base y subbase, ante esto por sus propiedades

presentadas siendo la cantera Taparachi un material con alta plasticidad y la cantera Cabanillas un material no plástico, ante esos resultados se propuso mezclar ambos materiales.

En base a los resultados presentados de las propiedades físicas y mecánicas del agregado de río del km. 01+000 y la cantera de suelo salino del km. 48+950, se demuestra que dichos resultados influyen en la estabilización de una carretera de afirmado, siendo necesario realizar una mezcla de suelos para la mejora de sus propiedades, tanto la capacidad de soporte CBR, así como la resistencia al esfuerzo cortante.

Discusión de resultados del Objetivo N°02, Según el objetivo obtener la capacidad de soporte mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río, en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, respecto a este objetivo, donde se busca el incremento de la capacidad de soporte CBR del agregado de río, establecido las proporciones adecuadas del agregado de río con la cantera de suelo salino, en la Tabla 24 se aprecia los valores obtenidos de la capacidad de soporte de las 03 mezclas planteadas, donde se ve un incremento del valor del CBR con respecto al CBR del agregado de río (Ver Tabla 13), siendo la mezcla 01 con la proporción 40%AR – 60%CSS, con el valor más alto obtenido de 142.3% en promedio, esto al 100% de la Máxima Densidad Seca, estos resultados obtenidos los cuales están por encima del 100% de la capacidad de soporte podrían estar influenciados por la cantidad de sales presentes dentro de la cantera de suelo salino del km. 48+950 (ver Tabla 14 y Tabla 25), los cuales las 03 mezclas presentan contenidos de sales solubles en un rango de 2.1 a 2.9 en promedio, haciendo un comparativo con estudio realizado por (Quiroz Alcántara, 2020), en su tesis titulada “Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de tránsito desde el caserío Los Tubos hasta el caserío Pozo Cuarentena, Distrito de Mórrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque” quien utilizó la sal como aditivo externo (cloruro de

sodio), en porcentajes de 1%, 1.5% y 2%, comparados con la muestra patrón, se llegó a la conclusión, de un incremento del valor del CBR con los 03 porcentajes definidos, por lo tanto con los resultados presentados se concluye que las proporciones realizadas con la mezcla del agregado de río y la cantera de suelo salino incrementan el CBR del agregado de río.

Así mismo en el estudio realizado por (Morales & Pailacura, 2019) en su tesis “Estudio del Comportamiento de una carpeta de rodado Estabilizado con Cloruro de Sodio” donde tuvo por objetivo mejorar la capacidad de soporte (CBR) y la resistencia al esfuerzo cortante mediante la adición de sales (Cloruro de Calcio), para este estudio se añadió contenido de sales en 0.5%, 1%, 1.5% y 2%. y en todos los porcentajes se vio un incremento de la capacidad de soporte de la muestra patrón el cual tiene un valor de CBR de 109% al 100% de la máxima densidad seca, el valor más alto se obtuvo con la adición de 1% de cloruro de calcio con un valor obtenido de 151%, por lo tanto, con los resultados presentados se concluye que la adición de sales (Cloruro de Calcio), mejora la capacidad de soporte CBR.

En base a esto se establece que realizar una mezcla de suelos, tomando en cuenta una cantera con concentración de sales o suelo salino, incrementa la capacidad de soporte CBR del agregado de río.

Discusión de resultados del Objetivo N°03, Según el objetivo presentado el cual consiste en determinar la resistencia al esfuerzo cortante mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río, para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, este objetivo, busca encontrar la mejora de la resistencia al esfuerzo cortante del agregado de río, mezclándolo con un material que le otorgue la cohesión necesaria para cumplir dicho objetivo, de igual manera determinado las proporciones de las 03 mezclas planteadas del agregado de río con la cantera de suelo salino, en la Tabla 26 se aprecia la mejora de la resistencia al esfuerzo cortante

con respecto al esfuerzo cortante del agregado de río (Ver Tabla 15), siendo la mezcla 01 con la proporción 40%AR – 60%CSS, con el valor más alto obtenido de 2.20 kg/cm² en promedio, tomando en cuenta que el esfuerzo cortante del agregado de río solo está influenciado por su ángulo de fricción mas no por su cohesión por ser nula (Ver Tabla 15), ante esto, todas las mezclas realizadas presentan cohesión (**Ver Tabla 26**), haciendo un comparativo con el estudio realizado por (Morales & Pailacura, 2019) en su tesis “Estudio del Comportamiento de una carpeta de rodado Estabilizado con Cloruro de Sodio” donde tuvo por objetivo mejorar el CBR y la resistencia al esfuerzo cortante mediante la adición de sales (Cloruro de Calcio), para este estudio se añadió contenido de sales en 0.5%, 1%, 1.5% y 2%. y en todos los porcentajes se vio un incremento del ángulo de fricción y la cohesión, donde la muestra patrón tuvo un incremento en ambos parámetros que determina el esfuerzo cortante, primero el ángulo de fricción tuvo una mejora de 32.16° a 39.31° con una adición de 2% de Cloruro de Calcio, y la cohesión también tuvo una mejora de un valor de 9.2 kg/cm² de la muestra patrón hasta un 32.4 kg/cm², con una adición del 2% de cloruro de calcio, por lo tanto, con los resultados presentados se concluyó que a mayor adición de sales (2% de cloruro de calcio), tanto la cohesión y el ángulo de fricción incrementan un mayor valor de dichos parámetros.

Cabe resaltar que las 03 mezclas realizadas con materiales del agregado de río y la cantera de suelo salino, no presentan plasticidad al ser materiales no plásticos (Ver tabla 20), siendo las 03 mezclas materiales no plásticos, ante esto, la cohesión que presentan las 03 mezclas podría estar influenciadas por la concentración de sales que presenta la cantera del km. 48+950.

En base a esto se determina que realizar una mezcla de suelos, tomando en cuenta una cantera con concentración de sales o suelo salino, mejora la resistencia al esfuerzo cortante del agregado de río.

5.6 Análisis estadísticos (contraste de hipótesis)

En la presente investigación se procesó la información adquirida en el experimento y se procedió a realizar el respectivo análisis de datos obtenidos. En esta parte se presentará los resultados a un nivel relacional y explicativo a partir de nuestra línea de investigación teniendo en cuenta nuestra intención analítica, presentaremos además las pruebas de hipótesis, donde se utilizó los criterios de causalidad.

Para esta investigación, realizaremos la contratación de la hipótesis a nivel descriptivo para la hipótesis 1 y de nivel inferencial para la hipótesis 2 y 3 usando criterios de causalidad, la determinación de nuestra hipótesis H_0 y H_1 estará sujeto bajo pruebas estadísticas para la determinación de la normalidad, para el análisis del conjunto de datos obtenidos a partir de las muestras, se determinará si los datos siguen una distribución normal para ello se realizará el análisis por Shapiro-Wilk según variables de estudio debido a que los datos son menores a 50. Además, verificaremos la naturaleza de la variable, en este caso tenemos variables numéricas aleatorias por tanto mediremos la intensidad de la relación con el coeficiente de correlación de R de Pearson en caso de tener datos paramétricos, y el Rho de Spearman en caso de datos no paramétricos.

5.6.1 *Propiedades físicas y mecánicas*

- **Detallado estadístico:**

Para la primera hipótesis planteada se realizó un análisis estadístico descriptivo debido a que solo se busca el cumplimiento de los requisitos exigidos para la colocación de una carretera de afirmado detallados en la EG-2013.

- **Contrastación de la Hipótesis 1:**

Para determinar la influencia de las propiedades físicas y mecánicas en la estabilización de una carretera de afirmado se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río no influyen de manera óptima en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.

Ha (Hipótesis alterna): Las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río influyen de manera óptima en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.

Tabla 36

Valores promedio de las propiedades físicas y mecánicas del AR y la CSS

Ensayos	EG – 2013	Agregado río	Validez	Cantera suelo salino	Validez
Huso granulométrico	---	---	No cumple	Cumple	Cumple
Desgaste los Ángeles	Máx. 50%	31.4 %	Cumple	13.7 %	Cumple
Limite liquido	Máx. 35%	NP	Cumple	16 %	Cumple
Índice de plasticidad	4-9%	NP	No cumple	6 %	Cumple
CBR al 100% de la MDS	Mín. 40%	66.6 %	Cumple	101.6 %	Cumple
Cantidad de sales solubles	---	0.7	---	4.0	---
Cohesión	---	0.00	---	0.21	---
Angulo de fricción	---	44.7	---	48.2	---

Fuente: Elaboración propia

En la tabla mostrada se muestra que el agregado de río no cumple 02 requisitos que exige la EG-2013 como son el huso granulométrico y el índice de plasticidad (ver Tabla 32), a diferencia de la cantera de suelo salino que cumple todos los requisitos que solicita la EG-2013, ante esto se demuestra que las propiedades físicas y mecánicas del agregado de río y la cantera de suelo salino influyen de manera óptima en la estabilización de una carreta de afirmado.

5.6.2 CBR al 100% para 0.1”

- **Detallado estadístico:**

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del CBR resultante al 100% de máxima densidad seca para 0.1” en relación con las diferentes mezclas de canteras, agregado de río, cantera de suelo salino, la proporción de 40% (agregado de río) – 60% (cantera de suelo salino), la proporción de 50% (agregado de río) – 50% (cantera de suelo salino) y la proporción de 60% (agregado de río) – 40% (cantera de suelo salino).

Tabla 37

Detallado estadístico para el CBR al 100%

Mezcla de canteras				Estadístico	Error estándar	
Valor de soporte C.B. R. 0.1" (100%)	Agregado de río (AR)	Media		66.600	2,1672	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	57.318		
			Límite superior	75.882		
		Media recortada al 5%				
		Mediana		66.000		
		Varianza		13.860		
		Desviación estándar		3,7363		
		Mínimo		63.2		
		Máximo		70.6		
		Rango		7.4		
		Rango intercuartil				
		Asimetría		.704		1,225
		Curiosis				
		Canteras de suelo salino (C.S.S)		Media		101.600
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			92.867		
	Límite superior			110.333		
Media recortada al 5%						
Mediana				103.000		
Varianza				12.360		
Desviación estándar				3,5157		
Mínimo				97.6		
Máximo				104.2		
Rango				6.6		
Rango intercuartil						
Asimetría				-1.608		1,225
Curiosis						
40% (AR) + 60% (C.S.S)				Media		142.333
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	133.031		
			Límite superior	151.636		
		Media recortada al 5%				
		Mediana		143.300		
		Varianza		14.023		
		Desviación estándar		3,7448		
		Mínimo		138.2		
		Máximo		145.5		
		Rango		7.3		
		Rango intercuartil				
		Asimetría		-1,064		1,225
		Curiosis				
		50% (AR) + 50% (C.S.S)		Media		135.500
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			130.155		
	Límite superior			140.845		
Media recortada al 5%						

	Mediana	135,400	
	Varianza	4,630	
	Desviación estándar	2,1517	
	Mínimo	133,4	
	Máximo	137,7	
	Rango	4,3	
	Rango intercuartil		
	Asimetría	,209	1,225
	Curvosis		
60% (AR) + 40% (CSS)	Medio	129,633	1,2785
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	124,133 135,134
	Media recortada al 5%		
	Mediana	130,600	
	Varianza	4,903	
	Desviación estándar	2,2143	
	Mínimo	127,1	
	Máximo	131,2	
	Rango	4,1	
	Rango intercuartil		
	Asimetría	-1,590	1,225
	Curvosis		

Fuente: Elaboración propia SPSS

- **Distribución paramétrica:**

Para determinar la distribución de los resultados del CBR al 100% de máxima densidad seca para 0.1” se plantean las siguientes hipótesis:

H₀ (Hipótesis nula): Los resultados de CBR al 100% ante las diferentes mezclas de canteras pertenecen a una distribución normal.

H_a (Hipótesis alterna): Los resultados de CBR al 100% ante las diferentes mezclas de canteras no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se comprueba que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 3, donde las significancias no bajan del máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “mezclas de canteras” en función de la variable dependiente “CBR al 100%”.

Tabla 38

Distribución paramétrica para el CBR al 100%

Mezcla de canteras	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Valor de soporte C.B. R. 0.1" (100%)						
Agregado de río (AR)	,230	3	.	,981	3	,734
Cantera de suelo salino (CSS)	,321	3	.	,881	3	,328
40% (AR) + 60% (CSS)	,269	3	.	,950	3	,569
50% (AR) + 50% (CSS)	,185	3	.	,998	3	,923
60% (AR) + 40% (CSS)	,335	3	.	,857	3	,260

a. Corrección de significación de Lilliefors

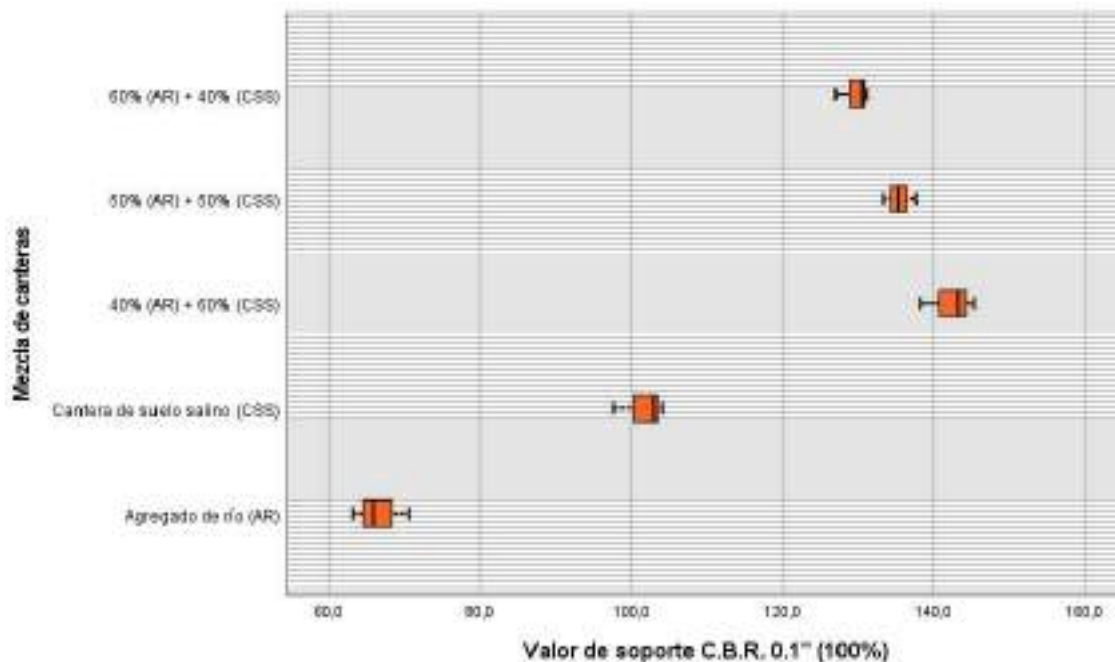
Fuente: Elaboración propia SPSS

▪ **Gráfica de cajas:**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la dispersión para los resultados de CBR al 100% de máxima densidad seca para cada mezcla de canteras, observando que se cumple con una dispersión dentro de sus rangos.

Figura 64

Gráfica de cajas para el CBR al 100%



Fuente: Elaboración propia SPSS

- **Prueba bivariada Pearson:**

Para la distribución de datos normal de los resultados de CBR al 100% se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.806 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “CBR al 100%” y la variable independiente “mezclas de canteras” es positiva alta.

Tabla 39

Prueba bivariada para el CBR al 100%

		<i>Mezcla de canteras</i>	<i>Valor de soporte C.B. R. 0.1" (100%)</i>
<i>Mezcla de canteras</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	1	,806**
	<i>Sig. (bilateral)</i>		<.001
	<i>N</i>	15	15
<i>Valor de soporte C.B. R. 0.1" (100%)</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	,806**	1
	<i>Sig. (bilateral)</i>	<.001	
	<i>N</i>	15	15

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

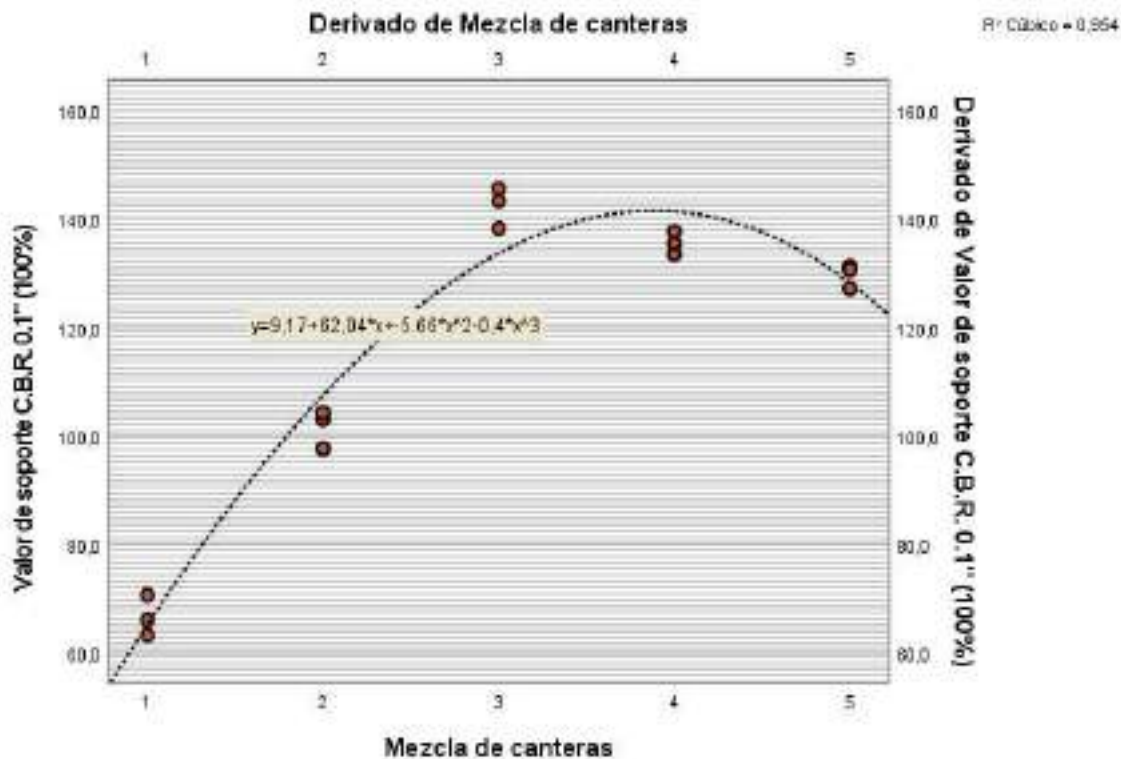
Fuente: Elaboración propia SPSS

- **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica de burbujas con la línea de ajuste y su respectiva ecuación resultante del análisis de la distribución normal entre las diferentes mezclas de canteras y el CBR al 100%, observando un comportamiento parabólico entre las variables con un R2 igual 0.954.

Figura 65

Diagrama de burbujas para el CBR al 100%



Fuente: Elaboración propia SPSS

5.6.3 Esfuerzo cortante (kg/cm^2)

- **Detallado estadístico:**

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del esfuerzo cortante resultante del ensayo de corte directo en relación con las diferentes mezclas de canteras, agregado de río, cantera de suelo salino, la proporción de 40% (agregado de río) – 60% (cantera de suelo salino), la proporción de 50% (agregado de río) – 50% (cantera de suelo salino) y la proporción de 60% (agregado de río) – 40% (cantera de suelo salino).

Tabla 40

Detallado estadístico para el esfuerzo cortante

Mezcla de canteras			Estadístico	Error estándar		
Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Agregado de río (AR)	Media	1,7800	0,2646		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,6652		
			Límite superior	1,8938		
		Media recortada al 5%				
		Mediana	1,7700			
		Varianza	,002			
		Desviación estándar	,04583			
		Mínimo	1,74			
		Máximo	1,83			
		Rango	,08			
		Rango intercuartil				
		Asimetría	,936	1,225		
		Kurtosis				
		Cantera de suelo estéril (CSS)		Media	2,1633	0,1202
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,1116
Límite superior	2,2150					
Media recortada al 5%						
Mediana	2,1700					
Varianza	,000					
Desviación estándar	,02082					
Mínimo	2,14					
Máximo	2,18					
Rango	,04					
Rango intercuartil						
Asimetría	-1,293			1,225		
Kurtosis						
40% (AR) + 60% (CSS)				Media	2,2067	0,1453
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,1442
		Límite superior	2,2692			
		Media recortada al 5%				
		Mediana	2,2100			
		Varianza	,001			
		Desviación estándar	,02517			
		Mínimo	2,18			
		Máximo	2,23			
		Rango	,05			
		Rango intercuartil				
		Asimetría	-5,885	1,225		
		Kurtosis				
		50% (AR) + 50% (CSS)		Media	2,0133	0,1754
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,9374
Límite superior	2,0892					
Media recortada al 5%						
Mediana	2,0200					
Varianza	,001					
Desviación estándar	,03055					
Mínimo	1,98					
Máximo	2,04					
Rango	,06					
Rango intercuartil						
Asimetría	-9,36			1,225		
Kurtosis						

68% (AR) - 46% (CSS)			
Media		1,8333	22028
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,7461	
	Límite superior	1,9206	
Media recortada al 5%		-	
Mediana		1,8300	
Varianza		,001	
Desviación estándar		,03512	
Mínimo		1,80	
Máximo		1,87	
Rango		,07	
Rango intercuartil		-	
Asimetría		,423	1,225
Curvosis		-	

Fuente: Elaboración propia SPSS

- **Distribución paramétrica:**

Para determinar la distribución de los resultados del esfuerzo cortante del ensayo de corte directo se plantean las siguientes hipótesis:

H₀ (Hipótesis nula): Los resultados de esfuerzo cortante ante las diferentes mezclas de canteras pertenecen a una distribución normal.

H_a (Hipótesis alterna): Los resultados de esfuerzo cortante ante las diferentes mezclas de canteras no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se comprueba que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 3, donde las significancias no bajan del máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “mezclas de canteras” en función de la variable dependiente “esfuerzo cortante”.

Tabla 41

Distribución paramétrica para el esfuerzo cortante

	Mezcla de canteras	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Agregado de río (AR)	,253	3	.	,964	3	,637
	Cantera de suelo salino (CSS)	,292	3	.	,923	3	,463
	40% (AR) + 60% (CSS)	,219	3	.	,987	3	,780
	50% (AR) + 50% (CSS)	,253	3	.	,964	3	,637
	60% (AR) + 40% (CSS)	,204	3	.	,993	3	,843

a. Corrección de significación de Lilliefors

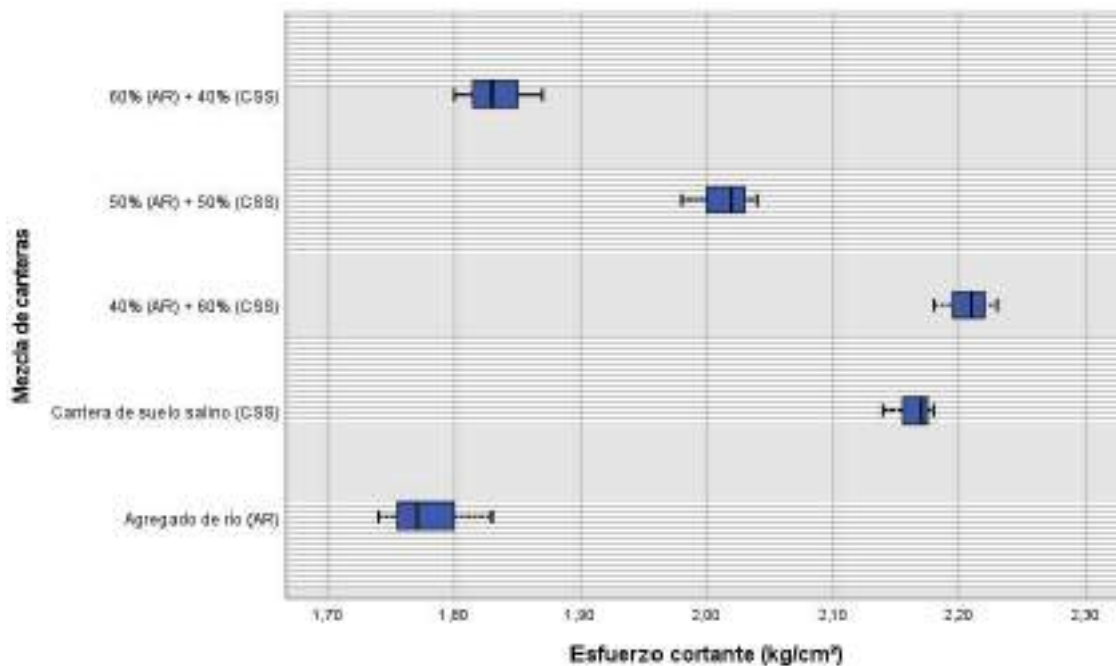
Fuente: Elaboración propia SPSS

▪ **Gráfica de cajas:**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la dispersión para los resultados de esfuerzo cortante para cada mezcla de canteras, observando que se cumple con una dispersión dentro de sus rangos.

Figura 66

Gráfica de cajas para el esfuerzo cortante



Fuente: Elaboración propia SPSS

- **Prueba bivariada Pearson:**

Para la distribución de datos normal de los resultados de esfuerzo cortante se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.504 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “esfuerzo cortante” y la variable independiente “mezclas de canteras” es negativa moderada.

Tabla 42

Prueba bivariada para el esfuerzo cortante

		<i>Mezcla de canteras</i>	<i>Esfuerzo cortante (kg/cm²)</i>
<i>Mezcla de canteras</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	1	-,504
	<i>Sig. (bilateral)</i>		,090
	<i>N</i>	15	15
<i>Esfuerzo cortante (kg/cm²)</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	-,504	1
	<i>Sig. (bilateral)</i>	,090	
	<i>N</i>	15	15

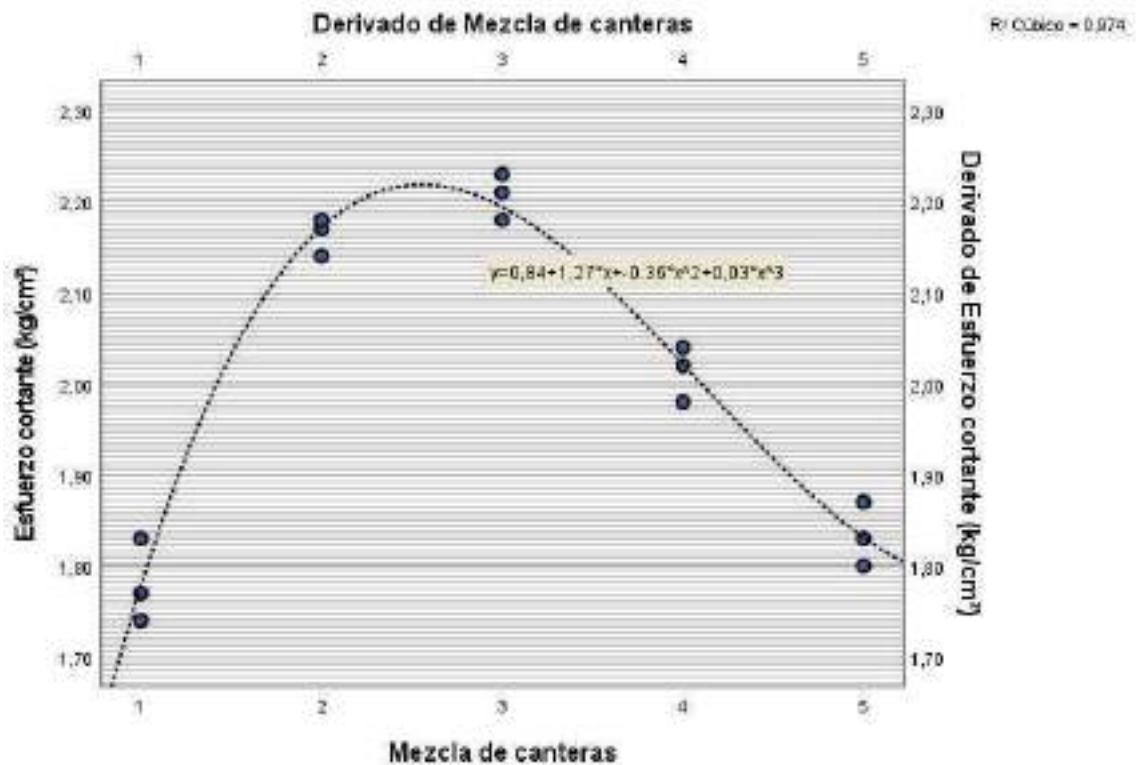
Fuente: Elaboración propia SPSS

- **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica de burbujas con la línea de ajuste y su respectiva ecuación resultante del análisis de la distribución normal entre las diferentes mezclas de canteras y el esfuerzo cortante, observando un comportamiento parabólico entre las variables con un R² igual 0.974.

Figura 67

Diagrama de burbujas para el esfuerzo cortante



Fuente: Elaboración propia SPSS

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Terminado la investigación realizada con los objetivos planteados y las hipótesis a demostrar se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El empleo de la proporción 40%AR – 60%CSS (40% de agregado de río y 60% de suelo salino) en la mezcla demostró mejorar la estabilización de una carretera a nivel de afirmado llegando a optimizar sus propiedades. Respecto a la máxima densidad seca parámetro obtenido del ensayo del Proctor modificado, se aprecia un valor más alto donde existe mayor porcentaje de suelo salino en la mezcla de las proporciones realizadas. Respecto al óptimo contenido de humedad, se aprecia el valor más bajo obtenido donde existe mayor porcentaje de suelo salino en la mezcla de las proporciones realizadas. La capacidad de soporte con el valor más alto se obtuvo donde existe mayor porcentaje de suelo salino en la mezcla de las proporciones realizadas. Respecto a la cohesión en las 03 mezclas con las proporciones establecidas se obtuvo valores de cohesión influenciados por la cohesión existente en la cantera de suelo salino, al ser el agregado de río un suelo no cohesivo. Respecto al ángulo de fricción, en la proporción 40%AR-60%CSS, se obtuvo el único valor por encima del obtenido del agregado de río.
2. Respecto a las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de suelo salino y el agregado de río, en las 03 mezclas realizadas con las proporciones establecidas se obtuvo suelos no plásticos, esto por la influencia del agregado de río al ser un suelo no plástico y ser un suelo no cohesivo. Con respecto a la cantera de suelo salino esta cumple todos los parámetros requeridos para una carretera de afirmado a diferencia del agregado de río el cual al ser un

suelo no plástico incumple el parámetro requerido para una carretera de afirmado el cual solicita un valor que está en el rango de 4-9%.

3. La capacidad de soporte del agregado de río se ve incrementado al mezclarlo con material de la cantera de suelo salino en las 03 mezclas con las 03 proporciones establecidas, siendo el valor más alto obtenido la mezcla 03 con la proporción 40%AR – 60%CSS, en donde se obtuvo un CBR de 145.5% al 100% de la Máxima Densidad Seca.
4. El esfuerzo cortante del agregado de río es mejorado al mezclarlo con material de la cantera de suelo salino en las 03 mezclas con las 03 proporciones establecidas, siendo el valor más alto obtenido la mezcla 03 con la proporción 40%AR – 60%CSS, en donde se obtuvo un esfuerzo cortante de 2.21 kg/cm².

RECOMENDACIONES

Como es de conocimiento a mayores distancias medias de traslado de material al frente de trabajo, los costos son muy altos, y los bajos presupuestos que se manejan para este tipo de proyectos, por lo que se recomienda usar materiales cercanos o próximos al frente de trabajo como es el caso del agregado de río.

Se recomienda buscar una correlación de valores obtenidos de los siguientes parámetros como son la cohesión de materiales determinado con el ensayo de corte directo o el ensayo triaxial, y el índice plástico determinado con los ensayos de los límites de consistencia (límite líquido y límite plástico), esto para validar la utilización de materiales no plásticos, pero que poseen una cohesión propia del material con son los suelos salinos.

A la falta de canteras que cumplan todos los parámetros que exige la EG-2013 para una carretera de afirmado en el tramo de estudio, y con los valores obtenidos del valor de CBR de todas las mezclas realizadas, donde se obtuvo valores por encima del 100% que es requisito para suelos estabilizados con sales descrito en el Manual de Soluciones Básicas de Carreteras no Pavimentadas, se recomienda la colocación de un pavimento básico con recubrimiento.

De igual manera a la mejora de la resistencia al esfuerzo cortante de las mezclas planteadas, se recomienda la mezcla que tiene la cohesión más alta, esto para conseguir una adecuada trabajabilidad de material colocado y obtener una compactación adecuada del material colocado.

Finalmente, se recomienda continuar la investigación realizando una comparación entre el suelo estabilizado con cal o yeso, los cuales mejorarían la estructura del suelo, con productos químicos específicos para suelos salinos, suelos con riego controlado para controlar la salinidad y mezclas específicas de Suelo-Cemento que ayudan a mejorar la resistencia y durabilidad del suelo.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Condori, P. (2018). *Mejoramiento de las características físicas y mecánicas del suelo de la cantera Taparachi mezclados con agregados procesados para la construcción de pavimentos en la ciudad de Juliaca*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Alarcón, J., Jiménez, M., & Benítez, R. (2020). Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. *Revista ingeniería de construcción*, 35(1), 5-20.
- Austrroads. (2006). *Guide to Pavement Technology, Part 4D Stabilised Materials*. Sydney.
- Austrroads. (2009). *Guide to Pavement Technology Part 6 Unsealed Pavement*. Sidney.
- Baena Paz, G. (2014). *Metodología de la investigación*. Distrito Federal, Mexico: GRUPO EDITORIAL PATRIA.
- Bañón, L., & Beviá García, J. F. (2000). *Manual de Carreteras. Volumen II: Construcción y Mantenimiento*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Behar Rivero, D. S. (2008). *Metodología de investigación*. A. Rubeira.
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson Educación.
- Bowles. (1981). *Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil*. McGRAW-HILL.
- Caballero Chaves, O. J. (2017). *Estabilización química con silicato de sodio del material de préstamo de la vía La Primavera – Bonanza – La Venturosa en el departamento del Vichada*. Universidad Nacional de Colombia.
- Canaza, C., & Ubaldo, J. (2020). *Evaluación de las propiedades de los materiales de base y sub base para pavimentos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero*. Universidad Continental.
- Carrasco Díaz, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.

- Castillo Parra, B. F. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos de Macas con valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como subrasantes en carreteras*. Universidad de Cuenca.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica*. Cuarta.
- Díaz Rodríguez, J. A. (2019). *Mecánica de suelos Naturaleza y Propiedades*. Mexico: TRILLAS.
- Elizondo Arrieta, F. (2009). Estabilización y mejoramiento de rutas no pavimentadas. *Infraestructura vial*, 49 - 55.
- Fernández Riva, L. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de cloruro de sodio (NaCl) para uso de vías terrestres. Estudio de casos: suelos de Chachapoyas, 2016*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Gilbert Wooding, R. (1960). *Los Suelos: su origen, constitución y clasificación, introducción a la edafología*. Barcelona: Omega S.A.
- Gomez Bastar, S. (2012). *Metodología de la investigación*. Estado de México: Ma. Eugenia Buendía López.
- Gutiérrez, Y. M., Vargas, Y. E., Marulanda, R., & Rolando, J. (2020). *Estabilización de Afirmado con Ceniza proveniente de desechos de Cascarella de Café para Aplicar en Suelos de Construcción de Vías*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Luna Enriquez, V. L., & Yzaguirre Caballero, B. R. (2019). *Estabilización de la red vial vecinal AN-873 - 0+000 al 2+400 km con cloruro de sodio proveniente del agua de mar, Santa, Santa, Áncash - 2019*. Universidad Cesar Vallejo.

- Mendez Cerna, J. J. (2021). *Estabilización de suelo arcilloso para el mejoramiento de la subrasante adicionando cloruro de sodio, tramo Primorpampa – Cascapara, Yungay, Ancash 2021*. Universidad Cesar Vallejo .
- Menéndez. (2016). *Ingeniería de Pavimentos*. ICG.
- Minaya, O. (2006). *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*. Lima: ICG.
- Morales, E., & Pailacura, C. (2019). Estudio del comportamiento de una carpeta de rodado estabilizada con cloruro de calcio. *Obras y proyectos*, 27-36.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013*. Lima: MACRO.
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos*. Lima: MACRO.
- MTC. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: Macro.
- Quiroz Alcántara, A. (2020). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de tránsito desde el caserío Los Tubos hasta el caserío Pozo Cuarenta, Distrito de Mórrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Reyes Lizcano, F., & Rondón Quintana, H. (2015). *Pavimentos: Materiales, Construcción y Diseño*. Bogota: Ecoe.
- Rico Rodriguez, A., & Del Castillo, H. (2000). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas*. Mexico: Limusa.
- Rocha Yupanqui, R. M. (2019). *Métodos para recuperar suelos afectados por la salinidad y/o sodicidad*. Universidad Científica del Sur.
- Vivar. (1995). *Diseño y construcción de pavimentos*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.

DEDICATORIA

Primeramente, agradecer a Dios por darme paz y tranquilidad a mi vida.

A mi mama y a mis hijos Luciano y Alessia los cuales son mi mayor motivo de vida.

Y a mi familia y amigos que me animaron para lograr este objetivo.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios, por darme fuerza ante tantos momentos difíciles, y poder salir adelante gracias a su amor incondicional.

A mi mamá Silvia por su apoyo incondicional en todo momento, que gracias a sus oraciones me dieron fuerza para salir adelante.

A mi hermanito Zenón que nunca tuvo un no pese a los momentos difíciles que nos tocó vivir. Gracias para toda la vida hermanito.

A mis bellos hijos Luciano y Alessia que son el mayor motivo para poder salir adelante.

A mi tío Héctor Conde por su gran apoyo incondicional en mi etapa de estudiante.

A todos mis familiares que fueron parte de mi etapa estudiantil.

A todas las personas que me acompañaron todos estos años en el ámbito laboral, Ingeniero Luis Rosales, Franklin Valenzuela, Jaime Chirinos, José Ramírez, Said Quispe magnificas personas y excelentes profesionales.

Al Ingeniero Jorge Castillo por ser un buen guía y maestro en mi etapa profesional.

A todos los Ingenieros que formaron parte de mi etapa estudiantil en la Universidad Nacional del Centro del Perú.

A mi asesor de tesis Ingeniero Augusto García Corzo por su apoyo para poder cumplir el objetivo de realizar y terminar mi tesis.

Al Ingeniero Rodolfo Ribbeck por sus consejos en el desarrollo de mi tesis.

Y es agradecimiento muy grande a mi Papá Narciso que allá desde el cielo, me das la fuerza necesaria para salir adelante. Te amo papa Narciso.

CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
CONTENIDO	IV
INDICE DE TABLAS	VIII
INDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	6
1.1 Descripción de la realidad problemática	6
1.2 Formulación del problema	7
1.2.1 Problema General	7
1.2.2 Problemas Específicos	7
1.3 Objetivos de la Investigación	8
1.3.1 Objetivo General	8
1.3.2 Objetivos Específicos	8
1.4 Justificación	8
1.4.1 Justificación Práctica	8
1.4.2 Justificación Metodológica	9
1.5 Limitaciones de la Investigación	9
1.5.1 Delimitación Conceptual	9
1.5.2 Delimitación Espacial	9
1.5.3 Delimitación Temporal	10
II FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	11
2.1 Hipótesis	11
2.1.1 Hipótesis General	11
2.1.2 Hipótesis Específicas	11
2.2 Variable	11
2.2.1 Variable Independiente	11
2.2.2 Variable Dependiente	11

2.3	Operacionalización de Variables	12
III	MARCO TEORICO	13
3.1	Antecedentes del Problema	13
3.1.1	A Nivel Nacional	13
3.1.2	A Nivel Internacional	16
3.2	Bases Teóricas	19
3.2.1	Suelos	19
3.2.2	Formación de depósitos naturales de suelos	19
3.2.2.1	Depósitos de suelos eólicos	20
3.2.2.2	Depósitos por gravedad	20
3.2.2.3	Depósitos aluviales	21
3.2.3	Tipos de suelos	22
3.2.3.1	Suelos granulares	22
3.2.3.2	Suelos finos o cohesivos	23
3.2.3.3	Suelos orgánicos	23
3.2.3.4	Suelos Salinos	23
3.2.4	Tamaño de las Partículas del Suelo	24
3.2.5	Afirmado	24
3.2.6	Propiedades básicas de una carretera de afirmado	25
3.2.6.1	Estabilidad	26
3.2.6.2	Resistencia al desgaste	26
3.2.6.3	Impermeabilidad	26
3.2.6.4	Trabajabilidad y compactación	27
3.2.7	Especificaciones requeridas	27
3.2.7.1	Dureza del agregado	27
3.2.7.2	Plasticidad	27
3.2.7.3	Distribución del tamaño de partículas	27
3.2.8	Estabilización de Suelos	28
3.2.8.1	Definición	28
3.2.9	Estabilización granular	28
3.2.10	Estabilización granular mediante la mezcla de suelos	28

3.2.11	Materiales	29
3.2.11.1	Criterios de diseño para establecer la estabilización granular	29
3.2.11.2	Diseño de mezcla	30
IV	METODOLOGÍA	31
4.1	Metodología de la Investigación	31
4.2	Tipo de Investigación	31
4.3	Nivel de Investigación	32
4.4	Diseño de la Investigación	32
4.5	Población y Muestra	33
4.5.1	Población	33
4.5.2	Muestra	34
4.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
4.6.1	Técnica de Recolección de Datos	36
4.6.2	Instrumentos de Recolección de Datos	37
4.7	Tratamientos Estadísticos	37
4.8	Procedimientos de recolección de datos	37
4.8.1	Estudio de cantera de suelos	38
4.8.2	Ubicación de las canteras de estudio	38
4.8.2.1	Agregado de río	38
4.8.2.2	Cantera de suelo salino	39
4.8.3	Muestreo	41
4.8.4	Caracterización de la cantera de suelo salino y el agregado de río	41
4.8.4.1	Análisis mecánico o granulométrico de suelos	41
4.8.4.2	Límites de consistencia	48
4.8.4.3	Clasificación De suelos	53
4.8.4.4	Humedad natural	54
4.8.4.5	Abrasión los ángeles.	56
4.8.4.6	Ensayo de compactación	59
4.8.4.7	Ensayo de CBR	61
4.8.4.8	Ensayos adicionales	64
4.8.5	Proporciones de la mezcla	70

4.8.5.1	Análisis granulométrico de las mezclas de suelos determinados	71
4.8.5.2	Límites de consistencia	77
4.8.5.3	Abrasión los Ángeles	78
4.8.5.4	Ensayo Proctor modificado	79
4.8.5.5	Ensayo de CBR	80
4.8.5.6	Contenido de sales solubles	81
4.8.5.7	Corte directo	81
V	RESULTADOS Y DISCUSIONES	83
5.1	Efecto de la mezcla suelo salino y agregado de río en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, Sector Macacona, Arequipa.	83
5.2	Analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.	91
5.3	Capacidad de soporte mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río.	94
5.4	Resistencia al esfuerzo cortante mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río, para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.	97
5.5	Discusión de resultados	102
5.6	Análisis estadísticos (contraste de hipótesis)	108
5.6.1	Propiedades físicas y mecánicas	108
5.6.2	CBR al 100% para 0.1”	109
5.6.3	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	114
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
	CONCLUSIONES	120
	RECOMENDACIONES	122
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
	ANEXOS	126
	CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN	127
	ENSAYOS DE LABORATORIO	161
	PANEL FOTOGRAFICO	272

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límite de Separación según el Tamaño del Suelo	24
Tabla 2 Cantidad de material de la cantera de suelo salino para realizar los ensayos	35
Tabla 3 Cantidad de material del agregado de río para realizar los ensayos	36
Tabla 4 Cantidad de material para las 03 mezclas planteadas	36
Tabla 5 Análisis granulométrico Agregado de río km. 01+000.....	44
Tabla 6 Análisis granulométrico Cantera de suelo salino km. 48+950	46
Tabla 7 Resultados de los límites de consistencia del AR y la CSS.....	53
Tabla 8 Clasificación de suelos AASHTO y SUCS	54
Tabla 9 Resultados del contenido de humedad del AR y la CSS.	55
Tabla 10 Resultados del desgaste a la abrasión los ángeles del AR y de la CSS.	59
Tabla 11 Cuadro para selección del procedimiento de ensayo	60
Tabla 12 Resultados del ensayo Proctor modificado del AR y de la CSS.....	61
Tabla 13 Resultados del CBR del AR y de la CSS.....	63
Tabla 14 Resultados del contenido de sales solubles en suelos del AR y de la CSS.....	65
Tabla 15 Resultados del ensayo de corte directo del AR y la CSS.....	69
Tabla 16 Proporciones de la mezcla del AR del km. 01+000 y la CSS km. 48+950.	71
Tabla 17 Análisis granulométrico mezcla 01 (40% AR – 60% CSS).....	72
Tabla 18 Análisis granulométrico mezcla 02 (50% AR – 50% CSS).....	74
Tabla 19 Análisis granulométrico mezcla 03 (60% AR – 40% CSS).....	76
Tabla 20 Resultados de los límites de consistencia (Mezcla 01, 02 y 03).....	78
Tabla 21 Resultados de la Abrasión los Ángeles (Mezcla 01, 02 y 03)	78
Tabla 22 Resultados de la máxima densidad seca (Mezcla 01, 02 y 03).....	79

Tabla 23 Resultados del optimo contenido de humedad (Mezcla 01, 02 y 03)	80
Tabla 24 Resultados de CBR (Mezcla 01, 02 y 03).....	80
Tabla 25 Resultados del contenido de sales solubles (Mezcla 01, 02 y 03)	81
Tabla 26 Resultados del corte directo (Mezcla 01, 02 y 03).....	82
Tabla 27 Resultados de la abrasión los ángeles (AR, CSS, Mezcla 01, 02 y 03).....	84
Tabla 28 Resultados del ensayo Proctor modificado (AR, CSS, Mezclas 01, 02 y 03) ..	87
Tabla 29 Cuadro de resultados de las 03 muestras del AR.....	92
Tabla 30 Cuadro de resultados de las 03 muestras de la CSS.....	92
Tabla 31 Resultados del ensayo de CBR (AR, CSS, Mezcla 01, 02 y 03).....	95
Tabla 32 Resultados del ensayo de Corte Directo (AR, CSS, Mezcla 01, 02 y 03).	98
Tabla 33 Resultados obtenidos del AR y de la CSS – Muestra 01	103
Tabla 34 Resultados obtenidos del AR y de la CSS – Muestra 02	103
Tabla 35 Resultados obtenidos del AR y de la CSS – Muestra 03	104
Tabla 36 Valores promedio de las propiedades físicas y mecánicas del AR y la CSS ..	109
Tabla 37 Detallado estadístico para el CBR al 100%	110
Tabla 38 Distribución paramétrica para el CBR al 100%	112
Tabla 39 Prueba bivariada para el CBR al 100%.....	113
Tabla 40 Detallado estadístico para el esfuerzo cortante.....	115
Tabla 41 Distribución paramétrica para el esfuerzo cortante	117
Tabla 42 Prueba bivariada para el esfuerzo cortante	118

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Dunas formadas por el arrastre que origina los vientos.	20
Figura 2	Vista satelital deposito por gravedad Distrito de Sancos – Ayacucho	21
Figura 3	Vista satelital de un depósito aluvial Distrito de Jaqui – Arequipa.....	21
Figura 4	Curva granulométrica de un suelo.....	22
Figura 5	Material suelto y grava expuesta	26
Figura 6	Mapa Vial de la carretera de Jaqui, Arequipa.	34
Figura 7	Mapa Vial del tramo de estudio.	35
Figura 8	Cantera de material del Agregado de río km. 01+000	38
Figura 9	Muestreo del agregado de río km. 01+000.....	39
Figura 10	Cantera de suelo salino km. 48+950	39
Figura 11	Muestreo de material de la cantera de suelo salino km. 48+950.....	40
Figura 12	Tramo de estudio	40
Figura 13	Cuarteo del agregado de río y la cantera de suelo salino.	42
Figura 14	Ensayo de análisis granulométrico de la cantera de suelo salino.	43
Figura 15	Ensayo de análisis granulométrico del agregado de río.	43
Figura 16	Curva granulométrica agregado de río km. 01+000 – Muestra 01.....	45
Figura 17	Curva granulométrica agregado de río km. 01+000 – Muestra 02.....	45
Figura 18	Curva granulométrica agregado de río km. 01+000 – Muestra 03.....	46
Figura 19	Curva granulométrica Cantera km. 48+950 – Muestra 01	47
Figura 20	Curva granulométrica Cantera km. 48+950 – Muestra 02	47
Figura 21	Curva granulométrica Cantera km. 48+950 – Muestra 03	48
Figura 22	Gráfico de la muestra antes y después de la prueba	49

Figura 23 Copa Casagrande ensayo límite líquido Agregado de río	50
Figura 24 Copa Casagrande ensayo límite líquido cantera de suelo salino.....	50
Figura 25 Ensayo del límite plástico de la cantera de suelo salino.....	52
Figura 26 Ensayo del contenido de humedad del agregado de río	55
Figura 27 Ensayo del contenido de humedad de la cantera de suelo salino	56
Figura 28 Gradación de las muestras de ensayo	57
Figura 29 Muestras secadas al horno para el ensayo de Abrasión.....	57
Figura 30 Ensayo del desgaste en la máquina de los Ángeles cantera de suelo salino. ..	58
Figura 31 Ensayo del desgaste en la máquina de los Ángeles del agregado de río.	58
Figura 32 Realización del ensayo de Proctor modificado	60
Figura 33 Ensayo terminado del Proctor modificado	61
Figura 34 Muestra compactada del CBR.....	63
Figura 35 Muestra saturada del CBR.....	64
Figura 36 Penetración de la muestra de CBR.....	64
Figura 37 Ensayo del contenido de sales solubles del agregado de río.	66
Figura 38 Ensayo del contenido de sales solubles de la cantera de suelo salino.	66
Figura 39 Ensayo de contenido de sales solubles del agregado de río	67
Figura 40 Ensayo del contenido de sales solubles de la cantera de suelo salino	67
Figura 41 Ensayo de corte directo agregado de río.	69
Figura 42 Ensayo de corte directo cantera de suelo salino.....	69
Figura 43 Curva granulométrica mezcla 01 (40% AR – 60% CSS) – Muestra 01.....	72
Figura 44 Curva granulométrica mezcla 01 (40% AR – 60% CSS) – Muestra 02.....	73
Figura 45 Curva granulométrica mezcla 01 (40% AR – 60% CSS) – Muestra 03.....	73

Figura 46 Curva granulométrica mezcla 02 (50% AR – 50% CSS) – Muestra 01.....	74
Figura 47 Curva granulométrica mezcla 02 (50% AR – 50% CSS) – Muestra 02.....	75
Figura 48 Curva granulométrica mezcla 02 (50% AR – 50% CSS) – Muestra 03.....	75
Figura 49 Curva granulométrica mezcla 03 (60% AR – 40% CSS) – Muestra 01.....	76
Figura 50 Curva granulométrica mezcla 03 (60% AR – 40% CSS) – Muestra 02.....	77
Figura 51 Curva granulométrica mezcla 03 (60% AR – 40% CSS) – Muestra 03.....	77
Figura 52 Valores de la abrasión los ángeles.....	85
Figura 53 Valores promedio de la Abrasión los Ángeles	86
Figura 54 Valores de la máxima densidad seca MDS.	88
Figura 55 Valores promedio de la máxima densidad seca MDS.....	89
Figura 56 Valores del optimo contenido de humedad OCH.....	90
Figura 57 Valores promedio del optimo contenido de humedad OCH.	91
Figura 58 Valores del CBR al 100% de la MDS.....	96
Figura 59 Valores promedios de los CBR (%) al 100% de la MDS.....	97
Figura 60 Valores de la cohesión.....	99
Figura 61 Valores promedios de la cohesión.....	100
Figura 62 Valores del ángulo de fricción.....	101
Figura 63 Valores promedios del ángulo de fricción.....	102
Figura 64 Gráfica de cajas para el CBR al 100%	112
Figura 65 Diagrama de burbujas para el CBR al 100%.....	114
Figura 66 Gráfica de cajas para el esfuerzo cortante	117
Figura 67 Diagrama de burbujas para el esfuerzo cortante	119

RESUMEN

La construcción, conservación o rehabilitación de carreteras a nivel nacional con el pasar de los años se ha tornado crítico, y uno de los problemas que ha conllevado a esto son la falta de materiales adecuados según los requisitos que exige el Manual de carreteras la EG-2013, en el tramo de estudio solo se cuenta con depósitos aluviales donde existe grandes áreas de explotación como son los agregados de río, el cual la principal deficiencia de estos materiales es la falta de cohesión al ser materiales no plásticos, ante esto se ha propuesto la mejora de este material mediante la estabilización de suelos realizando la mezcla de suelos, y para mejorar la falta de cohesión del agregado de río se hizo uso del material de la cantera de suelo salino.

La investigación realizada denominado “Estabilización de una carretera a nivel de afirmado con mezcla de suelo salino y agregado de río, Sector Macacona – Arequipa”, el cual tiene como objetivo general mejorar la estabilización de una carretera a nivel de afirmado con la mezcla de suelo salino y agregado de río en el Sector de Macacona – Arequipa.

La metodología aplicada fue el método hipotético - deductivo, el cual consiste en la contratación de hipótesis, un tipo de investigación aplicada, a lo que se aplicó un diseño experimental para el cual se realizó 03 mezclas de los materiales de la cantera de suelo salino y el agregado de río, buscando una proporción que incremente y mejore la capacidad de soporte y la resistencia al esfuerzo cortante del agregado de río respectivamente, esto para una carretera de afirmado, se consideró 03 proporciones de mezcla de materiales, la primera 40% AR – 60%CSS, la segunda 50%AR – 50%CSS y la tercera 60%AR – 40%CSS.

Los resultados obtenidos fueron un incremento del CBR en las proporciones de las 03 mezclas planteadas, en la mezcla 01 se obtuvo en CBR de 145.5%, en la mezcla 02 un CBR de 135.4% y en la mezcla 03 un CBR de 127.1%, todo esto al 100% de la Máxima Densidad Seca con una penetración de 0.1”, así también se obtuvo una mejora de la resistencia al esfuerzo cortante, teniendo como parámetro principal para mejorar la trabajabilidad del material estabilizado la cohesión, los valores obtenidos fueron para la mezcla 01 una cohesión de 0.25 kg/cm², para la mezcla 02 una cohesión de 0.23 kg/cm² y para la mezcla 03 se obtuvo una cohesión de 0.20 kg/cm².

Palabra clave: Agregado de río, cantera de suelo salino, estabilización de suelos, afirmado, capacidad de soporte, resistencia al esfuerzo cortante, cohesión.

ABSTRACT

The construction, conservation or rehabilitation of highways at a national level over the years has become critical, and one of the problems that has led to this is the lack of adequate materials according to the requirements demanded by the Manual of highways the EG- 2013, in the study section there are only alluvial deposits where there are large areas of exploitation such as river aggregates, and given the deficiency of the requirements demanded by EG-2013, it has been proposed to improve this material through the Soil stabilization through soil mixing, and to improve the deficient properties of the river aggregate, material use was made from the saline soil quarry.

The research carried out called "Stabilization of a road at the level of the affirmed with a mixture of saline soil and river aggregate, Sector Macacona - Arequipa", which has as a general objective to improve the stabilization of a road at the level of the affirmed with the mixture of soil. saline and river aggregate in the Sector of Macacona - Arequipa,

The methodology applied was the hypothetical - deductive method, which consists of the hiring of hypotheses, a type of applied research, to which an experimental design was applied for which 03 mixtures of the materials of the saline soil quarry were made and the river aggregate, looking for a proportion that increases and improves the support capacity and the shear strength of the river aggregate for the stabilization of a paved road, respectively, this for a paved road, 03 mixture proportions of materials, the first 40% AR – 60% CSS, the second 50% AR – 50% CSS and the third 60% AR – 40% CSS.

The results obtained were an increase in CBR in the proportions of the 03 mixtures proposed, in mixture 01 a CBR of 145.5% was obtained, in mixture 02 a CBR of 135.4% and in mixture 03 a CBR of 127.1%, all this at 100% of the Maximum Dry Density with a penetration of 0.1”, thus an improvement in shear strength was also obtained, having cohesion as the main parameter to improve the workability of the stabilized material, the values obtained were for the mixture 01 a cohesion of 0.25 kg/cm², for mixture 02 a cohesion of 0.23 kg/cm² and for mixture 03 a cohesion of 0.20 kg/cm² was obtained.

Keywords: River aggregate, saline soil quarry, soil stabilization, affirmed, bearing capacity, shear strength, cohesion.

INTRODUCCIÓN

En el Perú se cuenta con una gran red vial, el cual es el motor importante para el progreso y el bienestar económico y social de las regiones, para esto es importante contar con materiales adecuados para la construcción, conservación y mantenimiento de nuestras carreteras, esto a lo largo del territorio nacional. La construcción de carreteras mejora la conectividad entre diferentes regiones del país, facilitando el acceso a áreas remotas y contribuyendo a la integración nacional. Además, juegan un papel crucial en el desarrollo económico al facilitar el transporte de bienes y personas, mejoran la eficiencia del comercio y la movilidad, permitiendo un flujo más rápido de mercancías y reduciendo los costos logísticos. También al ser modernas y seguras se contribuye a reducir los accidentes de tráfico y mejorar la seguridad vial. En el Perú, donde hay áreas rurales y comunidades remotas, la construcción de carreteras es esencial para mejorar las condiciones de vida de las personas que viven en estas zonas, ya que, facilita el acceso a servicios básicos como atención médica, educación y transporte. (Canaza & Ubaldo, 2020)

Por lo que la falta de materiales de construcción adecuados conlleva a retrasos en las obras, baja calidad en la infraestructura que queda con susceptibilidad a daños y presentaría una vida útil corta, se requerirían costos adicionales al realizar mantenimientos continuos a largo plazo y se presentaría un impacto ambiental negativo al no extraer materiales locales de una manera sostenible. Es así que en varios casos ante la falta de un material adecuado, se ha venido implementando desde hace muchos años atrás la metodología referida a la Estabilización de suelos, ya sea con la inclusión de un aditivo externo o la mejora mediante la mezcla de suelos, donde se busca la mejora de las propiedades físicas- mecánicas de los materiales a utilizar, como son la plasticidad encargada de otorgarle cohesión de partículas, así como la resistencia relacionada con el ensayo de la capacidad de soporte relativo CBR. (Elizondo Arrieta, 2009)

Ante esto el tramo de estudio ubicado en la Red Vial Vecinal N°AR-504, en el Distrito de Jaqui, Provincia de Caraveli, Región Arequipa, siendo una carretera de tercer orden, que a la fecha esta vía se encuentra a nivel de trocha en cual se encuentra en condiciones pésimas, por el deterioro originado por los vehículos pesados que ingresan y salen a las mineras que conlleva esta vía, para esto se hace necesario la colocación de una carretera, el cual tenga un mejor comportamiento estructural que ayude a soportar las cargas de los vehículos pesados, evitando el deterioro prematuro de esta vía de acceso, siendo una carretera a nivel de afirmado el cual cumple con estas características, para esto se hará uso el empleo de materiales granulares de los depósitos aluviales donde se tiene agregado de río y depósitos por gravedad como la cantera de suelo salino, ambos con grandes áreas de explotación. Para la utilización de estos materiales en la construcción de una carretera a nivel de afirmado, se hace la pregunta ¿Cómo mejoraría la estabilización de una carretera a nivel de afirmado con la mezcla de suelo salino y agregado de río, Sector Macacona-Arequipa? Planteándose como hipótesis que la mezcla de suelo salino y el agregado de río mejoran la estabilización de una carretera a nivel de afirmado en el Sector Macacona, Arequipa. (Elizondo Arrieta, 2009)

Ante esto, la presente investigación busca como objetivo mejorar la estabilización de una carretera a nivel de afirmado con la mezcla de suelo salino y agregado de río, Sector Macacona, Arequipa, y así evitar el deterioro prematuro que ocasiona los vehículos pesados que ingresan y salen por esta vía de acceso.

Para llevar a cabo los objetivos planteados y comprobar las hipótesis, la siguiente investigación quedo estructurado en 07 apartados, El primero, “Problema de investigación” se plantea la descripción de la realidad problemática, se formuló los problemas generales y específicos, objetivos generales y específicos, la justificación y las limitaciones que tuvo la presente investigación. En segundo lugar “Formulación de hipótesis”, aquí se planteó las hipótesis generales y específicos, así como las variables

independiente y dependiente, y la operacionalización de variables. En el tercer lugar “Marco Teórico”, se ofrece un detallado concepto de la teoría referida al tema que es la estabilización de suelos y su aplicación en el diseño de un suelo estabilizado con mezcla de suelos. En cuarto lugar “Metodología” aquí se realizó el tipo, nivel y diseño de la investigación, así como la población y la muestra incluido las técnicas de recolección de datos. En el quinto apartado “Diseño experimental”, aquí se empezó con el desarrollo de la investigación tomando en cuenta las hipótesis planteadas para contrastarlas. En el sexto apartado “Análisis, resultados y discusiones” aquí se realizó el análisis de los resultados obtenidos en el desarrollo experimental. En el apartado siguiente “Conclusiones y Recomendaciones” aquí se da las conclusiones más resaltantes de los resultados obtenidos, así como las recomendaciones para futuras investigaciones referidas al trabajo de investigación, y por último se hizo la bibliografía. (Canaza & Ubaldo, 2020)

I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la realidad problemática

La construcción de carreteras en el Perú se ha convertido en parte importante para el desarrollo económico y social de la población. A la actualidad según la Infraestructura Vial de la Red Vecinal del SINAC al 31 de julio del 2021 se tiene un 2.3% de la vía pavimentada a nivel nacional esto quiere decir que existe un déficit de 97.7% de la red vial nacional sin pavimentar el cual se encuentra en condición de afirmado sin afirmar y trocha carrozable los cuales están incluidos en rango de carreteras de bajo volumen de tránsito. (Elizondo Arrieta, 2009)

En la actualidad el tramo de estudio cuenta con una vía de acceso construido con material propio del terreno natural, el cual se encuentra en pésimas condiciones a falta de un mantenimiento de la vía, si bien en la zona de estudio las precipitaciones pluviales son escasas o mínimas durante todo el año, el mayor deterioro de la vía se da por el paso de vehículos pesados hacia las minas que conlleva dicha carretera.

Ante esta problemática urge la necesidad para la colocación de un material de afirmado que, por su características físicas y mecánicas, serian de mejor aporte en cuanto a la durabilidad de la vía existente, para soportar las cargas vehiculares.

Para la implementación de un material de afirmado surge otra problemática, el cual es la falta de canteras que cumplas las especificaciones requeridas en el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013. (MTC, 2013)

En el tramo de estudio los materiales que más predominan en cuanto a volumen son los depósitos aluviales, lugar donde se concentra en mayor volumen el agregado de río (AR), los cuales están compuesto por una mezcla de grava y arena los cuales son depositados naturalmente por las fuerzas erosivas del agua y del viento, son materiales de fácil acceso para su extracción por

encontrarse en todo el borde de la carretera, en cuanto a sus características presentan una gradación deficiente, otra de sus características de los agregados de río es su falta de plasticidad ante la falta de arcillas en su composición, los cuales son los encargados de darle la cohesión necesaria para otorgarle al material una resistencia al desgaste y a la vez una resistencia al esfuerzo cortante.

Ante los problemas existentes para la colocación de un material de afirmado en el tramo de estudio se plantea la estabilización del agregado de río mediante la mezcla con otra cantera que le otorgue la cohesión necesaria para incrementar su capacidad de soporte y mejorar su resistencia al esfuerzo cortante, y así incrementar el tiempo de vida útil de la carretera del tramo de estudio, considerando la menor distancia de traslado y por sus características físicas y mecánicas la cantera para la estabilización de la carretera de afirmado es la cantera de suelo salino. (MTC – SINAC, 2021)

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cuál es el efecto de la mezcla de suelo salino y agregado de río en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, Sector Macacona-Arequipa?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo influyen las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado?
- ¿En qué proporción de mezcla de suelo salino y agregado de río se incrementaría la capacidad de soporte del agregado de río, para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado?

- ¿En qué proporción de mezcla de suelo salino y agregado de río se mejoraría la resistencia al esfuerzo cortante del agregado de río, para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la mezcla de suelo salino y agregado de río en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, Sector Macacona, Arequipa.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río, en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.
- Obtener la capacidad de soporte mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río.
- Determinar la resistencia al esfuerzo cortante mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación Práctica

La presente investigación busca una solución a la falta de un material adecuado para la construcción de una carretera de afirmado en el tramo de estudio, ante la deficiencia de parámetros que rige la norma peruana, estos parámetros están relacionados con las propiedades físicas y mecánicas del material, los cuales influirán en las propiedades básicas de una carretera de afirmado como la estabilidad, resistencia al desgaste, la impermeabilidad y la trabajabilidad, propiedades básicas relacionadas directamente con la densidad, capacidad de soporte y la resistencia al esfuerzo cortante del material compactado y terminado. Por ello se opta por el empleo de suelo salino con

agregado de río en diferentes proporciones y así determinar si la estabilización de la carretera a nivel de afirmado en la zona de estudio proporciona propiedades óptimas para su buen desempeño. Estos resultados podrán ser empleados como guía en la estabilización de suelos que presenten las mismas características y problemas del suelo en estudio.

1.4.2 Justificación Metodológica

Ante la falta de estudios de investigación de materiales los cuales contienen concentración de sales, el estudio pretende contribuir a la utilización de estos materiales por su gran aporte, debido a la cohesión que se les otorga a materiales no plásticos, esto para la colocación de una carretera de afirmado.

Los instrumentos utilizados para la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado estabilizado mediante la mezcla de suelos, están descritas en las normas nacionales e internacionales.

1.5 Limitaciones de la Investigación

1.5.1 Delimitación Conceptual

La siguiente investigación está enmarcado al área de geotecnia y pavimentos referidos a la teoría de estabilización de suelos donde se tomará muestras de la Cantera de suelo salino km. 48+950 ubicado en la Ruta N° AY-115 y el Agregado de río del km. 01+000 ubicado en la ruta N° AR-504, esto para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado en el Tramo: Emp. AR-103 - Macacona.

1.5.2 Delimitación Espacial

El tramo de estudio para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado está ubicado en el Distrito de Jaqui, Provincia de Caraveli, Región Arequipa. El agregado de río se obtendrá de una cantera de la Provincia de Caraveli, tomando como referencia kilómetro de inicio el distrito

de Jaqui el km. 00+000, el cual coincide con el km. 29+000 del Corredor Vial Cora Cora, Y la cantera de suelo salino está ubicada en el Distrito de Sancos, Provincia de Lucanas, Región Ayacucho. Tomando como referencia kilometraje de inicio el Distrito de Yauca km. 00+000, esta cantera está ubicada dentro del tramo Piedras Blancas – Jaqui,

1.5.3 Delimitación Temporal

La investigación se realizó en los meses de abril, mayo, junio y julio del 2022.

II FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

2.1 Hipótesis

2.1.1 *Hipótesis General*

La mezcla de suelo salino y el agregado de río tienen un efecto positivo para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado en el Sector Macacona, Arequipa.

2.1.2 *Hipótesis Específicas*

- Las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río son óptimas en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.
- Las proporciones de mezcla de suelo salino con el agregado de río incrementa la capacidad de soporte del agregado de río.
- Las proporciones de mezcla de suelo salino con el agregado de río mejora la resistencia al esfuerzo cortante del agregado de río.

2.2 Variable

2.2.1 *Variable Independiente*

Mezcla de suelo salino y agregado de río (en diferentes proporciones planteadas).

2.2.2 *Variable Dependiente*

Estabilización de una carretera a nivel de afirmado (propiedades, capacidad de soporte y resistencia al esfuerzo cortante)

2.3 Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Mezcla de suelo salino y agregado de río	Consiste en combinar dos o más suelos con distintas propiedades físicas, mecánicas y químicas con el objetivo de mejorar las propiedades geotécnicas de una capa de suelo resultante de la combinación. (Rocha Yupanqui, 2019)	Las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los suelos, serán determinados con ensayos geotécnicos de granulometría, límites de plasticidad, Proctor modificado, CBT y corte directo realizados en laboratorio	DIMENSIÓN 1	Indicador 1	Razón o Proporción
			Proporciones	<ul style="list-style-type: none"> • 40% AR – 60% CSS • 50% AR – 50% CSS • 60% AR – 40% CSS 	
			DIMENSIÓN 2	Indicador 1	
			Propiedades físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis granulométrico (MTC E 107) • Límites líquido (MTC E 110) • Límite plástico (MTC E 111) 	
Estabilización de una carretera a nivel de afirmado	La estabilización en la construcción de pavimentos nuevos o rehabilitación de pavimentos existentes consiste en mejorar la densidad para obtener una compactación adecuada, así como incrementar la capacidad de soporte y la resistencia al esfuerzo cortante de la superficie compactada (Austroads, 2006).	Las dimensiones planteadas serán determinadas con ensayos geotécnicos realizados en laboratorio mediante su respectivo indicador los cuales son CBR y corte directo.	DIMENSIÓN 1	Indicador 1	Razón o Proporción
			Capacidad de soporte	<ul style="list-style-type: none"> • CBR (MTC E 132) 	
			DIMENSIÓN 2	Indicador 1	
			Resistencia al esfuerzo cortante	<ul style="list-style-type: none"> • Cohesión (NTP 339.171) • Ángulo de fricción (NTP 339.171) 	

III MARCO TEORICO

3.1 Antecedentes del Problema

3.1.1 A Nivel Nacional

(Aguilar Condori, 2018), realizó la tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez de Juliaca que tiene por título “Mejoramiento de las características físicas y mecánicas del suelo de la cantera Taparachi mezclados con Agregados procesados para la construcción de pavimentos en la ciudad de Juliaca” donde el objetivo principal fue encontrar una mezcla adecuada de ambas canteras y ver cómo influye y varía el CBR de la cantera Taparachi, mezclado con el suelo de la cantera Cabanillas. La metodología aplicada se basó en realizar una mezcla de ambos suelos considerando los porcentajes de mezcla 25%-75%, 50%-50% y 75%-25% de la cantera Taparachi y Cantera Cabanillas respectivamente. Las conclusiones fueron que la mezclas donde se dio un incremento del CBR de la cantera Taparachi fueron las mezclas 50%-50% y 25%-75% Cantera Cabanillas y Cantera Taparachi respectivamente, donde se obtuvieron valores de 80% y 93% respectivamente.

(Fernández Riva, 2018), realizó la tesis para optar el título profesional de Ingeniera Civil en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza de Amazonas que tiene por título “Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de cloruro de sodio (NaCl) para uso de vías terrestres. Estudio de casos: Suelos de Chachapoyas, 2016” donde el objetivo principal de la siguiente investigación fue determinar la cantidad óptima de cloruro de sodio para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso. La metodología aplicada se basó en realizar una dosificación de cloruro de sodio en los siguientes porcentajes 2%, 5%, 10%, 20%, 30% y 50% en peso del suelo arcilloso, ejecutando los ensayos con los procedimientos normados. Las conclusiones obtenidas fueron que para una muestra patrón con un límite líquido de 64.4% con

una adición de cloruro de sodio de 50% el límite líquido se redujo a 29.5%, el límite plástico aumento en un valor máximo de 28.2% con la adición de 5% de cloruro de sodio, disminución del índice plástico con un valor mínimo de 9.4% con la adición del 50% de cloruro de sodio, aumento de la máxima densidad seca así como la disminución del óptimo contenido de humedad con valores de 1.917 g/cm³ y 6.8% respectivamente.

(Luna Enriquez & Yzaguirre Caballero, 2019), realizaron la tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo el cual tiene por título “Estabilización de la red vial vecinal AN-873 – 0+000 AL 2+400 km con cloruro de sodio proveniente del agua de mar, Santa, Santa, Ancash - 2019” donde presentaron como objetivo determinar como el cloruro de sodio proveniente del agua de mar influye en la estabilización de la red vecinal AN-873. La metodología aplicada se basó en realizar la caracterización de una muestra patrón el cual se obtuvo los siguientes valores: Clasificación SUCS y AASHTO determino un suelo limo arenoso con denominación de regular a malo, un suelo no plástico con parámetros de la máxima densidad seca de 2.046 g/cm³, óptimo contenido de humedad de 12.10% y un CBR de 8.29%, a estos resultados se realizó 02 dosificaciones con cloruro de sodio proveniente del agua de mar con porcentajes de 5% y 7% del peso total de la muestra. Y las conclusiones obtenidas se detallan a continuación, con la adición del 7% del aditivo se obtuvo parámetros no satisfactorios en cuanto a su CBR, donde se obtuvo un valor de 7.55% valor por debajo de la muestra patrón y con la adición del 5% de cloruro de sodio hubo un incremento del CBR en un 93.73% de la muestra patrón, el valor obtenido fue de 16.06%.

(Quiroz Alcántara, 2020), realizó la tesis para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo que tiene por título “Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de tránsito desde el caserío Los Tubos hasta el caserío

Pozo Cuarentena, Distrito de Mórrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque” donde el objetivo principal de la siguiente tesis fue determinar como el cloruro de sodio influye en la estabilización de un suelo areno arcilloso. La metodología aplicada fue la caracterización del suelo areno arcilloso en su estado natural y con la adición del cloruro de sodio en porcentajes de 1, 1.5 y 2%, los ensayos realizados fueron los siguientes: granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg, contenido de humedad, contenido de sales, peso específico, Proctor modificado y California Bearing Ratio. Las conclusiones que se obtuvieron son las siguientes, con la adición del cloruro de sodio en 1%, 1.5% y 2% se vio los siguientes resultados: disminución leve del límite líquido, límite plástico y el Índice plástico en un 0.70%, 0.43% y 0.45% respectivamente, respecto al CBR existe un aumento leve de 0.35% en comparación a la muestra patrón.

(Mendez Cerna, 2021) realizó la tesis para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo que tiene por título “Estabilización de suelos arcillosos para el mejoramiento de la subrasante adicionado cloruro de sodio, tramo Primorpampa – Cascapara, Yungay, Ancash 2021” donde el objetivo principal de este estudio se basó en determinar como el cloruro de sodio influye en la estabilización de la subrasante del tramo de estudio. La metodología aplicada fue la caracterización del suelo arcilloso para conocer los parámetros que influyen en su capacidad de soporte relativo (CBR) y su plasticidad (Índice Plástico) para luego realizar una comparación de valores con la adición de cloruro de sodio en los porcentajes de 1.5%, 3% y 4.5%, los parámetros obtenidos de la muestra patrón fueron las siguientes: Índice plástico de 14% y un CBR de 5.8%. Las conclusiones fueron las siguientes, con la adición de 1.5%, 3.0% y 4.5% del aditivo se obtuvieron los siguientes valores, con respecto al Índice plástico se obtuvo valores de

12%. 11% y 12% y con CBRs de 6.3%, 6.5% y 6.0% respectivamente de los porcentajes de cloruro de sodio añadidos.

3.1.2 A Nivel Internacional

(Castillo Parra, 2017) realizó la tesis para optar por el grado de Master en Ingeniería en Vialidad y Transportes para la Universidad de Cuenca que tiene por título “Estabilización de suelos arcillosos de Macas con valores de CBR menor al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras” el objetivo principal de esta investigación fue la utilización de nuevas alternativas para mejorar las propiedades del suelo natural. La metodología que se empleó en este estudio se basó en la adición del aditivo al terreno natural el cual tenía las siguientes características, límite líquido superior al 100%, humedad natural mayor a 140%, CBR menor a 5%, las dosificaciones de cal viva usadas fueron en porcentajes de 10%, 20%, 30% y 40%. En los resultados obtenidos de la siguiente tesis se comprobó la reducción de la humedad natural de 3,12% por porcentaje de cal añadida, así como el incremento del CBR en 15.8% por porcentaje de cal añadida, estos valores obtenidos fueron para un porcentaje de 16% de cal viva.

(Caballero Chaves, 2017) realizó un estudio para optar por el grado de Master en Ingeniería - Geotecnia en la Universidad Nacional de Colombia el cual lleva por título “Estabilización química con silicato de sodio del material de préstamo de la vía La Primavera – Bonanza – La Venturosa en el Departamento del Vichada” donde como objetivo principal de esta investigación se exploró métodos de mejoramiento a bajo costos con suelos propios de la región, donde se evaluó la resistencia y durabilidad de suelos arcillosos de la región con la adición de silicato de sodio. En la metodología de este estudio se realizó la caracterización del material arcilloso color rojizo en 02 puntos donde se obtuvo los siguientes parámetros, límite líquido de 31% y 37%, índice plástico de 13% y 19%, ángulo de fricción de 16° y 21°, cohesión de 0.61 y 0.12 kg/cm², resistencia al

corte de 0.12 y 0.45 kg/cm², para esto se añadió 15%, 25% y 50% de silicato de sodio en el agua de compactación. En los resultados obtenidos se detalla el aumento del módulo de elasticidad de 595 1659kg/cm², con 50% de silicato de sodio, y con adiciones de 15% y 25% de silicato de sodio igual hubo aumento en la resistencia y rigidez del suelo con valores de 595kg/cm² a 924 y 1348 kg/cm² respectivamente.

(Morales & Pailacura, 2019) realizaron un artículo científico en la Universidad Católica del Norte el cual lleva por título “Estudio del Comportamiento de una carpeta de rodado estabilizada con Cloruro de Sodio” donde el principal objetivo fue mejorar las propiedades mecánicas como la capacidad de soporte CBR y la resistencia al esfuerzo cortante mediante la adición de cloruro de sodio. La metodología de este trabajo fue realizar primeramente ensayos al material como el Proctor modificado, CBR, Triaxial y absorción de humedad, esto para determinar la incidencia del CaCl₂ en las propiedades mecánicas del suelo. Los resultados obtenidos fueron con 1.5% de CaCl₂ incremento de la máxima densidad seca (2.33g/cm³) y reducción del óptimo contenido de humedad (5.2%), también se presentó un incremento del ángulo de fricción y cohesión para un 2% de CaCl₂ con un curado de 5 días, se obtuvo un $\phi = 40.7^\circ$ y una cohesión de 50 kPa, y para el ensayo de CBR con la adición de 1% de CaCl₂ se obtuvo un incremento del CBR de 109 a 151% al 95% de la Máxima Densidad seca.

(Gutierrez, Vargas, Marulanda, & Rolando, 2020) realizaron un trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Civil en la Universidad Cooperativa de Colombia de título “Estabilización de Afirmado con Ceniza proveniente de desechos de Cascarilla de Café para Aplicar en Suelos de Construcción de Vías” donde el principal objetivo de la investigación fue la utilización de cenizas provenientes de los desechos de la cascarilla del Café para aumentar la resistencia a la compresión y mejorar las propiedades físico mecánicas de la capa de afirmado. La

metodología aplicada fue caracterizar la muestra patrón con los ensayos de granulometría, Proctor modificado, CBR y desgaste de la máquina de los ángeles donde se obtuvieron una gradación del material A-38 Y A-25 según la norma Invias norma colombiana, un Proctor modificado con los parámetros de densidad seca máxima de 2.003 g/cm^3 y una óptima humedad de 9.6%, seguido de un CBR de 19% y un desgaste en la máquina de los ángeles de 26%, con estos valores se hizo 3 dosificaciones de la ceniza provenientes de los desechos de las cascarillas de café de 4%, 8% y 14%. Los resultados obtenidos en la siguiente tesis se dan solo en los ensayos de Proctor modificado y CBR, en los parámetros del Proctor modificado se vio un incremento de la densidad seca máxima y el óptimo contenido de humedad teniendo el valor más alto con la adición del 8% de la ceniza, respecto al CBR se vio una reducción del CBR en el 4% de adición de la ceniza donde se obtuvo un valor del 17%, el incremento más alto se dio con la adición del 14% de la ceniza donde se obtuvo un valor de 27%.

(Alarcón, Jiménez, & Benítez, 2020) realizaron un artículo científico para la Revista de Ingeniería de la Construcción que tiene por título “Estabilización de Suelos mediante el uso de lodos aceitoso” que como objetivo principal fue la utilización de lodos aceitosos para mejorar las propiedades mecánicas de material granular para afirmado. Como conclusión se obtuvo un porcentaje óptimo de lodo aceitoso de 6%, este porcentaje incrementa en un 40% el módulo resiliente del material tratado en comparación del material sin tratar, para una subrasante se recomienda un porcentaje de 4% de lodo aceitoso el cual incrementa en 37% el valor del CBR, también se obtuvo una reducción del límite plástico de 8% a 0%. Como se puede apreciar en los antecedentes descritos lo que se busca en una estabilización de suelos es mejorar sus propiedades como la resistencia, compresibilidad o durabilidad.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Suelos

Los suelos son partículas minerales que en el tiempo ha sufrido dos fenómenos para su existencia, la fragmentación mecánica y una alteración química como el feldespato del granito que se convierte en arcilla todo esto producto de rocas preexistentes. (Rico Rodriguez & Del Castillo, 2000).

En la geotecnia el suelo a diferencia de la roca sufre una modificación bien marcada cuando estos materiales están expuestos a la presencia de agua, de igual manera el suelo es considerado como soporte importante en las obras de infraestructura, ante esto se hace indispensable estudiar su comportamiento ante las modificaciones que son originadas por el hombre considerando las obras de infraestructura vial como las carreteras (Bañón & Beviá García, 2000).

3.2.2 Formación de depósitos naturales de suelos

Debe de ser de conocimiento que para el Ingeniero Civil los depósitos de suelos naturales son extraordinariamente variados. Por tal motivo un depósito natural de suelo no debe considerarse uniforme, para evitar situaciones desfavorables en un proyecto, el Ingeniero Civil debe conocer las características de los depósitos naturales (Diaz Rodriguez, 2019).

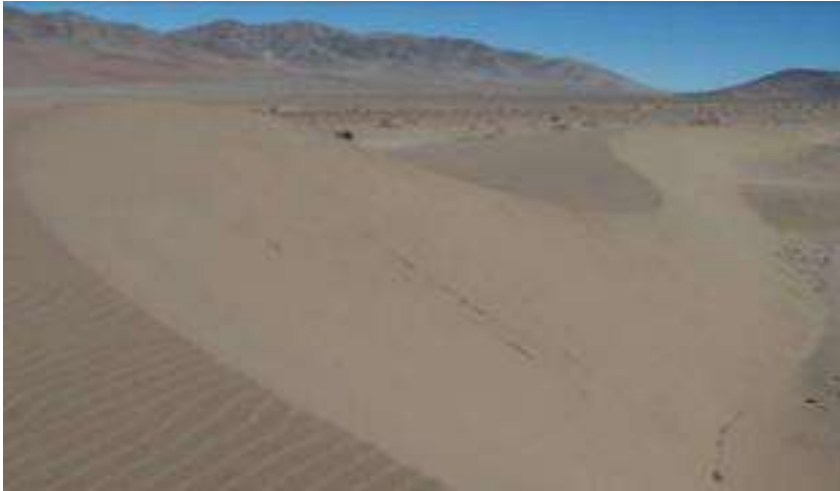
Las fuentes de depósitos naturales de materiales locales son la opción más viable, ya que esto influye en el bajo costo de construcción. En lo que respecta estos costos se incluyen los componentes en el siguiente orden; la compra del material, levantamiento del depósito de material, el procesamiento de materiales mediante ensayos de laboratorio, el transporte del material y por último la colocación del material en el frente de trabajo, donde todos estos componentes determinaran la calidad de la construcción requerida (Austroads, 2009).

3.2.2.1 Depósitos de suelos eólicos

Depósitos de suelos que son producto del arrastre producido por el viento, estos suelos desplazados generalmente adoptan la forma de dunas (ver Figura 1) (Diaz Rodriguez, 2019).

Figura 1

Dunas formadas por el arrastre que origina los vientos.



Fuente: Fuente propia

3.2.2.2 Depósitos por gravedad

También conocidos como coluvión, son depositados generados por desprendimiento, desde diminutos fragmentos como arenas y limos hasta grandes masas de rocas, suelos que han sido acarreados por acción de la gravedad a laderas más estables tal como se detalla en la (ver Figura 2) (Diaz Rodriguez, 2019).

Figura 2

Vista satelital deposito por gravedad Distrito de Sancos – Ayacucho



Fuente: Google earth

3.2.2.3 Depósitos aluviales

Los depósitos aluviales suelen ubicarse en quebradas y superficies topográficas más amplias, a diferencia de los depósitos coluviales el espesor de los estratos es mayores, estos suelos nacen por la acción de ríos y arroyos (ver Figura 3) (Das, 2015).

Figura 3

Vista satelital de un depósito aluvial Distrito de Jaqui – Arequipa.



Fuente: Google earth

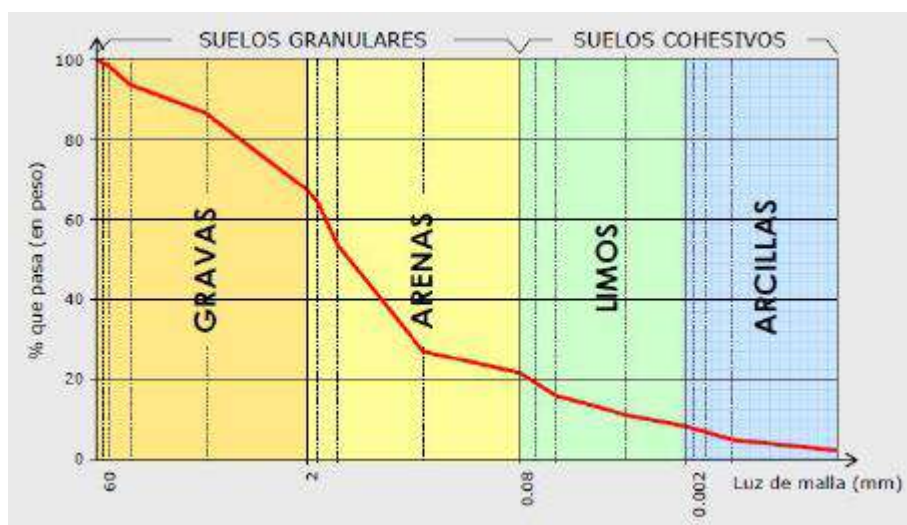
3.2.3 Tipos de suelos

Existen distintas formas de clasificar el suelo que a futuro se establecerán otras maneras de clasificar, pero en una primera aproximación los suelos son clasificados por la naturaleza de la roca madre y tamaño de las partículas que lo componen (Bañón & Beviá García, 2000).

El tamaño de partículas que componen un suelo será determinado por su granulometría definida en un intervalo de medidas (ver Figura 4). Divididos en suelos granulares, suelos cohesivos donde están incluidos los limos y arcillas y los suelos orgánicos.

Figura 4

Curva granulométrica de un suelo



Fuente: (Bañón & Beviá García, 2000)

3.2.3.1 Suelos granulares

Este tipo de suelos donde las partículas de agregado son no cohesivas, se caracterizan por poseer una buena capacidad portante y tener una permeabilidad elevada, esta característica origina la evacuación rápida del agua originada por las cargas externas, el cual dependerá del tamaño de las partículas del agregado (Bañón & Beviá García, 2000).

Se diferencian en dos grupos: uno conformado por gravas y el otro por las arenas que viene dada por la fracción del material pasante de 2mm, este tamaño descrito se determina con el ensayo de análisis granulométrico (Bañón & Beviá García, 2000).

3.2.3.2 Suelos finos o cohesivos

Suelo donde como característica importante es la cohesión, el tamaño de sus partículas es inferior a 0.08mm. La cohesión es el parámetro importante el cual incrementa la resistencia al corte o de cizalla en la estabilidad de taludes (Bañón & Beviá García, 2000).

De igual manera de diferencian en dos grupos de los cuales se consideran a los limos que son partículas con un tamaño comprendido de 0.02 a 0.002mm, producidos por la desintegración de rocas (origen físico), y el otro grupo donde se considera las arcillas compuestas por partículas de agregado microscópicas las cuales son procedentes de la meteorización química de las rocas (Bañón & Beviá García, 2000).

3.2.3.3 Suelos orgánicos

Suelos formados por la descomposición de restos de materia orgánica de origen animal y vegetal, que por sus características son suelos altamente compresibles y de baja capacidad portante (Bañón & Beviá García, 2000).

3.2.3.4 Suelos Salinos

Como primer requisito que se necesita para la formación de suelo es la presencia de sales de sodio en el suelo de material original, este tipo de suelos se da en las cuencas donde las aguas subterráneas están próximas a la superficie, los suelos afectados por sales son aquellos que contienen una elevada concentración de sales solubles (suelos salinos) y/o sodio intercambiable en las arcillas (suelos alcalinos o sódicos) (Gilbert Wooding, 1960, pág. 355).

3.2.4 *Tamaño de las Partículas del Suelo*

En la superficie existe una gran variedad de suelos independientemente de su origen ya mencionado con anterioridad, en geotecnia los suelos son llamados gravas, arenas, limos y arcillas el cual se determina mediante ensayos realizados, existen normas internacionales que lo clasifican según su tamaño, en la Tabla 1, se muestra la siguiente clasificación según el tamaño de partículas (Das, 2015). En la siguiente Tabla se muestra la clasificación según la norma AASHTO y la norma SUCS que son las de mayor aplicación en geotecnia.

Tabla 1

Límite de Separación según el Tamaño del Suelo

Nombre de la organización	Tamaño en grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO)	76.2 a 2 (3" a N°10)	2 a 0.075 (N°10 a N °200)	0.075 a 0.002	<0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de E.U., Oficina de Reclamación de E.U., Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)	76.2 a 4.75 (3" a N°4)	4.75 a 0.075 (N°4 a N °200)	Finos (p.ej., limos y arcillas) 0.075	

Fuente: (Das, 2015)

3.2.5 *Afirmado*

(MTC, 2014), en el capítulo XI define al afirmado como carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito para un factor de ejes equivalentes menor a 300,000 EE, el cual está constituida con un revestimiento de una capa granular en la capa superior, este tipo de carreteras se clasifican en; carreteras de tierra el cual está conformada por terreno natural mejorado con grava y material fino, carreteras gravosas constituida por un revestimiento de material gravoso natural sin procesar de tamaño máximo de 3", carreteras de afirmado constituido con materiales

preparados mediante zarandeo, y con una dosificación adecuada con un tamaño máximo de 2", y carreteras con un capa de rodadura tratadas con productos industriales como emulsión asfáltica, cloruros, cemento cal y otros productos.

Estructura de pavimento que por lo general está ubicado por debajo de la capa de subbase. Por lo general es utilizado en proyectos de vías rurales, la cual tiene como función principal ayudar a la nivelación y conformación de la plataforma de la estructura de un pavimento en lugares donde la subrasante no tiene un perfil longitudinal y transversal, así como un alineamiento definido (Reyes Lizcano & Rondón Quintana, 2015)

El afirmado consiste en una capa de rodadura compactada con material natural o procesado, los cuales son debidamente aprobados, con o sin la adición de un estabilizador de suelo, que se coloca sobre una superficie preparada (MTC, 2013).

Capa de rodadura realizada con materiales resistentes al desgaste, de baja permeabilidad los cuales dan como resultado una superficie uniforme, hermética y relativamente impermeable (Austroads, 2009).

Nota: Cabe indicar que Austroads que es la principal organización de agencias de tráfico y transporte por carretera en Australia el cual en la "Guía de tecnología de Pavimentos Parte 6: Pavimentos sin sellar", hace referencia a los pavimentos que no llevan un recubrimiento bituminoso para su protección, también llamado capa de rodadura o capa de revestimiento, que en la norma peruana se considera al afirmado.

3.2.6 Propiedades básicas de una carretera de afirmado

Las propiedades que afectan el comportamiento se verán afectados por su gradación, así como el material grueso y material fino que contienen el agregado. Estas propiedades los cuales afectan el comportamiento se detallan a continuación (Austroads, 2009).

3.2.6.1 Estabilidad

Propiedad encargada de resistir las deformaciones laterales y verticales, la resistencia es una propiedad importante y primordial porque es el encargado de soportar las tensiones impuestas. La resistencia al corte y la capacidad de soporte vienen dados por el buen enclavamiento y cohesión de partículas del agregado grueso y la cohesión que otorga la fracción fina, estos medidos por el ensayo de CBR (Austroads, 2009).

Estas propiedades se miden con el ensayo de CBR y el ensayo corte directo.

3.2.6.2 Resistencia al desgaste

La compactación es el procedimiento encargado de obtener una superficie con una cementación dura capaz de resistir los agentes abrasivos que son producidos por el tráfico, una buena compactación evita la pérdida de finos de la superficie compactada, por lo tanto, reduce la exposición del material grueso tal como se muestra en la Figura 5 (Austroads, 2009).

Figura 5

Material suelto y grava expuesta



Fuente: (Austroads, 2009)

3.2.6.3 Impermeabilidad

Propiedad encargada de evitar el paso del agua a la superficie compactada, evitando la pérdida de resistencia y estabilidad (Austroads, 2009).

Esta propiedad está relacionada con la disminución de vacíos, que se logra con el incremento de la densidad del material compactado.

3.2.6.4 Trabajabilidad y compactación

La trabajabilidad propiedad relacionada para obtener una compactación adecuada en una densidad deseada considerando una humedad optima de compactación, esto asegura que la superficie compactada sea cerrada para evitar el paso del agua a su interior, así como una superficie uniforme para evitar las áreas segregadas en la superficie compactada el cual origina el desgaste prematuro de la superficie (Austroads, 2009).

3.2.7 Especificaciones requeridas

Las principales especificaciones para carreteras sin asfaltar, las cuales aseguran la calidad y durabilidad del pavimento colocado se basan en tres propiedades intrínsecas (Austroads, 2009).

3.2.7.1 Dureza del agregado

Dureza del agregado para soportar la ruptura del agregado producida por la compactación en el proceso constructivo y el tráfico de la vida útil del pavimento (Austroads, 2009).

3.2.7.2 Plasticidad

Esta propiedad es la encargada de otorgar la fuerza cohesiva del material para evitar el desgaste de la superficie de rodadura cuando el agregado se encuentre seco (Austroads, 2009).

3.2.7.3 Distribución del tamaño de partículas

Relacionada con el entrelazamiento de partículas para obtener una densidad máxima de compactación, como reducir la permeabilidad de la superficie compactada (Austroads, 2009).

3.2.8 Estabilización de Suelos

3.2.8.1 Definición

La estabilización de suelos definida por (Vivar, 1995) es “como un medio de consolidación permanente de los materiales de subrasante, subbase y base, incrementando de manera notoria su resistencia y capacidad de carga y decreciendo su sensibilidad al agua y a los cambios volumétricos” (p.84). MTC (2014b) lo define como “el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. (p.62)”. De los conceptos mencionados la estabilización de suelos tiene como única finalidad mejorar las propiedades de los suelos para aminorar los costos de producción como también el costo de traslado del agregado o material granular, y así darle viabilidad a las canteras locales y posterior uso de los materiales que se disponga en la zona de trabajo.

3.2.9 Estabilización granular

(Austroads, 2006) Define la estabilización granular como un “proceso mediante el cual se alteran las propiedades intrínsecas de los materiales de pavimento o de movimiento de tierras mediante la adición de un aglutinante de estabilización o material granular para cumplir con las expectativas de rendimiento en su entorno operativo, geológico y climático”, la estabilización granular está ligada a la estabilización de suelos sin asfaltar, donde se busca mejorar las características de desgaste de la capa de rodadura.

3.2.10 Estabilización granular mediante la mezcla de suelos

La mezcla granular o mecánica busca la mejora de un material mediante la mezcla de con uno o más materiales. La estabilización granular otorga un medio directo de alterar la distribución de partículas, así como cambios en la plasticidad (Austroads, 2006).

La estabilización granular puede involucrar lo siguiente:

- Mezcla de materiales de distintas zonas de un depósito de la fuente de suministro.
- Mezcla de material de préstamo seleccionado con materiales in situ.
- Mezclar dos o más gravas, suelos y / o productos de cantera naturales seleccionados e importados en el sitio o en una planta mezcladora.
- Mezcla de materiales reciclados con los pavimentos existentes.

3.2.11 Materiales

La existencia de materiales deficientes y de mala calidad, son los que se hace necesario la estabilización granular, esto para poder utilizarlos como material de base, subbase granular y capas de rodadura. Este tipo de materiales son los siguientes: (Austroads, 2006).

- Productos con deficiencia en los parámetros requeridos.
- Agregados con una gradación deficiente (agregados de río)
- Arenas depositadas en ríos o dunas.
- Arenas limosas, arcillas arenosas como las arcillas limosas.
- Materiales desechos de cantera
- Materiales granulares de una plasticidad alta

3.2.11.1 Criterios de diseño para establecer la estabilización granular

(Austroads, 2006) Determina la finalidad para establecer la estabilización de suelos en la construcción de pavimento nuevos o rehabilitación de pavimentos ya existentes los cuales son:

1. Corregir la gradación deficiente del agregado y su plasticidad para materiales granulares no ligados.
2. Mejorar la resistencia a la compresión no confinada.
3. Aumentar la capacidad de carga de un material el cual se calcula con el ensayo de CBR.

4. Disminuir la permeabilidad y la susceptibilidad a la humedad, los cuales afectan la resistencia del material.
5. Mejorar las características de los pavimentos que no llevan una capa bituminosa en la capa superior.
6. Mejorar la capacidad de carga de la capa de subrasantes diseñadas para un tráfico proyectado.

3.2.11.2 Diseño de mezcla

(Austroads, 2006) Determina los pasos para el diseño de mezcla del material existente con uno o más materiales para cumplir los parámetros requeridos los cuales se detalla a continuación:

1. Primeramente, se identifica los materiales adecuados para la estabilización granular, posterior a eso se realizará la caracterización de cada material por separado haciendo una evaluación del cumplimiento de los parámetros requeridos.
2. Selección una mezcla de materiales hasta encontrar una mezcla que cumpla los parámetros requeridos de diseño, como la plasticidad y una buena gradación de partículas.
3. Una vez mejorado estas propiedades adicionales a esto es necesario demostrar la resistencia mediante el CBR y el ensayo de corte directo.

IV METODOLOGÍA

4.1 Metodología de la Investigación

La metodología será el hipotético deductivo, según (Behar Rivero, 2008, pág. 40), esta metodología busca la verdad o falsedad de las hipótesis planteadas mediante un enfoque establecido.

Para determinar la verdad y falsedad de las hipótesis planteadas se hará uso de los ensayos de laboratorio, con los cuales se buscará el cumplimiento de los parámetros establecidos en la norma peruana referida a una carretera de afirmado.

Por tal razón se usará el método hipotético – deductivo que establece una manipulación de variables en un entorno controlado que permita trabajar bajo un método científico a través del análisis de los indicadores planteados.

4.2 Tipo de Investigación

La investigación será aplicada, según (Carrasco Díaz, 2005, pág. 43) lo diferencia por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, esto significa modificar o transformar un sector de la realidad existente.

La presente investigación busca solucionar la problemática referida a la falta de canteras de materiales adecuados para la colocación de un material de afirmado en el tramo de estudio, para esto se aplicará la metodología referida a la estabilización de suelos con la mezcla de dos suelos.

La investigación será de tipo Aplicada.

4.3 Nivel de Investigación

De acuerdo con (Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014, pág. 105). El tipo de nivel de investigación explica el grado de asociación entre dos o más variables, es decir se mide cada variable relacionada.

El desarrollo de la investigación está orientado a evaluar y/o analizar la relación que existe entre la variable independiente “Mezcla de suelo salino con agregado de río” y la variable dependiente “Estabilización de una carretera a nivel de afirmado”. Para esto se buscará correlacionar las proporciones planteadas, con las dimensiones de la variable dependiente como son la densidad, la capacidad de soporte y la resistencia al esfuerzo cortante.

La investigación es de nivel Correlacional.

4.4 Diseño de la Investigación

De acuerdo con (Bernal, 2010, pág. 145) los diseños preexperimentales se denominan así porque a menudo ocurren antes de que se lleve a cabo un verdadero experimento. A menudo, los investigadores quieren ver si sus intervenciones tendrán efecto en un pequeño grupo de muestras antes de buscar dedicar tiempo a realizar un experimento real. Un diseño preexperimental, es un diseño donde no se realiza una asignación aleatoria de los sujetos al experimento, tampoco hay un grupo de control, en este diseño el investigador no ejerce ningún tipo de control sobre las variables extrañas o intervinientes.

El diseño se basó en tomar muestras de la cantera de suelo salino y muestras del agregado de río para realizar un análisis de sus propiedades físicas y mecánicas para luego plantear las mezclas de solución en distintas proporciones; se realizó el experimento, luego, se realizó los

ensayos de las mezclas para verificar las propiedades físicas y mecánicas de la variable dependiente.

$$G \text{ ————— } X \text{ ————— } O1$$

Dónde:

G = Grupo u objeto de estudio (propiedades físicas y mecánicas de la cantera de suelo salino y el agregado de río)

X = Tratamiento o variable independiente (Mezclas de la cantera de suelo salino y agregado de río)

O1 = Medición de la variable dependiente (Propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado estabilizado)

4.5 Población y Muestra

4.5.1 Población

Según (Bernal Torres, 2010) define a la población como "el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones".

La población para el siguiente trabajo es una carretera a nivel de afirmado la cual se encuentra ubicada en el Distrito de Jaqui, Provincia de Caraveli, Región Arequipa. En la figura 6 se adjunta el mapa vial de la carretera de estudio.

Figura 6

Mapa Vial de la carretera de Jaqui, Arequipa.



Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles Dirección de Caminos

4.5.2 Muestra

Según (Baena Paz, 2014), lo define "La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Digamos que es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población".

La muestra para el siguiente trabajo es el tramo de Emp. AR-103 a Macacona para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado la cual se encuentra ubicada en el Distrito de Jaqui, Provincia de Caraveli, Región Arequipa. En la figura 7 se adjunta el mapa vial del tramo de estudio.

Figura 7

Mapa Vial del tramo de estudio.



Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles Dirección de Caminos

Y de este tramo en estudio se extraen las cantidades de material requeridas para hacer los ensayos descritos en la Tabla 2, Tabla 3 y la Tabla 4, tomando en cuenta el Manual de Ensayos de Materiales del MTC, la norma ASTM, y la Norma Técnica peruana.

Tabla 2

Cantidad de material de la cantera de suelo salino para realizar los ensayos

Ensayo	Norma	Cantidad de muestra representativa (g)	Especificaciones de la cantidad de muestra
Análisis granulométrico	ASTM D 422	15 000	Material pasante el Tamiz 1 ½"
Límites Líquido	ASTM D 4318	600	Material pasante el Tamiz N°40
Limite plástico	ASTM D 4318	100	Material pasante el Tamiz N°40
Abrasión	ASTM C 131	15 000	Material comprendido Tamices 3/8" - 1 ½"
Proctor modificado	ASTM D 1557	72 000	Material pasante el Tamiz ¾"
CBR	ASTM D 1883	54 000	Material pasante el Tamiz ¾"
Sales solubles	NTP 339.152	300	Material pasante el Tamiz N°10
Corte directo	MTC E 123	1 800	Material pasante el Tamiz N°4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3*Cantidad de material del agregado de río para realizar los ensayos*

Ensayo	Norma	Cantidad de muestra representativa (g)	Especificaciones de la cantidad de muestra
Análisis granulométrico	ASTM D 422	15 000	Material pasante el Tamiz 1 ½"
Límites Líquido	ASTM D 4318	600	Material pasante el Tamiz N°40
Limite plástico	ASTM D 4318	100	Material pasante el Tamiz N°40
Abrasión	ASTM C 131	15 000	Material comprendido Tamices 3/8" - 1 ½"
Proctor modificado	ASTM D 1557	72 000	Material pasante el Tamiz ¾"
CBR	ASTM D 1883	54 000	Material pasante el Tamiz ¾"
Sales solubles	NTP 339.152	300	Material pasante el Tamiz N°10
Corte directo	MTC E 123	1 800	Material pasante el Tamiz N°4

Fuente: Elaboración propia**Tabla 4***Cantidad de material para las 03 mezclas planteadas*

Ensayo	Norma	Cantidad de muestra representativa (g)	Especificaciones de la cantidad de muestra
Análisis granulométrico	ASTM D 422	45 000	Material pasante el Tamiz 1 ½"
Límites Líquido	ASTM D 4318	1 800	Material pasante el Tamiz N°40
Limite plástico	ASTM D 4318	300	Material pasante el Tamiz N°40
Abrasión	ASTM C 131	45 000	Material comprendido Tamices 3/8" - 1 ½"
Proctor modificado	ASTM D 1557	216 000	Material pasante el Tamiz ¾"
CBR	ASTM D 1883	162 000	Material pasante el Tamiz ¾"
Sales solubles	NTP 339.152	900	Material pasante el Tamiz N°10
Corte directo	MTC E 123	5 400	Material pasante el Tamiz N°4

Fuente: Elaboración propia

4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1 Técnica de Recolección de Datos

De acuerdo con (Gomez Bastar, 2012), describe a la observación como la mejor técnica en proyectos de ingeniería, para la recopilación de datos se hizo uso de formatos impresos para cada ensayo de laboratorio.

4.6.2 Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de datos se utilizó los formatos, instrumentos de registro de mayor uso para la obtención de datos obtenidos en laboratorio, y para la validación de esos datos se hizo uso de normas nacionales e internacionales.

4.7 Tratamientos Estadísticos

Para el tratamiento estadístico se usará el programa de Microsoft Office el Excel, esto para validar los resultados obtenidos a los parámetros requeridos de la EG-2013.

4.8 Procedimientos de recolección de datos

El procedimiento utilizado para la recolección de datos consta de las siguientes etapas:

Etapa preliminar: primeramente, se hizo el muestreo respectivo del material, así como lo detalla la (MTC, 2014).

Después de hacer el muestreo respectivo de cada material, se hizo un análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales del agregado de río, así como de la cantera de suelo salino:

Para esto se hizo uso de las normas nacionales e internacionales como la norma ASTM, AASHTO, NTP y la MTC.

En los siguientes ítems se presentan los procedimientos realizados en la investigación.

Para dar inicio el procedimiento del desarrollo experimental se realizó los siguientes pasos los cuales están detallados en el Manual de Carreteras Suelos Geología y Geotecnia y Pavimentos.

El tipo y la naturaleza de los agregados requeridos. Volumen necesario de material para su respectivo uso y la disponibilidad del material para su explotación.

4.8.1 Estudio de cantera de suelos

Realizar un estudio de canteras es de suma importancia, lo que traerá consigo un buen diseño de la estructura de pavimento deseado, para esto es necesario la realización de ensayos de laboratorio para la caracterización del material requerido (MTC, 2014).

4.8.2 Ubicación de las canteras de estudio

4.8.2.1 Agregado de río

El agregado de río está ubicado en la Red Vial Vecinal Ruta N°AR-504 en el km. 01+000 Distrito de Jaqui, Provincia de Caraveli, Región Arequipa. Tomando como referencia kilómetro de inicio el Distrito de Jaqui km. 00+000, el cual coincide con el km. 29+000 del Corredor Vial Cora Cora, (Ver Figura 8 y Figura 9).

Figura 8

Cantera de material del Agregado de río km. 01+000



Fuente. Elaboración propia

Figura 9

Muestreo del agregado de río km. 01+000



Fuente. Elaboración propia

4.8.2.2 Cantera de suelo salino

La cantera de suelo salino está ubicada en la Red Vial Departamental Ruta AY-115 en el km. 48+950 Distrito de Sancos, Provincia de Lucanas, Región Ayacucho. Tomando como referencia kilometraje de inicio el Distrito de Yauca km. 00+000, esta cantera está ubicada dentro del tramo Piedras Blancas – Jaqui, tramo que estaba a cargo de la Conservación Vial por la empresa CONCAR S.A., (Ver Figura 10 y Figura 11).

Figura 10

Cantera de suelo salino km. 48+950



Fuente. Elaboración propia

Figura 11

Muestreo de material de la cantera de suelo salino km. 48+950



Fuente. Elaboración propia

En la Figura 12, se detalla el tramo de estudio como la ubicación de la cantera de suelo salino y la ubicación del agregado de río.

Figura 12

Tramo de estudio



Fuente: Google earth

4.8.3 Muestreo

Para el muestreo de canteras se utilizó una camioneta con capacidad de 1.0 tonelada para el traslado de muestras las cuales son representativas, en total se hicieron 05 calicatas por depósito de material, en total se extrajeron 1000 kg de material (500 kg de material de la cantera de suelo salino y 500 kg de material del agregado de río).

4.8.4 Caracterización de la cantera de suelo salino y el agregado de río

Para la estabilización de suelos es muy importante conocer las propiedades físicas, mecánicas y químicas de los suelos a estabilizar. La caracterización nos ayuda a conocer y a la vez analizar para poder determinar el tipo de estabilización requerida el cual mejore las propiedades de un suelo estabilizado.

Realizado la caracterización de los materiales para la estabilización a nivel de afirmado, esto ayudo a determinar las proporciones del material final.

4.8.4.1 Análisis mecánico o granulométrico de suelos

La importancia del análisis mecánico o granulométrico de suelos es determinar el tamaño de las partículas del suelo en proporciones respecto a su peso total, para realizar este ensayo se usa tamices estandarizados de mayor a menor tamaño, la forma como se representa la granulometría es mediante un gráfico semilogarítmico, donde la ordenada está representada por los porcentajes que pasa y la abscisa se coloca la obertura de los tamices (Bowles, 1981).

La buena gradación de un material obtenido con el ensayo del análisis granulométrico asegura el cumplimiento de un huso granulométrico deseado para los distintos tipos de pavimentos, esta buena gradación incrementa la densidad obtenida mediante la compactación de la capa colocada, esto por la disminución de vacíos, por consiguiente, exista una mejora en la resistencia mecánica del material colocado.

Para iniciar el ensayo de análisis granulométrico primeramente se realizó la obtención de una muestra representativa mediante el método del cuarteo el cual el procedimiento esta descrito en la Norma MTC E 105 (Obtención en laboratorio de muestras representativas), así como se detalla en la Figura 13.

Para realizar el ensayo se utilizó el procedimiento descrito en la norma MTC E 107 (Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado), y la norma ASTM D 422 (Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils), el cual detalla la utilización de 02 balanzas con precisión de 0.01g para las partículas que pasan el tamiz N°04 y otra balanza con sensibilidad de 0.1% del peso de la muestra para las partículas del material que son retenidos en el tamiz N°04, equipos para el secado de partículas donde se consideró un horno y por ultimo un juego de tamices con aberturas cuadradas según la gradación requerida para una carretera de afirmado.

En la Figura 13 se muestra el cuarteo de las muestras representativas tanto de la cantera de suelo salino como la del agregado de río.

Figura 13

Cuarteo del agregado de río y la cantera de suelo salino.



Fuente: Elaboración propia

Figura 14

Ensayo de análisis granulométrico de la cantera de suelo salino.



Fuente: Elaboración propia

Figura 15

Ensayo de análisis granulométrico del agregado de río.



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14 y Figura 15, se aprecia los tamices con las muestras respectivas de cada suelo para la realización de los ensayos del análisis granulométrico de la cantera de suelo salino y del agregado de río.

El ensayo consiste en la obtención de una curva granulométrica del material ensayado (Ver Figura 15, 16 y 17), que encaje dentro de un huso granulométrico requerido por la norma (Ver Tabla 5 y 6), que asegure la buena gradación del material ensayado.

La curva granulométrica del material ensayado es obtenida con los porcentajes pasantes acumulados, obtenidos de los pesos totales retenidos en cada tamiz especificado por la norma.

En la Tabla 5 se observa los porcentajes del material pasante acumulado de las 03 muestras del material del agregado de río, la muestra 01 (M-1), muestra 02 (M-2) y muestra 03 (M-3), donde los tamices de 1", N°04, N°10 y el Tamiz N°200 no cumplen con el rango del huso granulométrico especificado para un material de afirmado (Ver Figura 16, Figura 17 y Figura 18).

Tabla 5

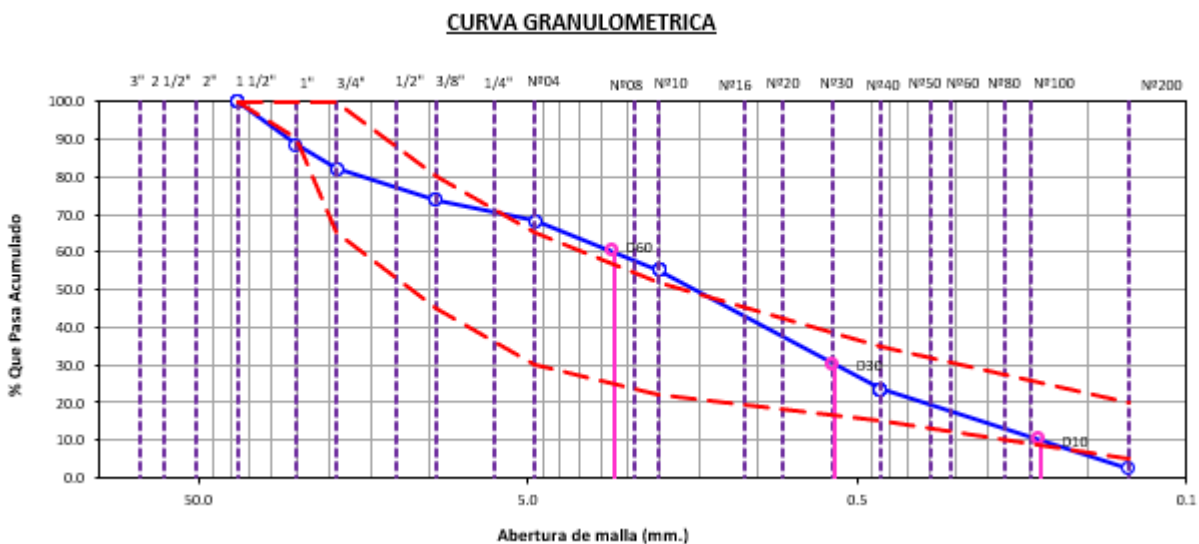
Análisis granulométrico Agregado de río km. 01+000

Tamiz	% pasante			Huso Granulométrico
	M-1	M-2	M-3	
50 mm (2")	100	100	100	100
37,5 mm (1 1/2")	100	100	100	100
25 mm (1")	88.4	88.3	88.5	90-100
19 mm (3/4")	82.1	83.0	82.6	65-100
9,5 mm (3/8")	73.8	73.1	73.7	45-80
4,75 mm (N°04)	68.4	68.2	68.9	30-65
2,00 mm (N°10)	55.2	55.7	55.1	22-52
425 um (N°40)	23.5	23.3	22.7	15-35
75 um (N°200)	2.6	2.5	2.5	5-20

Fuente: Elaboración propia

Figura 16

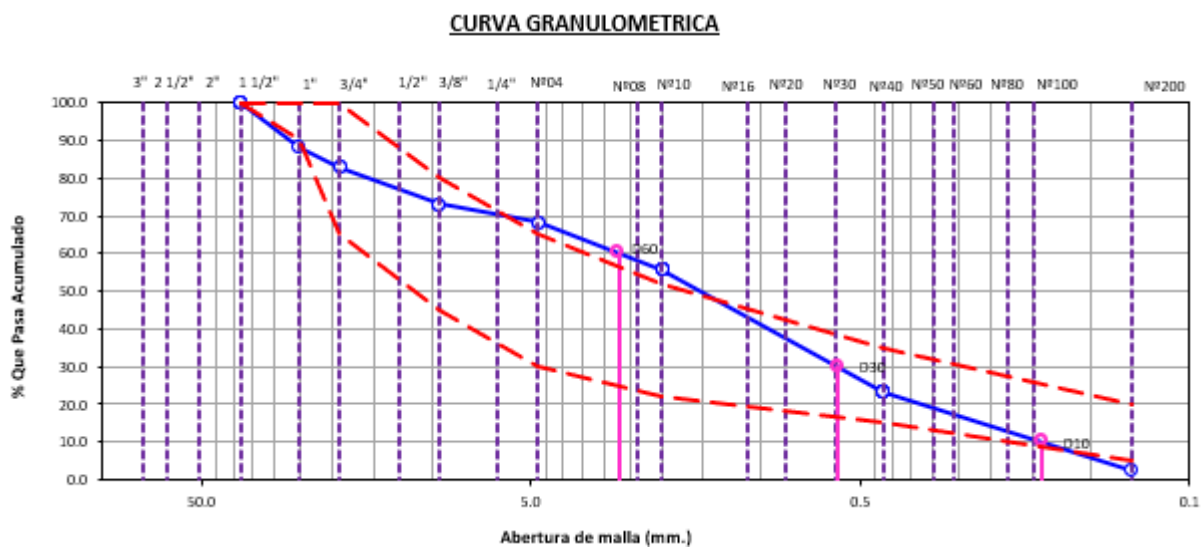
Curva granulométrica agregado de río km. 01+000 – Muestra 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 17

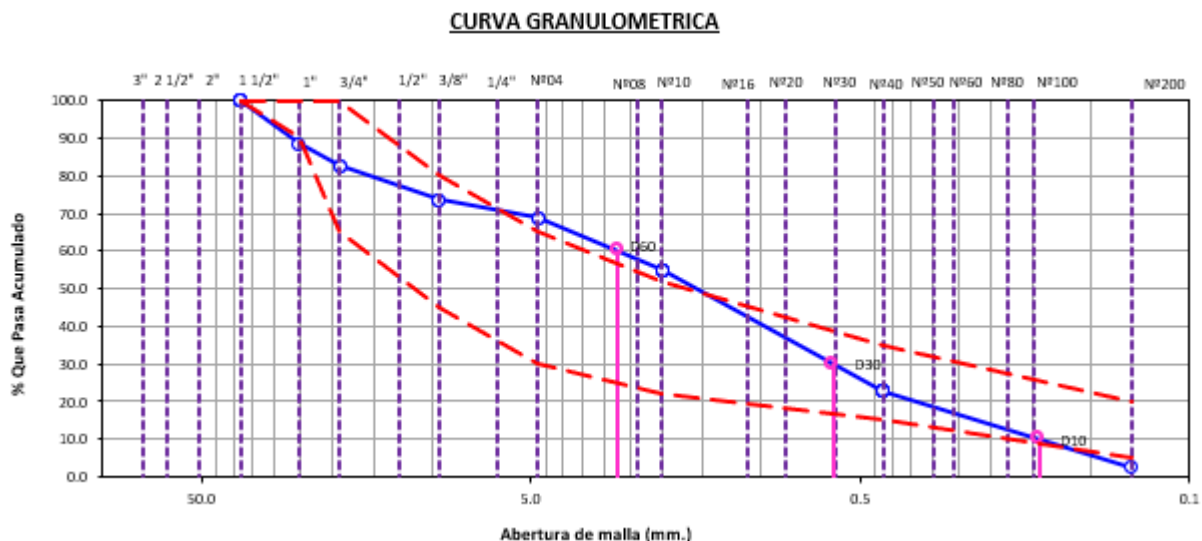
Curva granulométrica agregado de río km. 01+000 – Muestra 02



Fuente: Elaboración propia

Figura 18

Curva granulométrica agregado de río km. 01+000 – Muestra 03



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 6 se observa los porcentajes del material pasante acumulado de las 03 muestras del material de la cantera de suelo salino, M-1, M-2 y M-3, donde cumplen con el huso granulométrico especificado para un material de afirmado (Ver Figura 19, Figura 20 y Figura 21).

Tabla 6

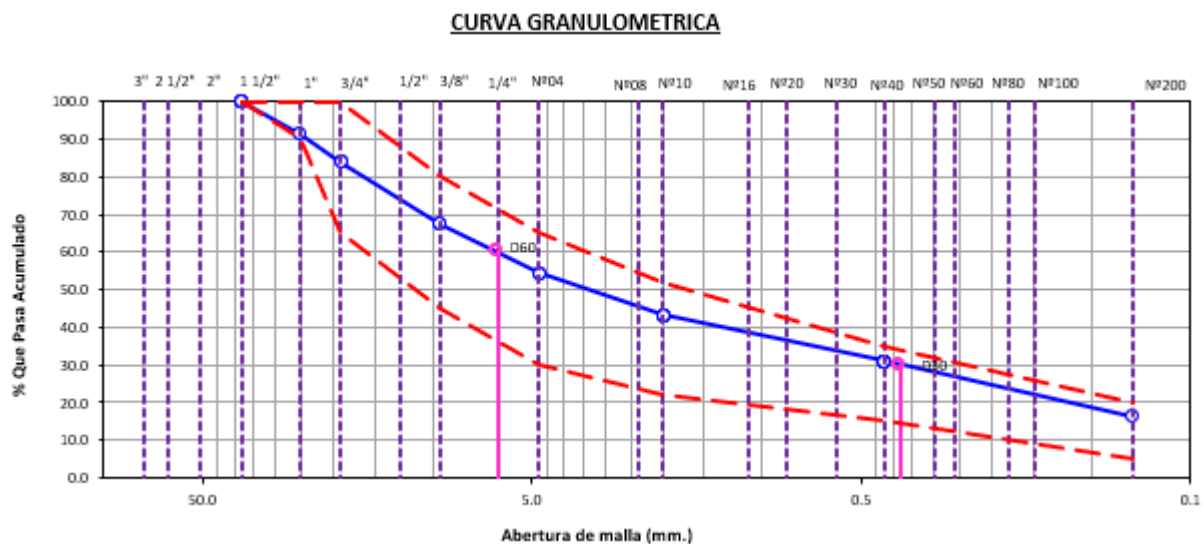
Análisis granulométrico Cantera de suelo salino km. 48+950

Tamiz	% pasante			Huso Granulométrico
	M-1	M-2	M-3	
50 mm (2")	100	100	100	100
37,5 mm (1 1/2")	100	100	100	100
25 mm (1")	91.5	92.2	92.2	90-100
19 mm (3/4")	83.9	84.1	83.9	65-100
9,5 mm (3/8")	67.6	68.2	67.4	45-80
4,75 mm (N°04)	54.6	55.1	54.0	30-65
2,00 mm (N°10)	43.3	43.1	42.2	22-52
425 um (N°40)	30.9	30.3	30.4	15-35
75 um (N°200)	16.4	16.5	16.3	5-20

Fuente: Elaboración propia

Figura 19

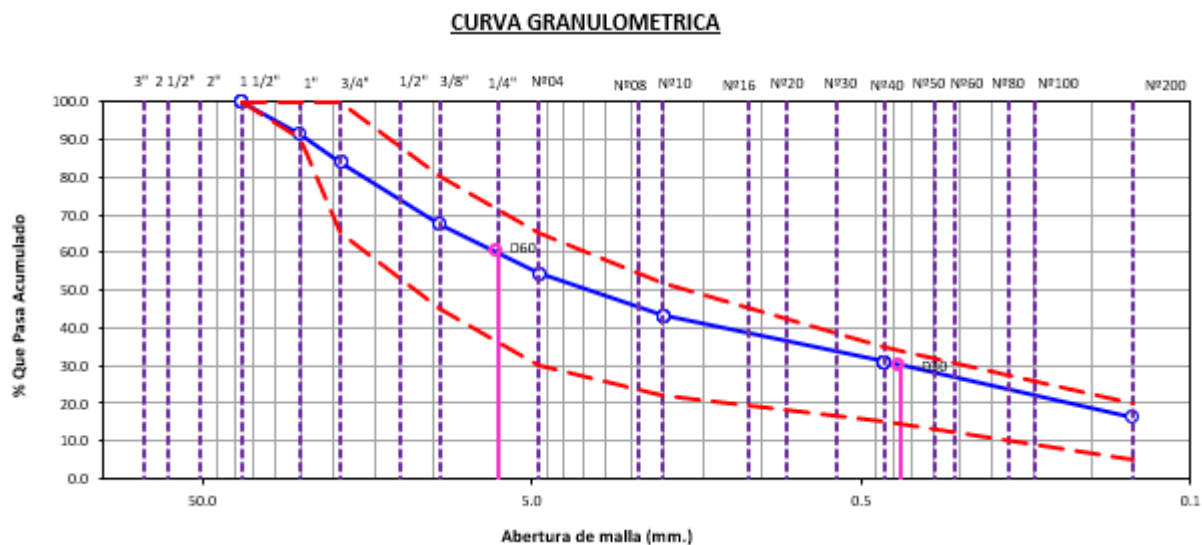
Curva granulométrica Cantera km. 48+950 – Muestra 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 20

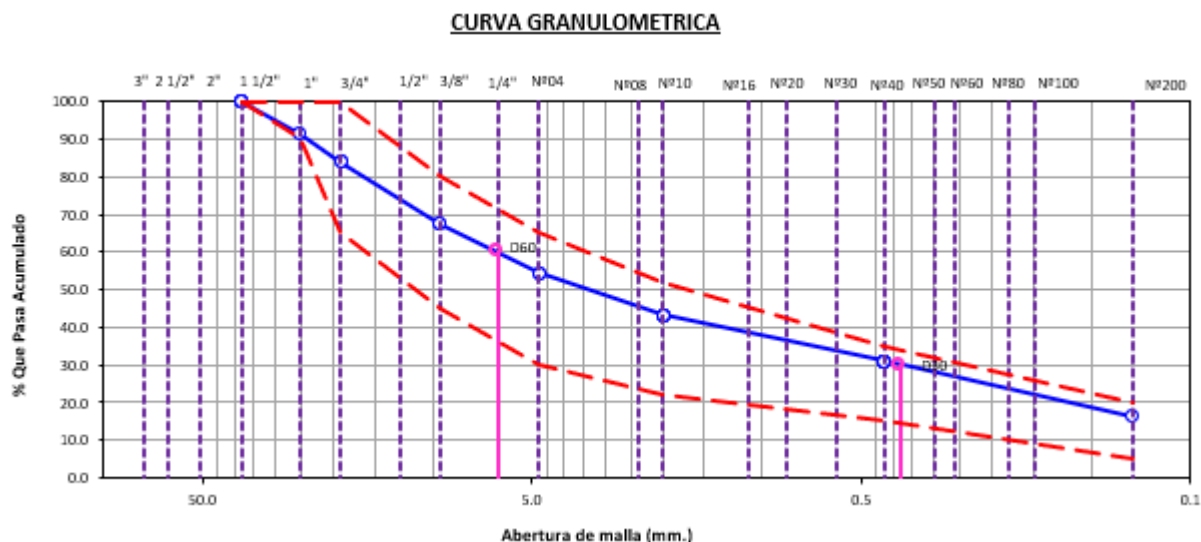
Curva granulométrica Cantera km. 48+950 – Muestra 02



Fuente: Elaboración propia

Figura 21

Curva granulométrica Cantera km. 48+950 – Muestra 03



Fuente: Elaboración propia

4.8.4.2 Límites de consistencia

Atterberg y A. Casagrande han podido determinar un procedimiento fácil y confiable para medir una nueva magnitud en suelos finos, esta magnitud es la plasticidad, el cual es útil para poder determinar correlaciones confiables entre sus valores y las propiedades principales del suelo, por consiguiente, en las etapas iniciales de un proyecto se hace indispensable su identificación y su clasificación (Rico Rodriguez & Del Castillo, 2000).

4.8.4.2.1 Limite líquido

Contenido de humedad inferior del cual el suelo tiene un comportamiento plástico (Bowles, 1981).

Es el máximo contenido de agua que un suelo puede contener para aun así mantener su plasticidad (Menéndez, 2016).

Procedimiento descrito en la norma MTC E 110 (Determinación Del Limite Liquido De Los Suelos) y la norma ASTM D4318 (Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit,

and Plasticity Index of Soils), para esto se utilizó el aparato de la Copa de Casagrande, una balanza con sensibilidad de 0.01gramos, horno y recipientes para la preparación de la muestra, este ensayo consiste en determinar el contenido de humedad de muestras pasantes por el Tamiz N°40, el cual con ayuda de la copa Casagrande la muestra es separado en dos partes iguales por un ranurador, y con ayuda de una manivela acoplado a la copa de Casagrande se deja caer la base de la copa hasta que la muestra quede unida 13 mm tal como se detalla en la Figura 22, para esto se registra el número de golpes con se cierra la ranura, y se saca una muestra con ayuda de espátula para determinar su contenido de humedad, este valor del límite liquido es el contenido de humedad que coincide con los 25 golpes.

Figura 22

Gráfico de la muestra antes y después de la prueba



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

En la Figura 23 y Figura 24, se muestra los ensayos del límite liquido realizado al AR del km. 01+000 y la CSS del km. 48+950.

Figura 23

Copa Casagrande ensayo límite líquido Agregado de río



Fuente: Elaboración propia

Figura 24

Copa Casagrande ensayo límite líquido cantera de suelo salino.



Fuente: Elaboración propia

4.8.4.2.2 Limite Plástico

Contenido de humedad inferior del cual el suelo tiene un comportamiento no plástico (Bowles, 1981).

Es el mínimo contenido de agua que un suelo puede contener para mantener un comportamiento elástico (Menéndez, 2016).

Procedimiento descrito en la norma MTC E 111 (Determinación Del Limite Plástico (L.P) de los Suelos e Índice de Plasticidad) y la norma ASTM D4318 (Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils), para esto se utilizó un vidrio grueso esmerilado, una balanza con sensibilidad de 0.01gramos, horno y recipientes para la preparación de la muestra, este ensayo consiste en determinar el contenido de humedad de muestras de material pasante el Tamiz N°40, este ensayo consiste en moldear con los dedos varillas elipsoides, hasta alcanzar un diámetro de 3.2mm antes que la muestra llegue a desmoronarse, así como se muestra en la Figura 25, este ensayo se realiza dos veces por muestra para que el valor del límite plástico sea el promedio de los dos resultados.

También se detalla que la muestra del Agregado de río del km. 01+000 no presenta Limite Plástico por lo tanto es un material no plástico NP.

Figura 25

Ensayo del límite plástico de la cantera de suelo salino.



Fuente: Elaboración propia

4.8.4.2.3 Índice plástico

El índice plástico es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (Das, 2015).

El cálculo del Índice Plástico esta descrito en la norma MTC E 111 (Determinación del Límite Plástico de los suelos e Índice de Plasticidad) y la norma ASTM D4318 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

En la Tabla 7 se muestra los resultados de los límites de consistencia (límite líquido, límite plástico y índice plástico), obtenidos de los materiales del agregado de río AR y la cantera de suelo salino CSS, resultados que fueron realizados a las 03 muestras por tipo de suelo, siendo el Agregado de río un suelo no plástico y con respecto a la cantera de suelo salino es un material que presenta plasticidad y que cumple los requisitos de un material de afirmado con respecto a estos ensayos.

Tabla 7*Resultados de los límites de consistencia del AR y la CSS*

Materiales	Muestra	Límite Líquido (%)	Índice Plástico (%)
Agregado de río	M-1	NP	NP
	M-2	NP	NP
	M-3	NP	NP
Cantera de suelo salino	M-1	16.0	6.0
	M-2	16.0	6.0
	M-3	16.0	5.0

Fuente: Elaboración propia**4.8.4.3 Clasificación De suelos**

La clasificación de suelos es dividida en grupos y subgrupos tomando como referencia las propiedades ingenieriles básicas como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico. En la actualidad existen dos sistemas las cuales son las más usadas para la clasificación de suelos, el sistema AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y el sistema unificado de Clasificación de suelo SUCS (Das, 2015).

Originalmente el sistema AASHTO fue propuesto para clasificar los materiales a nivel de subrasantes y vías de tipo granular, a diferencia de la clasificación SUCS el cual esta clasificación abarca en toda la rama de geotecnia (Das, 2015).

Las normas utilizadas para la clasificación de suelos se detallan a continuación:

- ASTM D3282 Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes.
- ASTM D2487 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)

En la Tabla 8, se detalla la clasificación obtenida en las normas descritas del agregado de río del km. 01+000 y la cantera de suelo salino del km. 48+950.

Tabla 8*Clasificación de suelos AASHTO y SUCS*

Material	Muestra	AASHTO	SUCS
Agregado de río	M-1	A-1-b (0)	SP
	M-2	A-1-b (0)	SP
	M-3	A-1-b (0)	SP
Cantera suelos salino	M-1	A-1-b (0)	GC-GM
	M-2	A-1-b (0)	GC-GM
	M-3	A-1-b (0)	GC-GM

Fuente: Elaboración propia**4.8.4.4 Humedad natural**

Este ensayo busca la cantidad de agua contenida en el suelo en su estado natural. Para realizar este ensayo se utilizó las siguientes normas:

- ASTM D2216 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.
- MTC E 108 Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo.

Este ensayo se realizó con el procedimiento descrito en las normas mencionadas, el cual detalla la utilización de 01 balanza de precisión de 0.1g donde las muestras representativas tuvieron un peso mayor a 500g para ambos suelos y un horno para el secado de la muestra en su estado natural tal como se muestra en la Figura 26 y la Figura 27.

En la Tabla 9 se detalla los valores de las humedades en su estado natural de las muestras del AR del km. 01+000 y la CSS del km. 48+950.

Tabla 9

Resultados del contenido de humedad del AR y la CSS.

Material	Muestra	Contenido de Humedad (%)
Agregado de río	M-1	1.0
	M-2	1.1
	M-3	0.8
Cantera de suelo salino	M-1	3.2
	M-2	3.0
	M-3	2.8

Fuente: Elaboración propia

Figura 26

Ensayo del contenido de humedad del agregado de río



Fuente: Elaboración propia

Figura 27

Ensayo del contenido de humedad de la cantera de suelo salino



Fuente: Elaboración propia

4.8.4.5 Abrasión los ángeles.

Es la prueba más utilizada para evaluar la resistencia de los agregados gruesos al desgaste de la abrasión y las fuerzas de impacto (Menéndez, 2016).

(MTC, 2013) Hace mención un valor máximo de desgaste a la abrasión de agregados de 40% para una carretera a nivel de afirmado.

Este ensayo se realizó con el procedimiento descrito en la norma MTC E 207 (Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½")), la Norma MTC E 207 del Manual de ensayos de Materiales muestra 04 gradaciones para la realización de este ensayo según el tamaño máximo del material (ver Figura 28), con el uso de la máquina de los Ángeles con las características descritas en la norma en mención, y una carga de esferas de acero de 46,5mm de diámetro, la gradación que se considero fue el tipo A el cual requiere 12 esferas de acero y una masa de carga de 5000 ± 10 gramos, una vez seleccionado el tipo de gradación que corresponde para realizar el ensayo, primeramente la muestra debe ser lavada para eliminar partículas o polvo adherido al material.

Una vez obtenido las muestras representativas de las 02 muestras (Ver Figura 23), se hizo el ensayo que corresponde al desgaste a la abrasión los Ángeles tal como se muestra en la Figura 30 y la Figura 31.

Figura 28

Gradación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-,-	-,-	-,-
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1 250 ± 25	-,-	-,-	-,-
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-,-	-,-
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-,-	-,-
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	-,-	-,-	2 500 ± 10	-,-
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (Nº 4)	-,-	-,-	2 500 ± 10	-,-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-,-	-,-		5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales, Perú, 2016

Figura 29

Muestras secadas al horno para el ensayo de Abrasión.



Fuente: elaboración propia

Figura 30

Ensayo del desgaste en la máquina de los Ángeles cantera de suelo salino.



Fuente: elaboración propia

Figura 31

Ensayo del desgaste en la máquina de los Ángeles del agregado de río.



Fuente: elaboración propia

En la Tabla 10, se detalla los resultados obtenidos al ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles tanto del agregado de río, así como de la cantera de suelo salino.

Tabla 10

Resultados del desgaste a la abrasión los ángulos del AR y de la CSS.

Material	Muestra	Abrasión los ángulos (%)
Agregado de río	M-1	31.5
	M-2	31.9
	M-3	30.7
Cantera de suelo salino	M-1	13.5
	M-2	13.8
	M-3	13.7

Fuente: Elaboración propia

4.8.4.6 Ensayo de compactación

El incremento de la densidad se da por el aumento de la cantidad de sólidos por unidad de volumen de los materiales, el cual se da por la reducción de vacíos (agua y aire), y el método más utilizado es la compactación, este incremento conlleva a la mejora de las propiedades de un suelo tales como la resistencia, compresibilidad y permeabilidad. En los proyectos viales la compactación de suelos viene determinado por la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, parámetros que son obtenidos por el ensayo de Proctor modificado, ensayo que por la energía de compactación se clasifica en Proctor modificado y Proctor estándar (Menéndez, 2016).

Para realizar este ensayo se utilizó el procedimiento detallado en la norma ASTM D1557 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³), la norma presenta 04 procedimientos alternativos para realizar el ensayo en mención el cual se detalla en la Tabla 11.

El procedimiento seleccionado fue el método C por tener un material cuyo tamaño máximo es de 1 1/2", para esto se utilizó un molde de 152.4 mm (6 pulg) de diámetro interno

más un martillo de 4.54 kg (10 lb) con una altura de caída de 457 mm (18 pulg), los cuales están descritos en la norma ASTM 1557-78.

En las Figuras 32, Figura 33 se muestra las imágenes del procedimiento realizado para este ensayo, desde la preparación de la muestra el cual tiene un peso de 6 kg hasta obtener la muestra compactada en el molde de 6 pulgadas.

Tabla 11

Cuadro para selección del procedimiento de ensayo

Método	Diámetro del molde	Material a usar
A	04 pulgadas	Pasante N°04
B	04 pulgadas	Pasante 3/8"
C	06 pulgadas	Pasante 3/4"

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a la norma ASTM D 1557-78

Figura 32

Realización del ensayo de Proctor modificado



Fuente: Elaboración propia

Figura 33*Ensayo terminado del Proctor modificado***Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 12 se detalla los resultados obtenidos de los parámetros del ensayo del Proctor modificado como son la máxima densidad seca MDS y su óptimo contenido de humedad OCH, tanto del agregado de río como de la cantera de suelo salino.

Tabla 12*Resultados del ensayo Proctor modificado del AR y de la CSS.*

Material	Muestra	Proctor modificado	
		MDS (g/cm ³)	OCH (%)
Agregado de río	M-1	2.102	6.6
	M-2	2.111	6.6
	M-3	2.108	6.7
Cantera de suelo salino	M-1	2.267	5.7
	M-2	2.264	5.3
	M-3	2.269	5.3

Fuente: Elaboración propia**4.8.4.7 Ensayo de CBR**

Ensayo relativamente simple el cual sirve para calcular la capacidad de soporte relativo de un suelo de subrasante, material de base, subbase o afirmado (Minaya, 2006).

Es un método que inicialmente fue diseñado para comparar bases de grava natural con rocas trituradas, consecuente a eso se aplicó para evaluar la subrasante en el diseño de pavimentos, por consiguiente, en los materiales estabilizados, este ensayo se afilia mejor a la estabilización granular de los materiales del pavimento, así como para el movimiento de tierras (Austroads, 2006).

El ensayo se realizó con el procedimiento descrito en la norma MTC E 132 (CBR DE SUELOS (LABORATORIO)), en la Figura 34 se aprecia la preparación del molde de CBR con la cantidad de golpes requeridos para cada molde, que según la norma detalla que la cantidad de golpes son de 12, 25 y 56 golpes.

Antes de realizar el CBR del material, primeramente se hace el ensayo de Proctor modificado, cuyos valores de los parámetros de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad servirán para la preparación de la muestra, las muestras de CBR tienen que ser moldeadas y compactadas con el valor del óptimo contenido de humedad del Proctor modificado, una vez moldeado las probetas de CBR la muestra es saturada en recipientes de agua por un máximo de 72 horas (Ver Figura 35), y medido la expansión cada 24 horas hasta completar las 72 horas de tener la muestra saturada (Ver Figura 35), terminado todo el proceso de saturación de las muestras de CBR, estas son colocadas en la prensa de CBR para medir su Capacidad de soporte relativo (Ver Figura 36).

En la Tabla 13 se detalla los resultados obtenidos del ensayo de CBR al 100% de la Máxima Densidad Seca MDS, tanto del agregado de río como de la cantera de suelo salino.

Tabla 13*Resultados del CBR del AR y de la CSS*

Material	Muestra	CBR (%) al 95% de la MDS	CBR (%) al 100% de la MDS
Agregado de río	M-1	35.8	66.0
	M-2	37.7	70.6
	M-3	32.2	63.2
Cantera de suelo salino	M-1	51.9	103.0
	M-2	53.3	104.2
	M-3	44.3	97.6

Fuente: Elaboración propia**Figura 34***Muestra compactada del CBR.***Fuente:** Elaboración propia

Figura 35

Muestra saturada del CBR.



Fuente: Elaboración propia

Figura 36

Penetración de la muestra de CBR.



Fuente: Elaboración propia

4.8.4.8 Ensayos adicionales

Respecto al estudio que comprende la estabilización de suelos por combinación de un suelo salino y el agregado de río se consideró ensayos adicionales para tener un análisis más

completo donde se consideró el contenido de sales solubles, y los parámetros del ensayo de corte directo como son la cohesión y el ángulo de fricción.

4.8.4.8.1 Contenido de sales solubles en suelos.

El ensayo para determinar el contenido de sales fue realizado con el procedimiento descrito en la Norma Técnica Peruana 339.152, Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterráneas, este ensayo fue realizado en un extracto acuoso con una relación suelo-agua de 1:5, donde se consideró 100g de muestra secada al horno secada a 60°C y 300 ml de agua destilada tal como se detalla en las Figura 37 y en la Figura 38 se detalla la solución acuosa del material y el agua destilada, realizado el procedimiento descrito en la norma con un reposo de 16 horas para el asentamiento de toda partícula hasta que se pueda observar el agua cristalina se realizó la evaporación completa del agua a una temperatura de 110°C y obtener los residuos de sales que contenía cada muestra (ver Figura 39 y la Figura 40).

En la Tabla 14, se detalla los resultados obtenidos del contenido de sales solubles tanto del agregado de río como la de la cantera de suelo salino.

Tabla 14

Resultados del contenido de sales solubles en suelos del AR y de la CSS

Material	Muestra	Contenido de sales solubles (%)
Agregado de río	M-1	0.8
	M-2	0.6
	M-3	0.7
Cantera de suelo salino	M-1	4.0
	M-2	3.9
	M-3	4.0

Fuente: Elaboración propia

Figura 37

Ensayo del contenido de sales solubles del agregado de río.



Fuente: Elaboración propia

Figura 38

Ensayo del contenido de sales solubles de la cantera de suelo salino.



Fuente: Elaboración propia

Figura 39

Ensayo de contenido de sales solubles del agregado de río



Fuente: Elaboración propia

Figura 40

Ensayo del contenido de sales solubles de la cantera de suelo salino



Fuente: Elaboración propia

4.8.4.8.2 Ensayo de corte directo

Ensayo utilizado para obtener un plano de falla, esta falla es originada por un esfuerzo cortante originado por un esfuerzo normal y un esfuerzo cortante, ambas originadas por una carga vertical y una carga horizontal respectivamente, el esfuerzo normal se obtiene de la relación de la carga vertical sobre el área de la muestra, y el esfuerzo cortante es obtenido de la relación de la carga horizontal sobre el área de la misma muestra (Bowles, 1981).

Para realizar el siguiente ensayo se hizo uso de las siguientes normas:

- ASTM D 3080 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions.
- MTC E 123 Corte directo (consolidado drenado).

El procedimiento realizado se detalla a continuación:

- a) Primeramente, se pasa el material por el Tamiz N°04 como exige la norma y luego se saca 03 muestras representativas, las cuales tiene la humedad optima obtenida en el ensayo de Proctor modificado.
- b) La muestra obtenida se coloca en la caja de corte con los insertos porosos, la dimensión de la caja de corte es de 6cm por lado con una altura de 2.1cm.
- c) Las cargas usadas para el siguiente ensayo fueron de 2, 4 y 8 kg.
- d) Una vez colocado y compactada la muestra en la caja de corte se realiza el ensayo de corte con el equipo usado (Ver Figura 41 y Figura 42).

En la Tabla 15 se detalla los resultados obtenidos del ensayo de corte directo, con los parámetros requeridos como son la cohesión y el ángulo de fricción, esto para el cálculo del esfuerzo cortante del material.

Tabla 15

Resultados del ensayo de corte directo del AR y la CSS

Canteras	Muestra	Cohesión (kg/cm ²)	Ángulo de fricción (°)	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)
Agregado de río	M-1	0.00	44.0	1.74
	M-2	0.00	44.6	1.77
	M-3	0.00	45.4	1.83
Cantera de suelo salino	M-1	0.22	47.8	2.14
	M-2	0.21	48.4	2.17
	M-3	0.21	48.4	2.18

Fuente: Elaboración propia

Figura 41

Ensayo de corte directo agregado de río.



Fuente: Elaboración propia

Figura 42

Ensayo de corte directo cantera de suelo salino.



Fuente: Elaboración propia

4.8.5 Proporciones de la mezcla

Con los valores obtenidos de los parámetros requeridos para una carretera de afirmado, a las muestras del AR del km. 01+000 y la CSS del km. 48+950, y siendo el agregado de río el cual no cumple con el huso granulométrico requerido y que el valor del índice plástico nos defina como un material no plástico, por tal motivo se planteó realizar la estabilización de suelos con la mezcla de suelos, para esto se considera 03 mezclas con las siguientes proporciones como se muestra en la Tabla 16.

Respecto a las proporciones que han sido consideradas para la mezcla de la cantera de suelo salino y el agregado de río para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado se consideró los siguientes criterios:

Consideraciones para determinar las proporciones de la mezcla de suelos

Como se menciona en (Austroads, 2009), la trabajabilidad es la propiedad que hace fácil la compactación de un material para obtener la densidad deseada, considerando las características del agregado de río, al ser un material no plástico con deficiencia en el material pasante el Tamiz N°200, este origina desmoronamiento del material a la hora de la compactación debido a la falta de material arcilloso o un ligante externo (cemento o emulsión asfáltica, u otro aditivo), materiales que le otorgan la cohesión necesaria para hacer trabajable el material, para esto se consideró 03 proporciones para el agregado de río de 40%, 50% y 60%, considerando la distancia media de traslado del material de la cantera de suelo salino ubicado en el km. 48+950 al tramo a estabilizar ubicado en el km. 29+000 (Ver Figura 12).

Determinado las propiedades físicas, mecánicas y químicas del agregado de río del km. 01+000 y de la cantera de suelo salino del km. 48+950 por separado, y tomando en cuenta las

consideraciones para determinar las proporciones de suelos, se consideró tres mezclas de suelos considerando las proporciones descritas, estas se detallan en la Tabla 16.

Tabla 16

Proporciones de la mezcla del AR del km. 01+000 y la CSS km. 48+950.

	Proporciones de Mezcla (%)		
	Mezcla 01	Mezcla 02	Mezcla 03
Agregado de río (AR)	40% (AR)	50% (AR)	60% (AR)
Cantera de suelo salino (CSS)	60% (CSS)	50% (CSS)	40% (CSS)

Fuente: Elaboración propia

4.8.5.1 Análisis granulométrico de las mezclas de suelos determinados

Ante la deficiencia obtenida en la gradación del material del AR, donde los porcentajes pasantes en los tamices de 1", N°04, N°10 y el Tamiz N°200 como se ve en la Figura 16, Figura 17 y Figura 18, no cumplen el rango del huso granulométrico determinado para una carretera a nivel de afirmado descrita en la EG-2013, ante esto con el procedimiento descrito en la norma MTC E 105 (Obtención en laboratorio de muestras representativas), y la norma MTC E 107 (Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado), se realizó el siguiente ensayo considerando las proporciones de las 03 mezclas planteadas para el AR y la CSS, en la Tabla 17 se detalla los valores obtenidos de la mezcla 01 (40%AR – 60%CSS), así como su respectivo diagrama de la curva granulométrica respectivamente.

En las Figuras 43, 44 y 45, se muestra las curvas granulométricas de la muestra 01, 02 y 03 de la mezcla 01 proporción 40%AR – 60%CSS, donde cumplen con el huso granulométrico para una carretera a nivel de afirmado como detalla la EG-2013.

Tabla 17

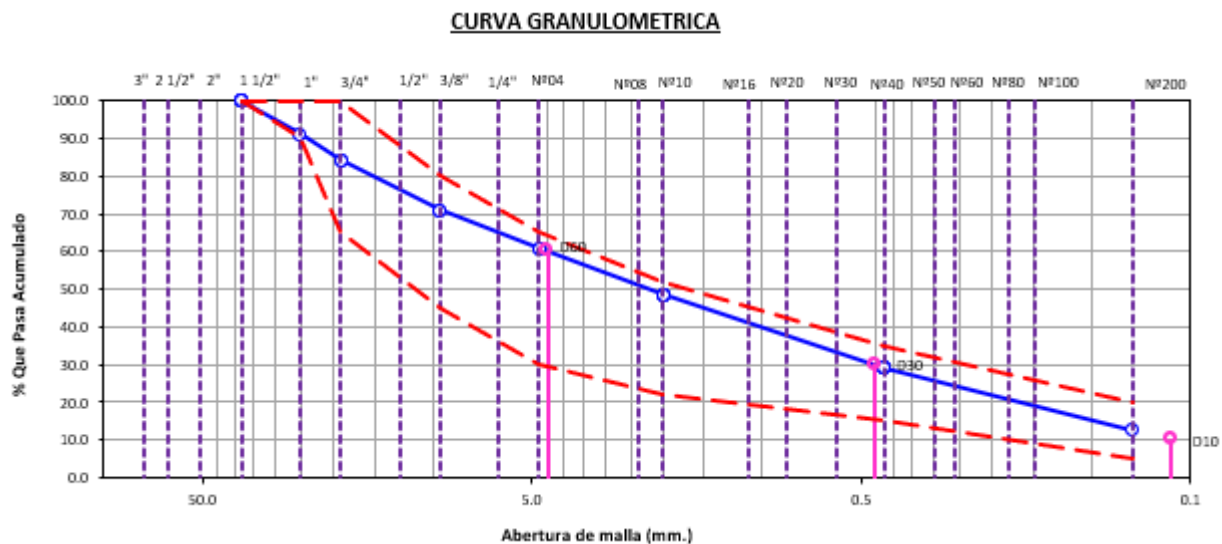
Análisis granulométrico mezcla 01 (40% AR – 60% CSS)

Tamiz	% pasante			Huso Granulométrico
	M-1	M-2	M-3	
50 mm (2")	100	100	100	100
37,5 mm (1 1/2")	100	100	100	100
25 mm (1")	91.1	91.4	91.2	90-100
19 mm (3/4")	84.1	84.5	83.8	65-100
9,5 mm (3/8")	71.0	70.7	70.5	45-80
4,75 mm (N°04)	61.0	60.8	59.7	30-65
2,00 mm (N°10)	48.7	48.4	47.7	22-52
425 um (N°40)	29.3	29.3	28.5	15-35
75 um (N°200)	12.6	12.7	12.2	5-20

Fuente: Elaboración propia

Figura 43

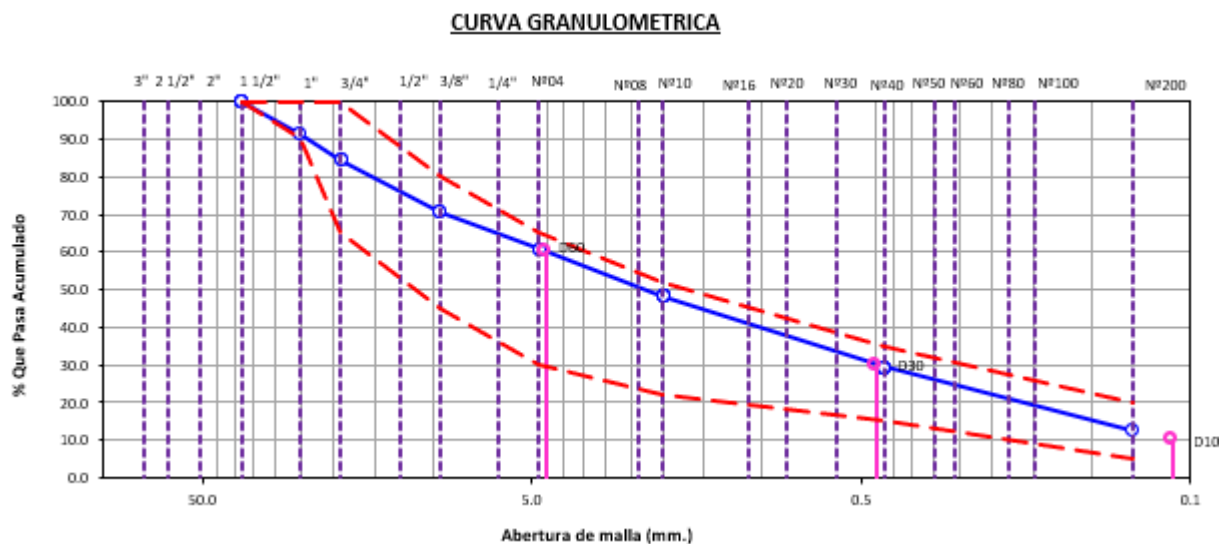
Curva granulométrica mezcla 01 (40% AR – 60% CSS) – Muestra 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 44

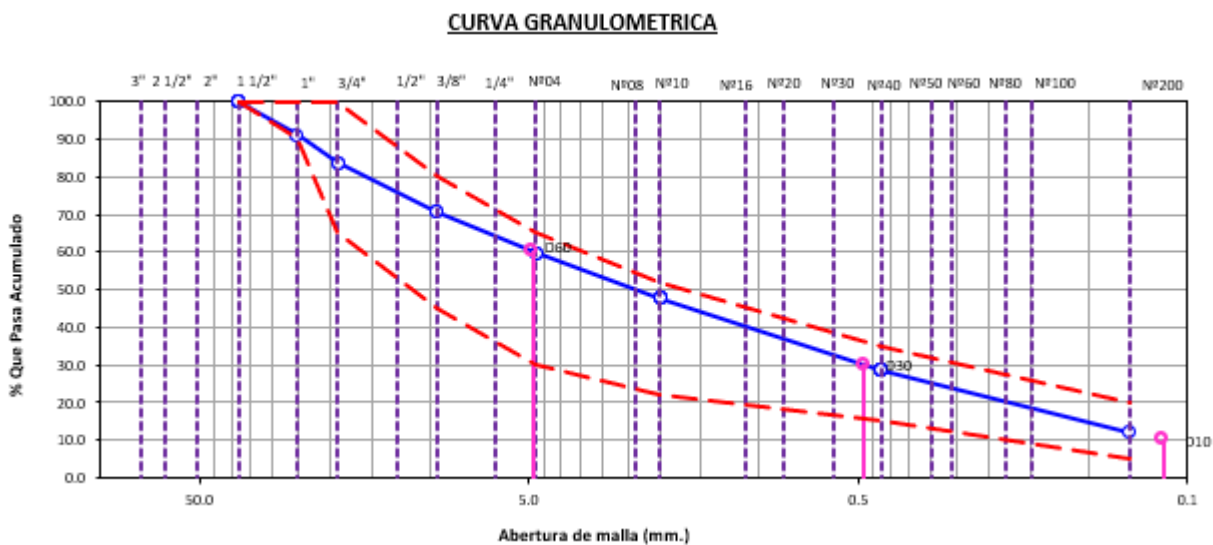
Curva granulométrica mezcla 01 (40% AR – 60% CSS) – Muestra 02



Fuente: Elaboración propia

Figura 45

Curva granulométrica mezcla 01 (40% AR – 60% CSS) – Muestra 03



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 18 se muestra los valores obtenidos de los porcentajes del material pasante de las 03 muestras de la mezcla 02 de la proporción 50%AR – 50%CSS, donde cumplen con el huso granulométrico para una carretera a nivel de afirmado como detalla la EG-2013, también se muestra las curvas granulométricas de las muestras de la mezcla 02 (Ver Figura 46, Figura 47 y Figura 48).

Tabla 18

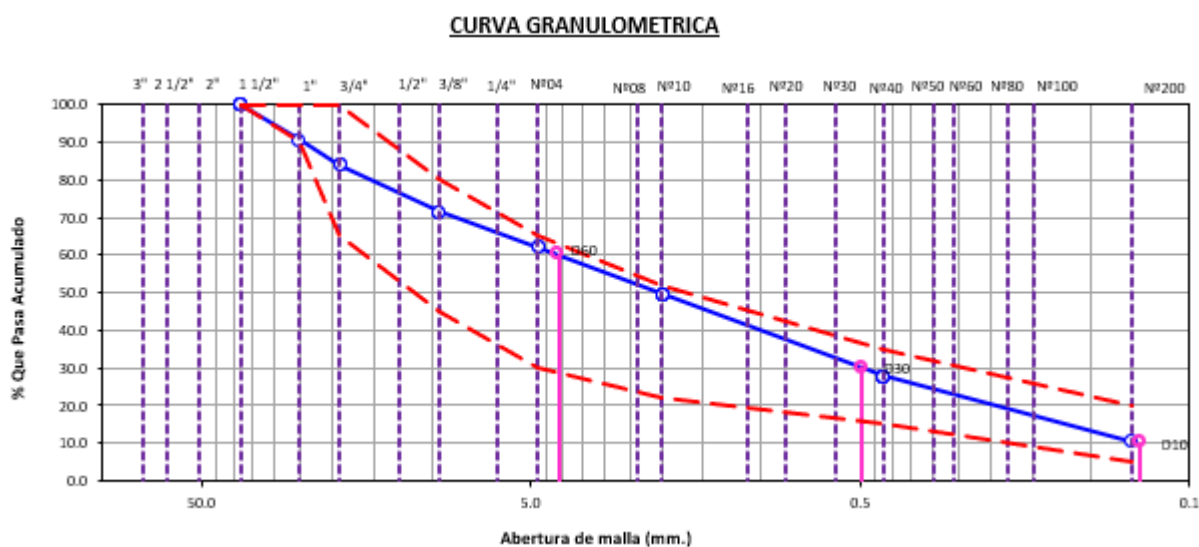
Análisis granulométrico mezcla 02 (50% AR – 50% CSS)

Tamiz	% pasante			Huso Granulométrico
	M-1	M-2	M-3	
50 mm (2")	100	100	100	100
37,5 mm (1 1/2")	100	100	100	100
25 mm (1")	90.6	90.9	90.5	90-100
19 mm (3/4")	83.9	84.1	83.4	65-100
9,5 mm (3/8")	71.4	71.9	71.1	45-80
4,75 mm (N°04)	62.1	62.1	62.0	30-65
2,00 mm (N°10)	49.6	49.4	49.2	22-52
425 um (N°40)	28.0	27.4	29.0	15-35
75 um (N°200)	10.6	10.2	10.8	5-20

Fuente: Elaboración propia

Figura 46

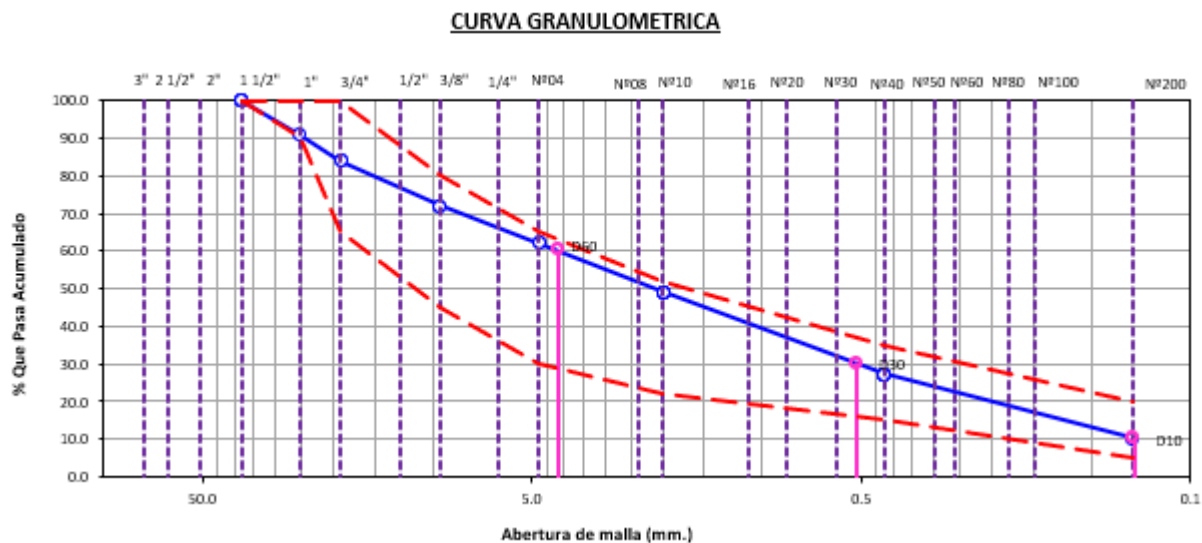
Curva granulométrica mezcla 02 (50% AR – 50% CSS) – Muestra 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 47

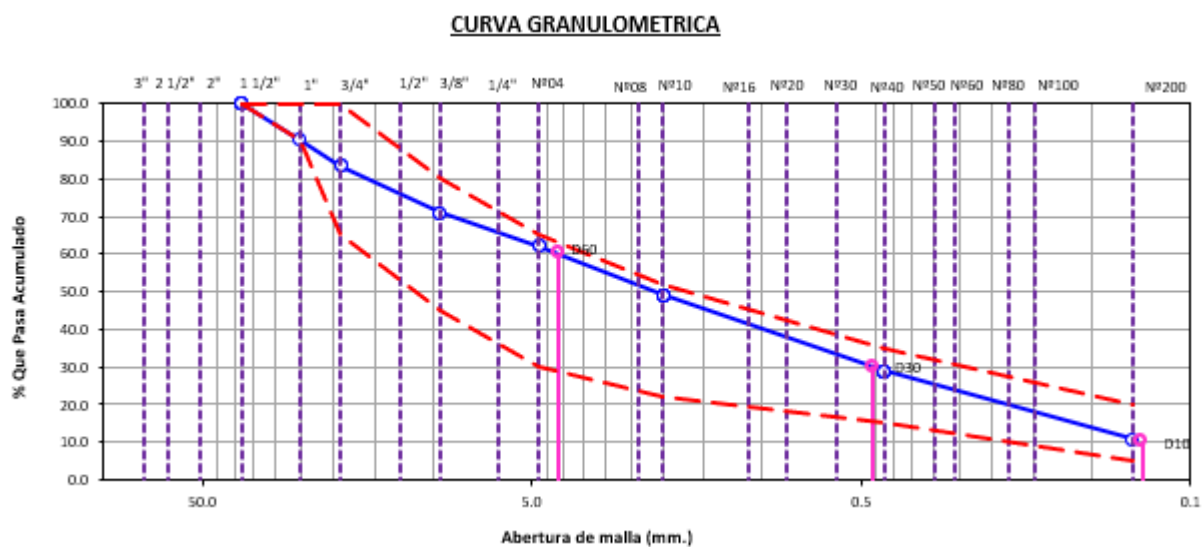
Curva granulométrica mezcla 02 (50% AR – 50% CSS) – Muestra 02



Fuente: Elaboración propia

Figura 48

Curva granulométrica mezcla 02 (50% AR – 50% CSS) – Muestra 03



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 19 se muestra los valores obtenidos de los porcentajes del material pasante de las 03 muestras de la mezcla 03 de la proporción 60% AR – 40% CSS, donde cumplen con el huso granulométrico para una carretera a nivel de afirmado como detalla la EG-2013, también se muestra las curvas granulométricas de las muestras de la mezcla 03 (Ver Figura 49, Figura 50 y Figura 51).

Tabla 19

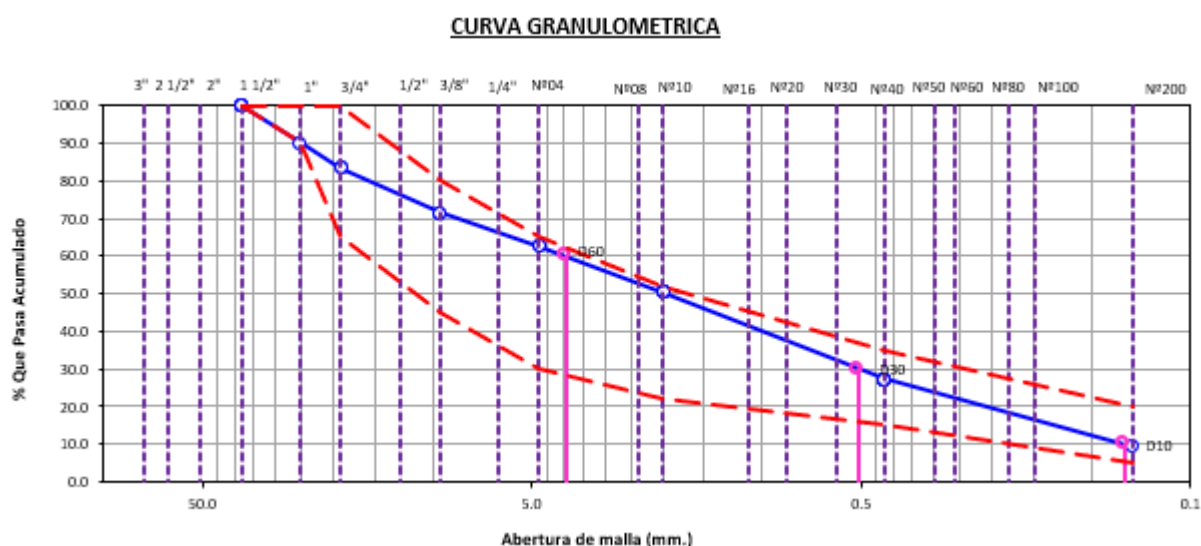
Análisis granulométrico mezcla 03 (60% AR – 40% CSS)

Tamiz	% pasante			Huso Granulométrico
	M-1	M-2	M-3	
50 mm (2")	100	100	100	100
37,5 mm (1 1/2")	100	100	100	100
25 mm (1")	90.0	90.2	90.2	90-100
19 mm (3/4")	83.4	83.4	83.6	65-100
9,5 mm (3/8")	71.5	70.9	71.2	45-80
4,75 mm (N°04)	62.6	61.4	62.4	30-65
2,00 mm (N°10)	50.5	49.6	50.2	22-52
425 um (N°40)	27.2	26.5	27.6	15-35
75 um (N°200)	9.4	8.90	8.9	5-20

Fuente: Elaboración propia

Figura 49

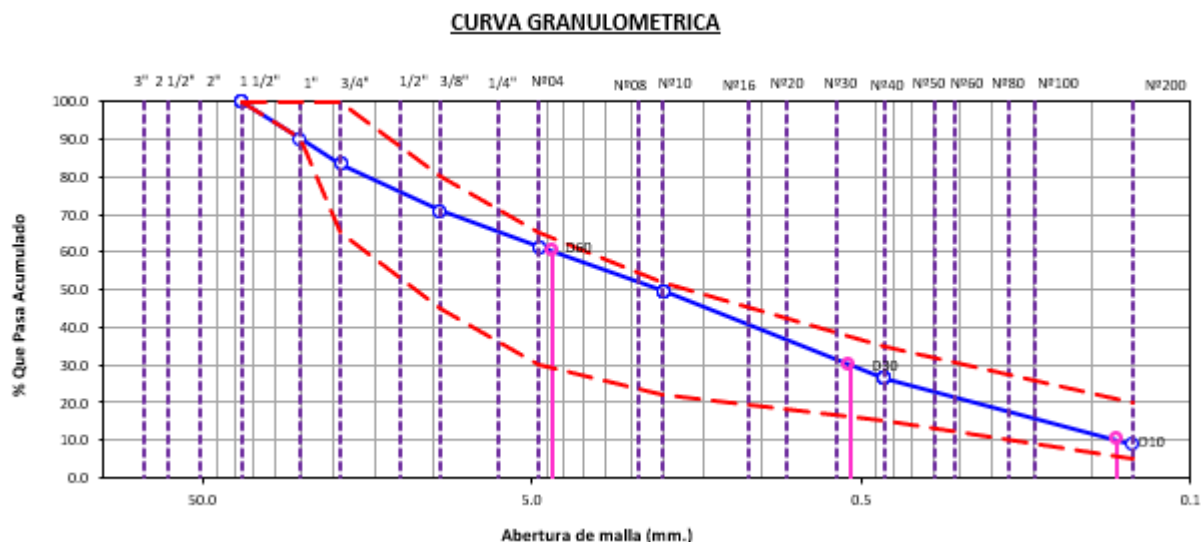
Curva granulométrica mezcla 03 (60% AR – 40% CSS) – Muestra 01



Fuente: Elaboración propia

Figura 50

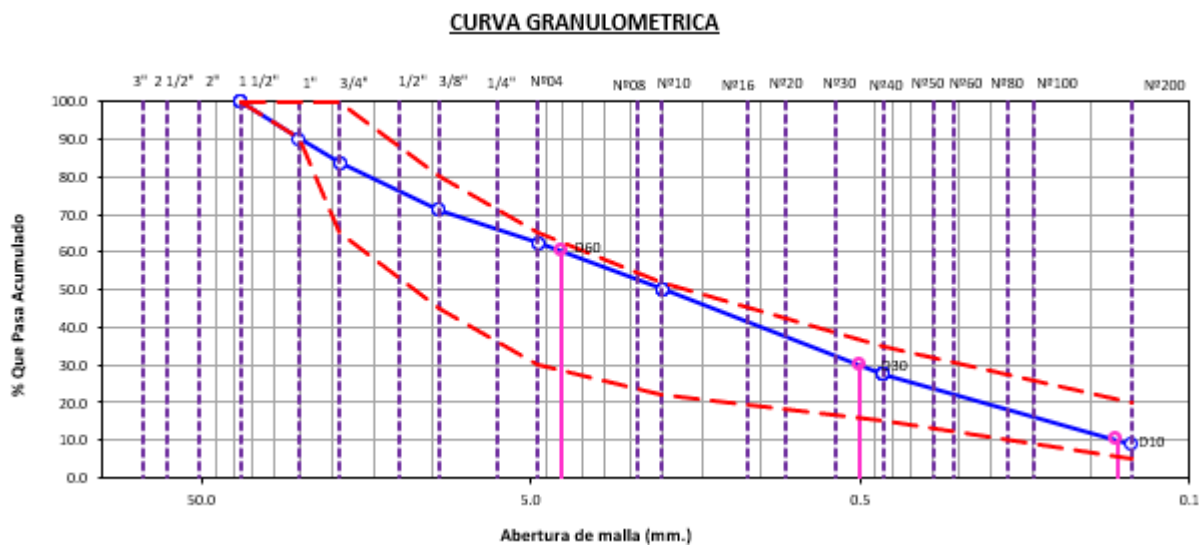
Curva granulométrica mezcla 03 (60% AR – 40% CSS) – Muestra 02



Fuente: Elaboración propia

Figura 51

Curva granulométrica mezcla 03 (60% AR – 40% CSS) – Muestra 03



Fuente: Elaboración propia

4.8.5.2 Límites de consistencia

Con el procedimiento descrito en el Ítem 5.4.2.1 y 5.4.2.3, parámetros requeridos por la EG-2013 para un material de afirmado se realizó los siguientes ensayos con las proporciones de

las 03 mezclas planteadas, para esto las 03 mezclas realizadas presentan valores de materiales no plásticos (Ver Tabla 20).

Tabla 20

Resultados de los límites de consistencia (Mezcla 01, 02 y 03)

Límites de consistencia	Limite liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice plástico (%)
Mezcla 01 (40% AR – 60% CSS)	NP	NP	NP
	NP	NP	NP
	NP	NP	NP
Mezcla 02 (50% AR – 50% CSS)	NP	NP	NP
	NP	NP	NP
	NP	NP	NP
Mezcla 03 (60% AR – 40% CSS)	NP	NP	NP
	NP	NP	NP
	NP	NP	NP

Fuente: Elaboración propia

4.8.5.3 Abrasión los Ángeles

Con el procedimiento descrito en el ítem 5.4.5, como parámetro requerido para la colocación de un material de afirmado se realizó el ensayo de Abrasión en la máquina de los ángeles considerando las proporciones de las 03 mezclas planteadas, los valores obtenidos se observan en la Tabla 21, siendo el promedio de las 03 muestras la mezcla 03 con el valor más alto.

Tabla 21

Resultados de la Abrasión los Ángeles (Mezcla 01, 02 y 03)

Mezclas	Muestra	Abrasión los ángeles (%)	Promedio
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	20.1	20.5
	M-2	20.5	
	M-3	21.0	
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	24.3	24.1
	M-2	24.1	
	M-3	23.9	
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	25.7	25.2
	M-2	25.1	
	M-3	24.9	

Fuente: Elaboración propia

4.8.5.4 Ensayo Proctor modificado

Considerando el procedimiento descrito en el Ítem 5.4.6, se realizó el ensayo del Proctor modificado para las proporciones de las 03 mezclas planteadas, en la Tabla 22, se detalla los valores obtenidos.

Una buena densidad va relacionada con la cantidad de agua necesaria para obtener una adecuada compactación. En la Tabla 22, la mezcla 01 al tener la densidad más alta, también se observa que su óptimo contenido de humedad es más bajo, en los resultados obtenidos de este parámetro (Ver Tabla 23), esto porque los vacíos existentes en el estrato compactado son más bajos en comparación con las otras 2 mezclas.

Tabla 22

Resultados de la máxima densidad seca (Mezcla 01, 02 y 03)

Mezclas	Muestra	Máxima densidad seca (%)	Promedio
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	2.290	2.294
	M-2	2.301	
	M-3	2.292	
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	2.264	2.262
	M-2	2.262	
	M-3	2.259	
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	2.240	2.240
	M-2	2.242	
	M-3	2.239	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23*Resultados del óptimo contenido de humedad (Mezcla 01, 02 y 03)*

Mezclas	Muestra	Óptimo contenido de humedad (%)	Promedio
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	4.9	4.8
	M-2	5.0	
	M-3	4.6	
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	5.1	5.1
	M-2	5.0	
	M-3	5.2	
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	5.8	5.7
	M-2	5.7	
	M-3	5.6	

Fuente: Elaboración propia**4.8.5.5 Ensayo de CBR**

Considerando el procedimiento descrito en el Ítem 5.4.7, y determinado los parámetros del ensayo del Proctor modificado como la MSD y el OCH, se realizó el ensayo del CBR en laboratorio, parámetro que se considera para la validez del material estabilizado según la norma peruana, se realizó el ensayo del CBR en laboratorio considerando las 03 mezclas de suelos con las proporciones determinadas, donde las 03 mezclas presentan valores por encima del parámetro requerido (ver Tabla 24).

Tabla 24*Resultados de CBR (Mezcla 01, 02 y 03)*

Mezclas	Muestra	CBR al 100% de la MDS (%)	Promedio
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	145.5	142.3
	M-2	138.2	
	M-3	143.3	
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	135.4	135.5
	M-2	137.7	
	M-3	133.4	
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	127.1	129.7
	M-2	131.2	
	M-3	130.6	

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 61, Figura 62 y Figura 63 se muestra los diagramas de los valores de CBR obtenidos para cada mezcla planteada, con las proporciones definidas.

4.8.5.6 Contenido de sales solubles

Ensayo realizado con el procedimiento descrito en el Ítem 5.4.8.1, la realización de este ensayo se debe a la concentración de sales que tiene la cantera de suelo salino CSS, se realizó el ensayo de las 03 mezclas con las proporciones establecidas (Ver Tabla 25).

Tabla 25

Resultados del contenido de sales solubles (Mezcla 01, 02 y 03)

Mezclas	Muestra	Contenido de sales solubles (%)	Promedio
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	3.0	2.9
	M-2	2.8	
	M-3	3.0	
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	2.5	2.5
	M-2	2.4	
	M-3	2.5	
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	2.0	2.1
	M-2	2.1	
	M-3	2.2	

Fuente: Elaboración propia

4.8.5.7 Corte directo

Ensayo realizado con el procedimiento descrito en el Ítem 5.4.8.2, este ensayo sirve para demostrar la cohesión existente en un material, el cual es un parámetro que asegura la resistencia al esfuerzo cortante el cual asegura la estabilidad. Ante la falta de cohesión del agregado de río, con el aporte de la cantera de suelo salino se pudo obtener una cohesión en las 03 mezclas planteadas (Ver Tabla 26).

Tabla 26*Resultados del corte directo (Mezcla 01, 02 y 03)*

Mezcla de canteras	Cohesión (kg/cm²)	Ángulo de fricción (°)	Esfuerzo Cortante (kg/cm²)
Mezcla 01 (40% AR – 60% CSS)	0.25	48.5	2.21
	0.27	48.2	2.21
	0.26	47.8	2.18
Mezcla 02 (50% AR – 50% CSS)	0.23	44.4	1.98
	0.23	44.9	2.02
	0.23	45.4	2.04
Mezcla 03 (60% AR – 40% CSS)	0.20	42.9	1.83
	0.21	43.4	1.87
	0.20	42.2	1.80

Fuente: Elaboración propia

V RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Efecto de la mezcla suelo salino y agregado de río en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, Sector Macacona, Arequipa.

Se presenta los resultados en función a los objetivos presentados, referido a la estabilización de suelos mediante la mezcla de suelos, para esto se utilizó 02 materiales cercanas al tramo de estudio, la primera el agregado de río ubicado en el mismo tramo de estudio y el segundo la cantera de suelo salino ubicado a 20 kilómetros al tramo de estudio, por lo tanto se planteó como objetivo general evaluar el efecto de la mezcla de suelo salino y el agregado de río en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.

(Austroads, 2009), hace referencia a 04 propiedades que afectan el comportamiento de una carretera sin asfaltar o una carretera de afirmado, los cuales son la estabilidad, la resistencia al desgaste, la impermeabilidad y la trabajabilidad.

Para determinar el efecto originado de la mezcla de la cantera de suelo salino y el agregado de río, para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado se hicieron ensayos que aseguren el buen comportamiento del material, las cuales están descritas en el marco teórico.

En el Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción la EG-2013, hace referencia a requisitos que debe cumplir el material para ser aprobado como un material de afirmado, para esto se hicieron los siguientes ensayos según detalla la norma peruana.

Ensayo de Abrasión Los Ángeles

Ensayo que determina la dureza del agregado para resistir la degradación originada por el efecto abrasivo de la carga vehicular, ensayo descrito en la norma MTC E 207 (Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½") y en la norma

ASTM C 131 / C 131M (Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine).

En la Tabla 27 se muestra los resultados del ensayo del desgaste de la abrasión los Ángeles de todos valores obtenidos del agregado de río, de la cantera de suelo salino y las 03 mezclas planteadas.

Tabla 27

Resultados de la abrasión los ángeles (AR, CSS, Mezcla 01, 02 y 03).

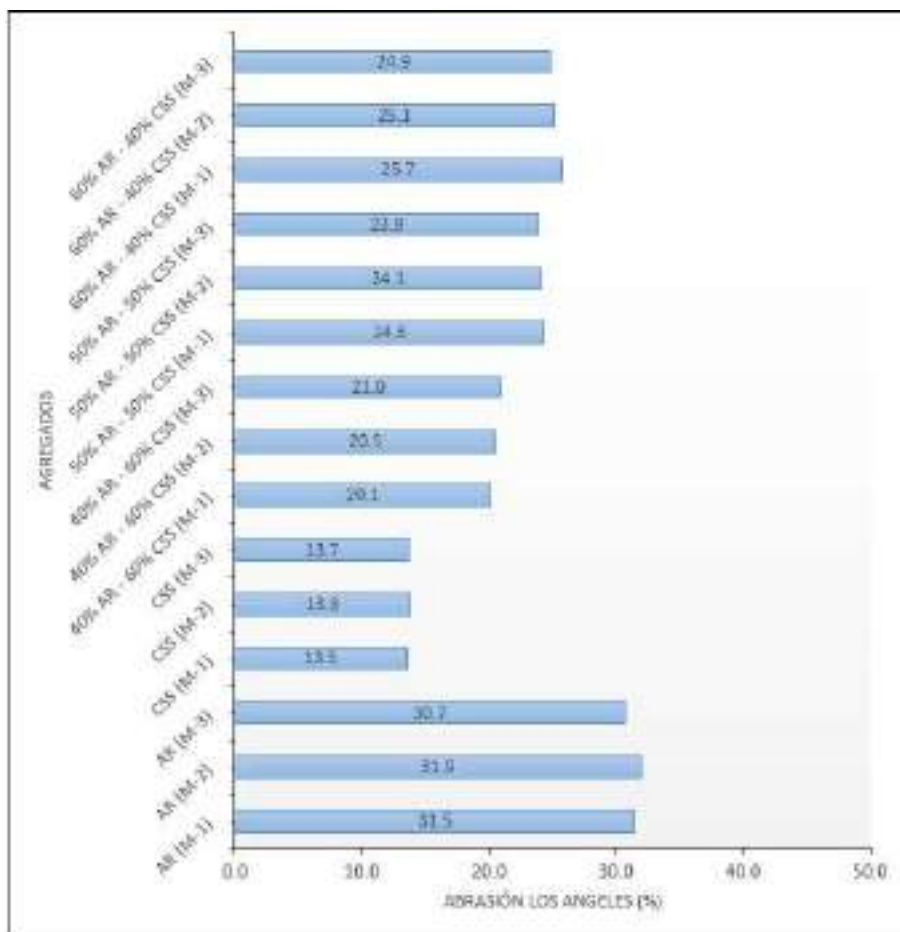
Mezclas	Muestra	Abrasión los ángeles (%)
Agregado de río	M-1	31.5
	M-2	31.9
	M-3	30.7
Cantera de Suelo salino	M-1	13.5
	M-2	13.8
	M-3	13.7
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	20.1
	M-2	20.5
	M-3	21.0
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	24.3
	M-2	24.1
	M-3	23.9
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	25.7
	M-2	25.1
	M-3	24.9

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 27, así también en el diagrama de barras (Ver Figura 52), se aprecia un incremento de la abrasión los ángeles en todas las muestras de las 03 mezclas planteadas con las proporciones de materiales establecidos, esto con respecto a la abrasión del agregado de río, así también se aprecia que los valores obtenidos del material de la cantera de suelo salino son menores a los valores obtenidos del material del agregado de río.

Figura 52

Valores de la abrasión los ángeles.



Fuente: Elaboración propia

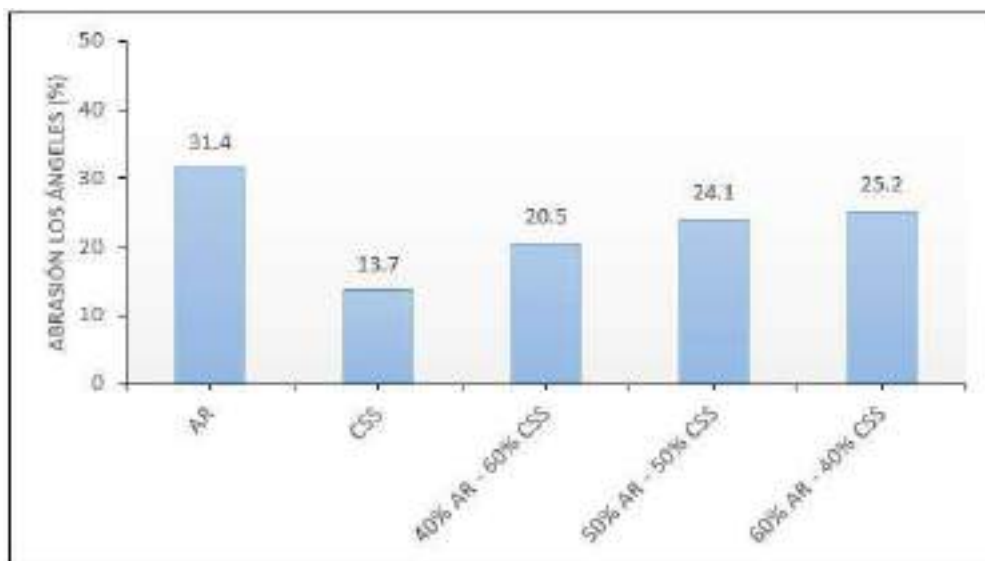
En la Figura 53, se observa los valores promedios de la abrasión los ángeles, siendo la mezcla 01 de la proporción 40%AR – 60%CSS con el menor valor obtenido de este ensayo, con un valor de 20.5%, y el valor más alto le corresponde a la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60%AR – 40%CSS, con un valor promedio de 25.2%.

(Austroads, 2009) hace mención a la dureza del agregado para evitar que el agregado sufra rotura o quiebre en la compactación o cuando la capa de rodadura este expuesto al tráfico.

Con estos resultados se puede apreciar que la cantera de suelo salino tiene más influencia en la resistencia al desgaste que sufre el material a efectos abrasivos.

Figura 53

Valores promedio de la Abrasión los Ángeles



Fuente: Elaboración propia

Densidad - Humedad

Ensayo que permite conocer la máxima densidad seca, así como el óptimo contenido de humedad del material compactado, estos parámetros son los encargados de asegurar una adecuada compactación que otorgue la resistencia adecuada del material compactado.

Ensayo descrito en la norma MTC E 115 (Compactación de suelos en Laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado)) y en la norma ASTM D 1557 (Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³)).

En la Tabla 28 se muestra los resultados del ensayo de proctor modificado de todos valores obtenidos del agregado de río, de la cantera de suelo salino, así como de las 03 mezclas planteadas.

Tabla 28

Resultados del ensayo Proctor modificado (AR, CSS, Mezclas 01, 02 y 03)

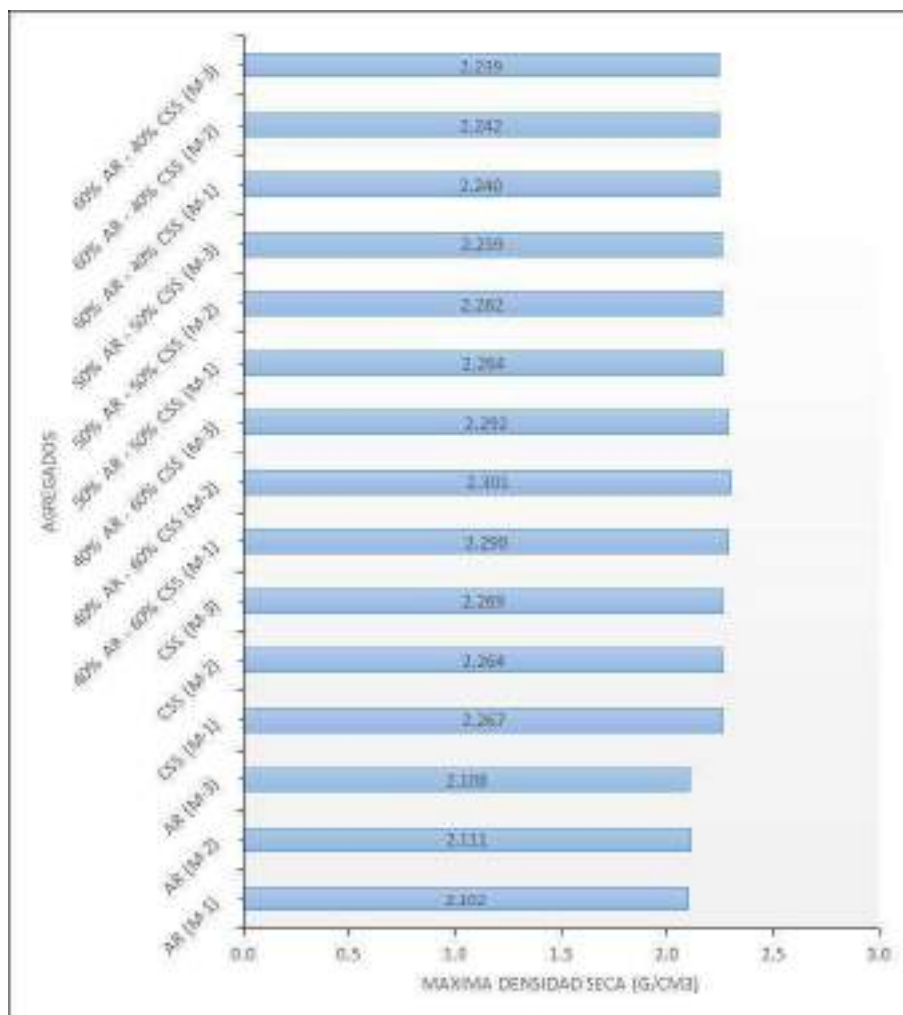
Material	Muestra	Proctor modificado	
		MDS (g/cm ³)	OCH (%)
Agregado de río	M-1	2.102	6.6
	M-2	2.111	6.6
	M-3	2.108	6.7
Cantera de suelo salino	M-1	2.267	5.7
	M-2	2.264	5.3
	M-3	2.269	5.3
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	2.290	4.9
	M-2	2.301	5.0
	M-3	2.292	4.6
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	2.264	5.1
	M-2	2.262	5.0
	M-3	2.259	5.2
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	2.240	5.8
	M-2	2.242	5.7
	M-3	2.239	5.6

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 28, así también en el diagrama de barras (Ver Figura 54), se aprecia un incremento de la máxima densidad seca en todas las muestras de las 03 mezclas planteadas con las proporciones de materiales establecidos, esto con respecto a la máxima densidad seca del agregado de río, así también la máxima densidad seca de la cantera de suelo salino es mayor a la MDS del agregado de río, siendo su valor promedio del AR de 2.107 g/cm³ (Ver Figura 55).

Figura 54

Valores de la máxima densidad seca MDS.



Fuente: Elaboración propia

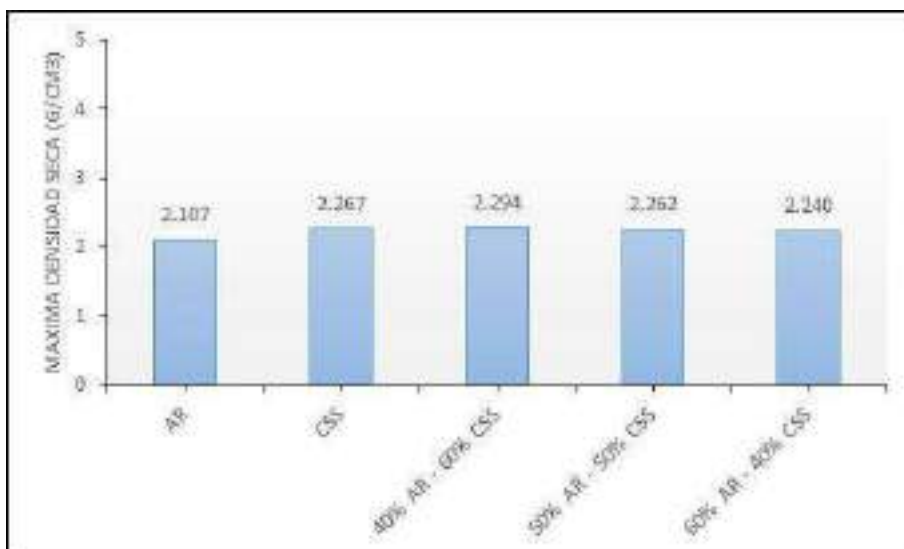
En la Figura 55, se observa los valores promedios de la máxima densidad seca, siendo la mezcla 01 de la proporción 40% AR – 60% CSS con el mayor valor obtenido de la máxima densidad seca, con un valor de 2.294 g/cm³, y el valor más bajo de la máxima densidad seca es de la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60% AR – 40% CSS, con un valor promedio de 2.240 g/cm³.

(Reyes Lizcano & Rondón Quintana, 2015) describe que una reducción de la máxima densidad seca conlleva a una disminución de la rigidez y resistencia del material.

Con estos resultados se puede apreciar que la cantera de suelo salino tiene más influencia en el incremento de la máxima densidad seca obtenida en las mezclas realizadas.

Figura 55

Valores promedio de la máxima densidad seca MDS



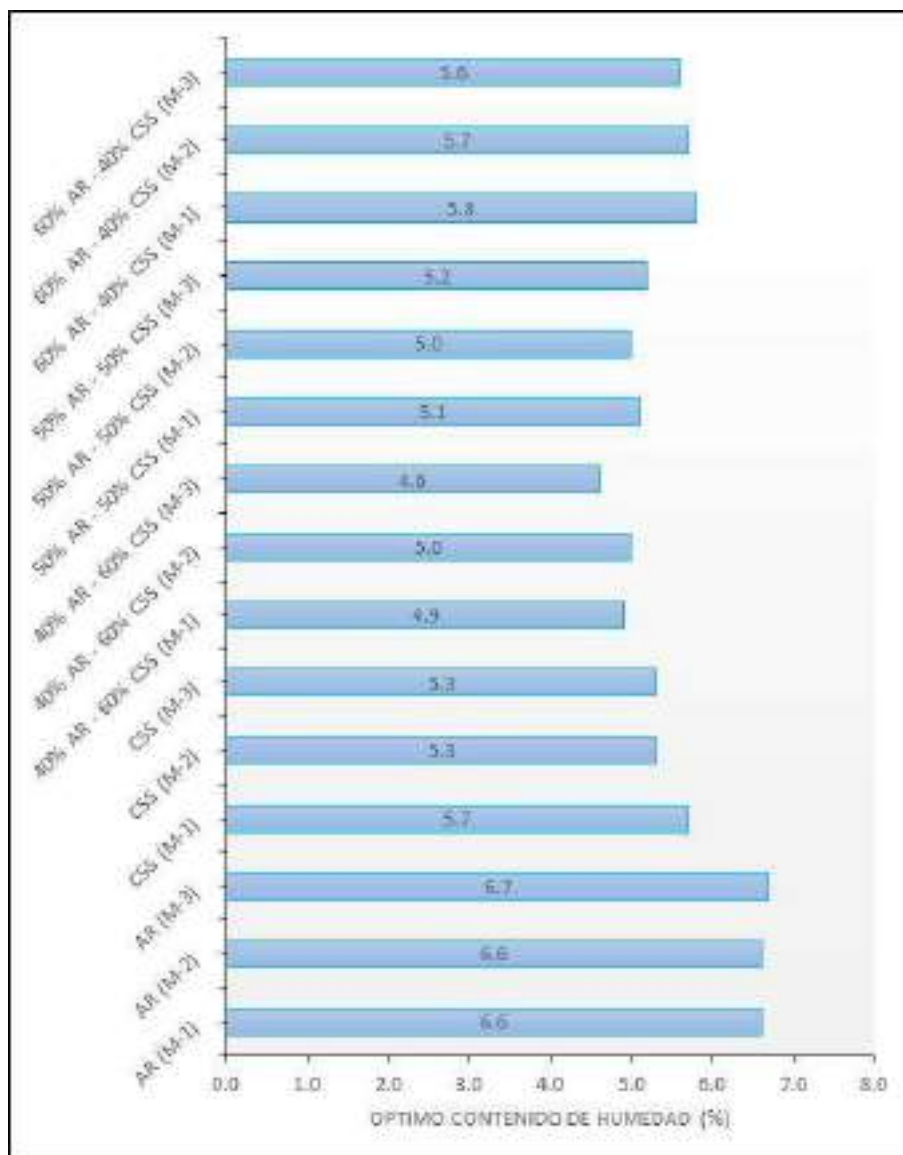
Fuente: Elaboración propia

Con respecto a los resultados del óptimo contenido de humedad (Ver Tabla 28, Ver Figura 56), se aprecia una disminución del óptimo contenido de humedad en todas las muestras de las 03 mezclas realizadas, esto con respecto a los valores obtenidos del agregado de río.

En la Figura 57, se observa los valores promedios del óptimo contenido de humedad de las 03 mezclas, siendo la mezcla 01 de la proporción 40%AR – 60%CSS con el valor más bajo obtenido del óptimo contenido de humedad, con un valor de 4.8%, y el valor más alto del óptimo contenido de humedad es de la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60%AR – 40%CSS, con un valor promedio de 5.7%.

Figura 56

Valores del optimo contenido de humedad OCH.



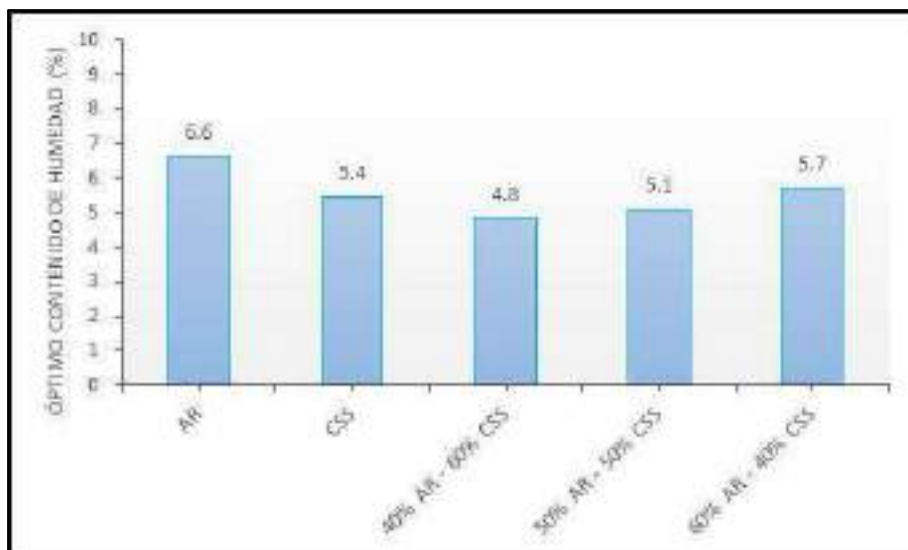
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 57, se observa los valores promedios del optimo contenido de humedad, siendo la mezcla 01 de la proporción 40%AR – 60%CSS con el menor valor obtenido de este parámetro, con un valor de 4.8%, y el valor más alto del optimo contenido de humedad es de la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60%AR – 40%CSS, con un valor promedio de 5.7%.

(Reyes Lizcano & Rondón Quintana, 2015) describe que la variación del óptimo contenido de humedad del material, origina un incremento de vacíos el cual reduce la rigidez y la resistencia del material.

Figura 57

Valores promedio del óptimo contenido de humedad OCH.



Fuente: Elaboración propia

5.2 Analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.

Primeramente, con el planteamiento del objetivo 01 donde se busca un análisis de las propiedades físicas mecánicas de los materiales de la cantera de suelo salino y la del agregado de río para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, se hizo una caracterización de los materiales con los requisitos que se menciona en la EG-2013 para la implementación de una carretera de afirmado, ante esto en la Tabla 27 y la Tabla 28 se muestra los resultados obtenidos tanto de la cantera de suelo salino como la del agregado de río.

Tabla 29*Cuadro de resultados de las 03 muestras del AR*

Ensayos	Requisitos EG – 2013 (Afirmado)	Agregado De río			Validez
		M-1	M-2	M-3	
Huso granulométrico	---	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No cumple
Desgaste los Ángeles	Máx. 50%	31.5%	31.9%	30.7%	Cumple
Limite liquido	Máx. 35%	NP	NP	NP	No cumple
Índice de plasticidad	4-9%	NP	NP	NP	No cumple
CBR al 100% de la MDS	Mín. 40%	66.0%	70.6%	63.2%	Cumple

Fuente: Elaboración propia**Tabla 30***Cuadro de resultados de las 03 muestras de la CSS*

Ensayos	Requisitos EG – 2013 (Afirmado)	Cantera de Suelo Salino			Validez
		M-1	M-2	M-3	
Huso granulométrico	---	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Desgaste los Ángeles	Máx. 50%	13.5%	13.8%	13.7%	Cumple
Limite liquido	Máx. 35%	16.0%	16.0%	16.0%	Cumple
Índice de plasticidad	4-9%	6.0%	6.0%	5.0%	Cumple
CBR al 100% de la MDS	Mín. 40%	103.0%	104.2%	97.6%	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Análisis

Haciendo un análisis de los valores presentados en la Tabla N°27, comparados los resultados obtenidos con los requisitos que exige la norma EG-2013, se puede apreciar que en las 03 muestras del agregado de río, los requisitos que no cumplen para un material de afirmado, son el huso granulométrico donde en los tamices de 1", N°04, N°10 y el Tamiz N°200 están fuera del rango del huso granulométrico (Ver Figura 16, 17 y 18), así también se aprecia que es un material no plástico, por lo tanto tampoco cumple el Índice plástico, ante esto los únicos requisitos que cumplen las 03 muestras del agregado de río son el desgaste a la abrasión, el límite líquido y el CBR.

Así también haciendo un análisis de la Tabla N°28 donde se detalla los valores obtenidos de la cantera de suelo salino, se observa el cumplimiento de todos los requisitos que exige la norma EG-2013 para una carretera de afirmado.

Y haciendo un comparativo de los requisitos obtenidos de ambos materiales tanto del agregado de río y la cantera de suelo salino se llega a la conclusión lo siguiente:

- El desgaste de abrasión de la cantera de suelo salino es más bajo que las muestras del agregado de río, por lo tanto, se concluye que las gravas de la cantera de suelo salino son más resistentes a agentes abrasivos.
- Con los valores obtenidos del Índice de plasticidad del agregado de río, la clasificación SUCS (Ver Tabla 8), lo clasifica como una arena mal graduada con grava SP, por ser un material no plástico, a diferencia de la cantera de suelo salino, el cual con el valor obtenido, según la clasificación SUCS (Ver Tabla 8), lo clasifica como una grava arcillosa limosa con arena GC-GM, con esto se concluye que el agregado de río al ser un material no plástico su fuerza cohesiva es nula, lo que hará difícil su trabajabilidad para una adecuada conformación del material de afirmado, contrario a la cantera de suelo salino.
- El CBR del agregado de río cumple el CBR mínimo que exige una carretera de afirmado, así como el material de la cantera de suelo salino, ambos materiales tienen valores por encima del 40% (Ver Tabla N°27 y Tabla N°28), con esos resultados se concluye que ambos suelos tienen una capacidad de soporte adecuada para la colocación de un material de afirmado.

Debido a que el material del agregado de río al ser un suelo no plástico, el cual hace su fuerza cohesiva nula, así también que la cantera de suelo salino al tener una considerable cantidad de sales propios del suelo (Ver Tabla 14), a esto varios autores hacen mención como la estabilización con sales otorga una fuerza cohesiva al material estabilizado, el cual evita el desgaste

del suelo causado por los agentes abrasivos (MTC 2014), así también (Morales & Pailacura, 2019), hace mención como las sales otorgan una cementación dura a la capa de rodadura, similar a la de pavimento, por este motivo se hicieron ensayos adicionales como son la cantidad de sales solubles, debido a la concentración de sales existentes en la cantera de suelo salino, este suelo fue utilizado para mejorar la fuerza cohesiva del agregado de río, mediante la combinación o mezcla de suelos y así poder estabilizarlo para darle una mejor trabajabilidad, esta fuerza cohesiva fue verificada con el ensayo de corte directo, ensayo donde se obtuvo los parámetros de la cohesión y el ángulo de fricción.

5.3 Capacidad de soporte mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río.

Capacidad de soporte CBR

La EG-2013 determina un valor mínimo de la capacidad de soporte mediante el ensayo de CBR para una carretera de afirmado, siendo 40% el valor mínimo (Ver Figura 58), si bien el agregado de río cumple con este requisito para una carretera de afirmado (Ver Tabla 29), pero la falta de cohesión de estos materiales (Ver Tabla 15), hace difícil su trabajabilidad en campo para otorgar una adecuada compactación (Austroads, 2009).

Ensayo descrito en la norma MTC E 132 (CBR de Suelos (Laboratorio)) y en la norma ASTM D 1883 (Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils).

En la Tabla 31 se muestra los resultados del ensayo de CBR, de todos valores obtenidos del agregado de río, de la cantera de suelo salino, así como de las 03 mezclas planteadas.

Tabla 31

Resultados del ensayo de CBR (AR, CSS, Mezcla 01, 02 y 03).

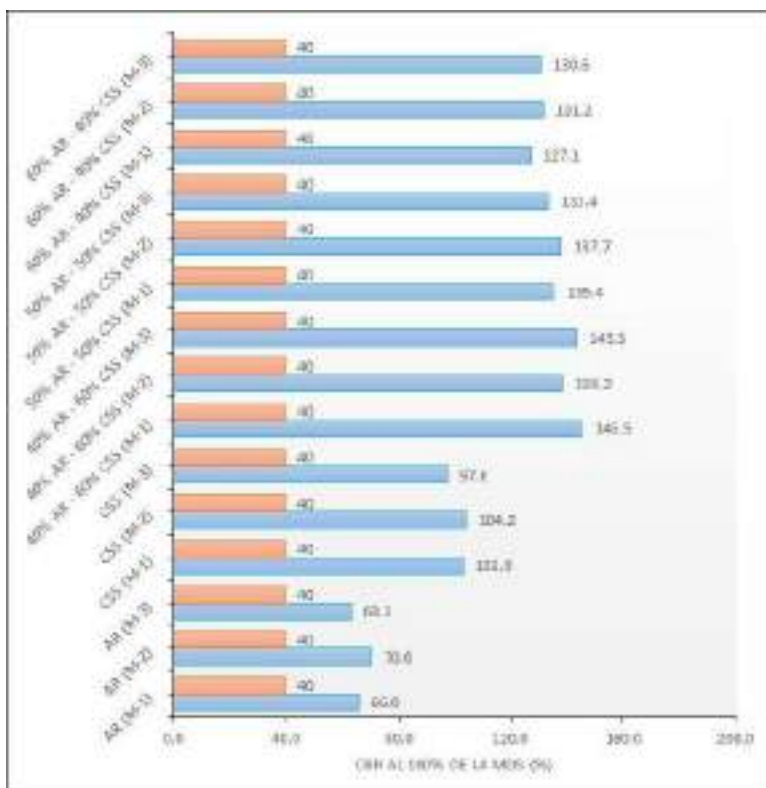
Mezclas	Muestra	CBR al 100% de la MDS (%)
Agregado de río	M-1	66.0
	M-2	70.6
	M-3	63.2
Cantera de suelo salino	M-1	103.0
	M-2	104.2
	M-3	97.6
Mezcla 01 (40%AR - 60%CSS)	M-1	145.5
	M-2	138.2
	M-3	143.3
Mezcla 02 (50%AR - 50%CSS)	M-1	135.4
	M-2	137.7
	M-3	133.4
Mezcla 03 (60%AR - 40%CSS)	M-1	127.1
	M-2	131.2
	M-3	130.6

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 31, se muestran los valores del CBR al 100% de la MDS, de todas las muestras realizadas considerando las muestras de la cantera de suelo salino, así como las muestras de las 03 mezclas con las proporciones establecidas tienen un CBR superior al 100%, excepto las 03 muestras del agregado de río y la muestra 03 de la cantera de suelo salino, los valores obtenidos del valor de CBR cumplen la especificación mínima que exige la EG-2013, el valor mínimo solicitado es de 40% (Ver Figura 58).

Figura 58

Valores del CBR al 100% de la MDS



Fuente: Elaboración propia

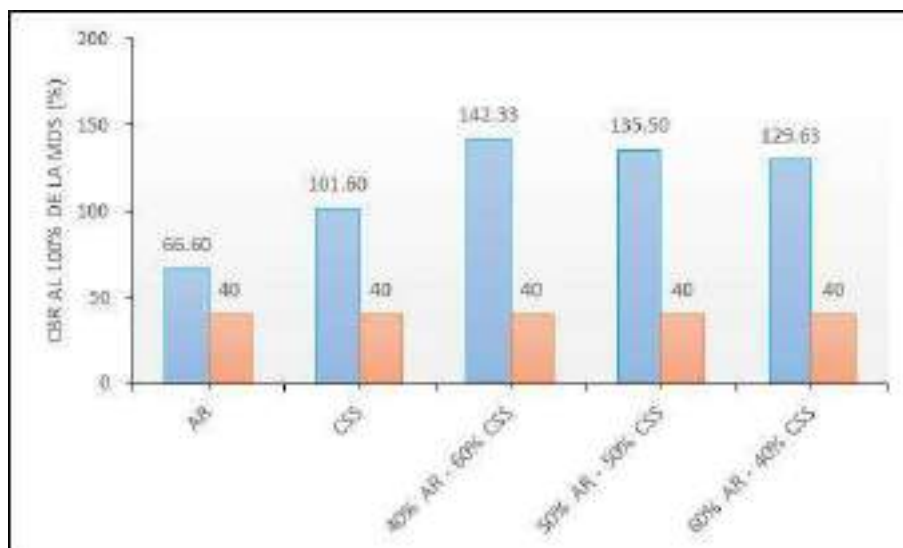
En la Figura 59, se observa los valores promedios del CBR al 100% de la MDS, siendo la mezcla 01 de la proporción 40% AR – 60% CSS con el mayor valor obtenido del CBR, con un valor de 142.3%, y el valor más bajo del CBR es de la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60% AR – 40% CSS, con un valor promedio de 129.6%.

Teniendo en cuenta que la EG 2013 considera como requisito un valor mínimo de 40% de CBR para una carretera de afirmado, los valores promedios de todas las muestras cumplen el requisito mínimo establecido.

De igual manera con estos resultados se puede apreciar que la cantera de suelo salino tiene más influencia para un incremento del CBR.

Figura 59

Valores promedios de los CBR (%) al 100% de la MDS.



Fuente: Elaboración propia

5.4 Resistencia al esfuerzo cortante mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río, para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.

La resistencia al esfuerzo cortante es un parámetro que influye en la trabajabilidad del material colocado para obtener una compactación adecuada (Austroads, 2009), la resistencia al esfuerzo cortante está determinada por la cohesión y el ángulo de fricción interna del material, donde la cohesión es el parámetro que influye en la resistencia al corte, para determinar los parámetros del esfuerzo cortante se realizó el ensayo de corte directo, el procedimiento para realizar esta ensayo esta descrito en el Ítem. 5.4.8.2, en las siguientes figuras se detalla los valores obtenidos de los parámetros del ensayo de corte directo como la cohesión y el ángulo de fricción.

(Austroads, 2006) hace mención que la capacidad de carga de un material de base, subbase son afectados principalmente por la cohesión y el ángulo de fricción interna del material, las cuales estas determinadas por la plasticidad del material y la forma de las partículas de los agregados respectivamente.

Siendo el agregado de río un material no plástico y la cantera de suelo salino un material con valores de índice de plasticidad de 5 y 6 (Ver Tabla 7), así también que todas las muestras de las 03 mezclas con las proporciones planteadas son materiales no plásticos, fue necesario determinar la cohesión y ángulo de fricción de todas las muestras, esto debido a la concentración de sales existentes en la cantera de suelo salino.

En la Tabla 32 se muestra los resultados del ensayo de corte directo, de todos valores obtenidos del agregado de río, de la cantera de suelo salino, así como de las 03 mezclas planteadas, donde se detalla los parámetros obtenidos con el siguiente ensayo como son la cohesión y el ángulo de fricción

Tabla 32

Resultados del ensayo de Corte Directo (AR, CSS, Mezcla 01, 02 y 03).

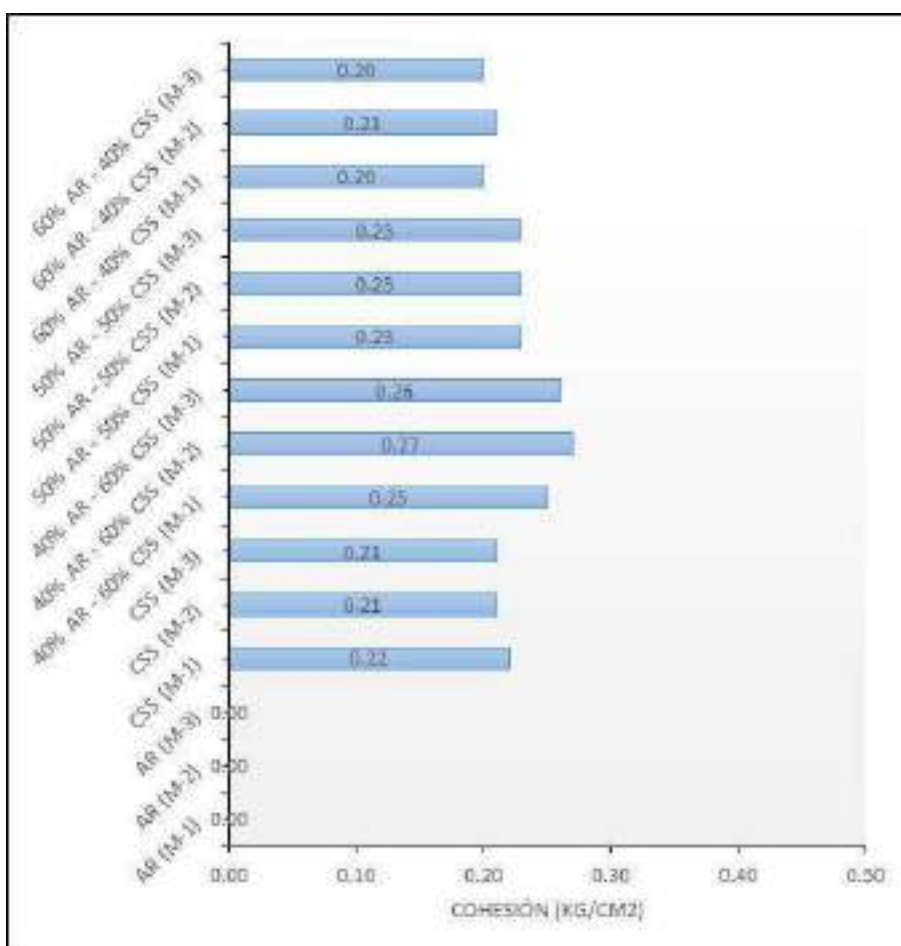
Mezcla de canteras	Muestra	Cohesión (kg/cm ²)	Ángulo de fricción (°)	Esfuerzo Cortante (kg/cm ²)
Agregado de río	M-1	0.00	44.0	1.74
	M-2	0.00	44.6	1.77
	M-3	0.00	45.4	1.83
Cantera de suelo salino	M-1	0.22	47.8	2.14
	M-2	0.21	48.4	2.17
	M-3	0.21	48.4	2.18
Mezcla 01 (40% AR – 60% CSS)	M-1	0.25	48.5	2.21
	M-2	0.27	48.2	2.21
	M-3	0.26	47.8	2.18
Mezcla 02 (50% AR – 50% CSS)	M-1	0.23	44.4	1.98
	M-2	0.23	44.9	2.02
	M-3	0.23	45.4	2.04
Mezcla 03 (60% AR – 40% CSS)	M-1	0.20	42.9	1.83
	M-2	0.21	43.4	1.87
	M-3	0.20	42.2	1.80

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 32, así también como en la figura 60 se muestra los valores de la cohesión de todas las muestras realizadas considerando las 03 muestras del agregado de río y las 03 muestras de la cantera de suelo salino, así como las muestras de las 03 mezclas con las proporciones establecidas, en donde se aprecia que las muestras del agregado de río presentan una cohesión cero, a diferencia de la cantera de suelo salino y las muestras de las 03 mezclas los cuales presentan una cohesión superior a 0.20 kg/cm^2 .

Figura 60

Valores de la cohesión.



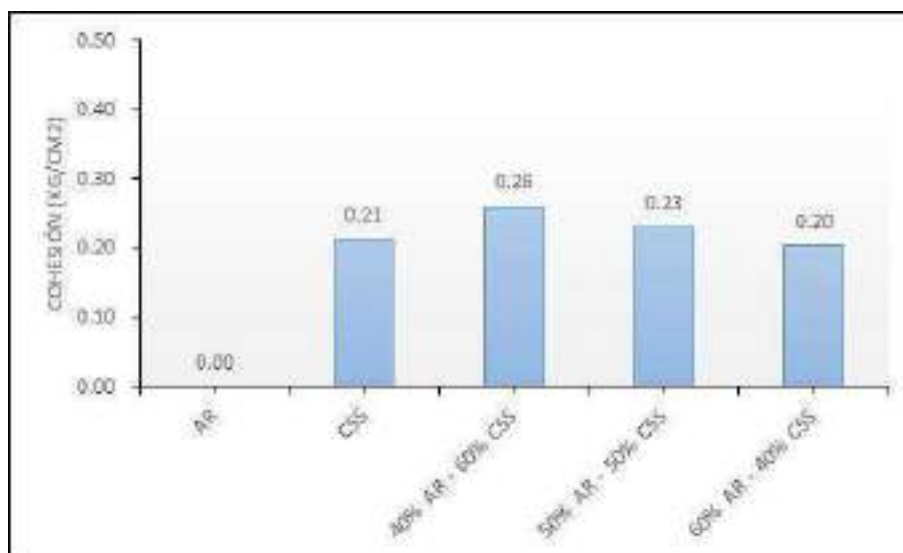
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 61, se muestra los valores promedios de la cohesión, siendo la mezcla 01 de la proporción 40% AR – 60% CSS con el mayor valor obtenido de la cohesión, con un valor de 0.26

kg/cm³, y el valor más bajo de la cohesión es de la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60% AR – 40%CSS, con un valor promedio de 0.20 kg/cm³, así también se puede apreciar que el valor promedio de la cohesión de la cantera de suelo salino es superior a la cohesión de la mezcla (proporción 60% AR – 40%CSS).

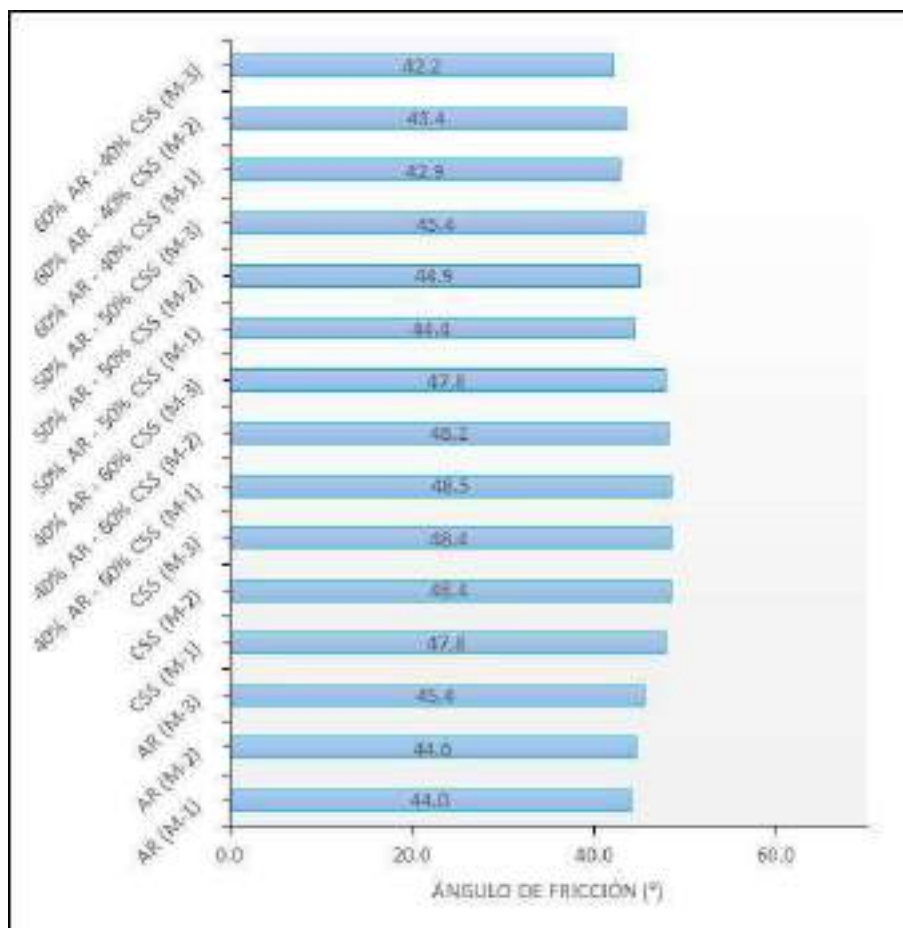
Figura 61

Valores promedios de la cohesión



Fuente: Elaboración propia

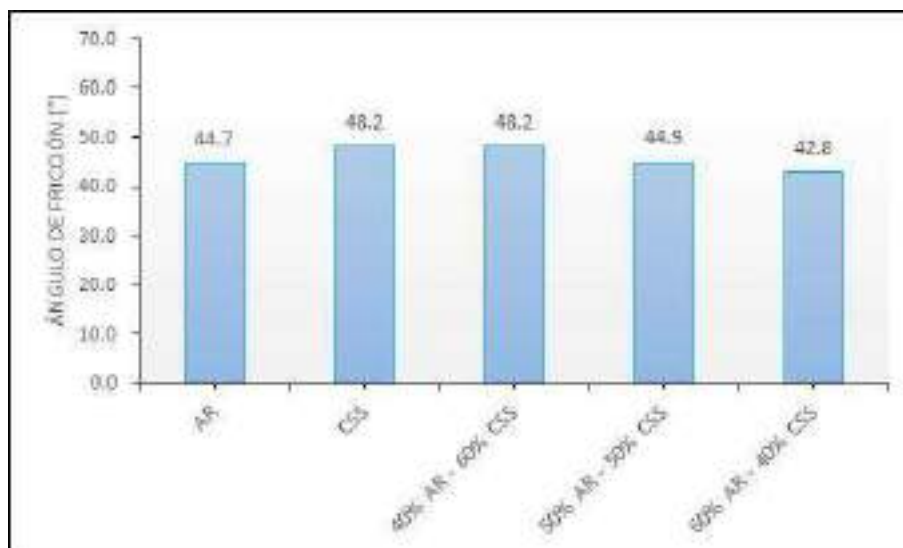
En la figura 62 se muestra los valores de la fricción interna de todas las muestras realizadas considerando las 03 muestras del agregado de río y las 03 muestras de la cantera de suelo salino, así como las muestras de las 03 mezclas con las proporciones establecidas, en donde se aprecia que todas las muestras presentan un ángulo de fricción superior a 40°, esto debido a ser suelos no plásticos o de baja plasticidad como la cantera de suelo salino, que al mezclarlo con el agregado de río en las 03 proporciones obtiene la propiedad de ser suelos no plásticos.

Figura 62*Valores del ángulo de fricción*

En la Figura 63, se muestra los valores promedios del ángulo de fricción, siendo la mezcla 01 de la proporción 40%AR – 60%CSS con el mayor valor obtenido de este parámetro, con un valor de 48.2° valor similar obtenido de la cantera de suelo salino, y el valor más bajo del ángulo de fricción es de la mezcla 03 con la proporción de materiales de 60%AR – 40%CSS, con un valor promedio de 42.8°, siendo el valor más bajo comparado también con el valor promedio obtenido del agregado de río.

Figura 63

Valores promedios del ángulo de fricción



Fuente: Elaboración propia

5.5 Discusión de resultados

A partir de los resultados encontrados, se da veracidad a la hipótesis general, el cual establece una relación de variables de como la estabilización de una carretera de afirmado dependerá de la mezcla de suelo salino y del agregado de río en el Distrito de Macacona, para esto se buscó una proporción adecuada de la mezcla de ambos suelos, y para establecer y determinar la proporción primero se determinó las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y del agregado de río por separado, para luego establecer las proporciones de la mezcla de suelos para incrementar la capacidad de soporte CBR y mejorar la resistencia al esfuerzo cortante del agregado de río.

Discusión de resultados del Objetivo N°01, Según el objetivo analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, con este objetivo, se demostró como las propiedades físicas y mecánicas influyen en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, para esto se hizo un análisis de

las propiedades por separado, tomando en cuenta los parámetros para la colocación de un material de afirmado descrito en el EG-2013, los cuales se detalla en la Tabla 29, 30 y 31:

En la Tabla 29, 30, 31 se detallan los resultados obtenidos del AR y la CSS de la muestra 01, muestra 02 y muestra 03, donde el agregado de río no cumple con los requisitos que exige la EG-2013 como son el Huso granulométrico, y el Índice de plasticidad, adicional a esto se realizaron ensayos como son la cantidad de sales solubles, esto por la concentración de sales solubles existentes en la cantera del km. 48+950, y el ensayo de corte directo donde se obtuvo la cohesión y el ángulo de fricción.

Tabla 33

Resultados obtenidos del AR y de la CSS – Muestra 01

Ensayos	EG – 2013	Agregado río	Validez	Cantera suelo salino	Validez
Huso granulométrico	---	---	No cumple	Cumple	Cumple
Desgaste los Ángeles	Máx. 50%	31.5 %	Cumple	13.5 %	Cumple
Limite liquido	Máx. 35%	NP	Cumple	16 %	Cumple
Índice de plasticidad	4-9%	NP	No cumple	6 %	Cumple
CBR al 100% de la MDS	Mín. 40%	66 %	Cumple	103.0 %	Cumple
Cantidad de sales solubles	---	0.8	---	4.0	---
Cohesión	---	0.0	---	0.22	---
Angulo de fricción	---	44.0	---	47.8	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34

Resultados obtenidos del AR y de la CSS – Muestra 02

Ensayos	EG – 2013	Agregado río	Validez	Cantera suelo salino	Validez
Huso granulométrico	---	---	No cumple	Cumple	Cumple
Desgaste los Ángeles	Máx. 50%	31.9 %	Cumple	13.8%	Cumple
Limite liquido	Máx. 35%	NP	Cumple	16%	Cumple
Índice de plasticidad	4-9%	NP	No cumple	6%	Cumple
CBR al 100% de la MDS	Mín. 40%	70.6 %	Cumple	104.2%	Cumple
Cantidad de sales solubles	---	0.6	---	3.9	---
Cohesión	---	0.00	---	0.21	---
Angulo de fricción	---	44.6	---	48.4	---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35*Resultados obtenidos del AR y de la CSS – Muestra 03*

Ensayos	EG – 2013	Agregado río	Validez	Cantera suelo salino	Validez
Huso granulométrico	---	---	No cumple	Cumple	Cumple
Desgaste los Ángeles	Máx. 50%	30.7 %	Cumple	13.7 %	Cumple
Limite liquido	Máx. 35%	NP	Cumple	16 %	Cumple
Índice de plasticidad	4-9%	NP	No cumple	5 %	Cumple
CBR al 100% de la MDS	Mín. 40%	63.2 %	Cumple	97.6 %	Cumple
Cantidad de sales solubles	---	0.7	---	4.0	---
Cohesión	---	0.00	---	0.21	---
Angulo de fricción	---	45.4	---	48.4	---

Fuente: Elaboración propia

Haciendo un análisis de los resultados obtenidos, con los parámetros que no cumplen en el agregado de río, y con los ensayos adicionales, se puede observar que el agregado de río tiene una cohesión cero, esto por la falta de un ligante natural como son las arcillas, es así que (Austroads, 2006), define a los materiales de río sin triturar con un material que necesita estabilizar por tener propiedades deficientes para ser utilizado con un material de afirmado, base o subbase, así también detalla que como propiedades principales que afectan la capacidad de carga son la cohesión y la fricción interna del material.

Haciendo una comparación con el estudio realizado por (Aguilar Condori, 2018), el cual tiene como objetivo determinar las propiedades de la cantera Taparachi y la cantera Cabanillas para un material de base y subbase, y su influencia, donde determina que la cantera Taparachi no cumple con las requisitos que exige un material de base, siendo los parámetros que no cumplen, el huso granulométrico, el límite líquido, el cual no cumple para un material de base, el índice de plasticidad para un material de base y subbase, así como el CBR, que cumple para un material de subbase más de una base granular, luego se hizo una evaluación de la cantera Cabanillas los cuales presentaron resultados más favorables siendo el huso granulométrico el único ensayo que no cumplen los parámetros para un material de base y subbase, ante esto por sus propiedades

presentadas siendo la cantera Taparachi un material con alta plasticidad y la cantera Cabanillas un material no plástico, ante esos resultados se propuso mezclar ambos materiales.

En base a los resultados presentados de las propiedades físicas y mecánicas del agregado de río del km. 01+000 y la cantera de suelo salino del km. 48+950, se demuestra que dichos resultados influyen en la estabilización de una carretera de afirmado, siendo necesario realizar una mezcla de suelos para la mejora de sus propiedades, tanto la capacidad de soporte CBR, así como la resistencia al esfuerzo cortante.

Discusión de resultados del Objetivo N°02, Según el objetivo obtener la capacidad de soporte mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río, en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, respecto a este objetivo, donde se busca el incremento de la capacidad de soporte CBR del agregado de río, establecido las proporciones adecuadas del agregado de río con la cantera de suelo salino, en la Tabla 24 se aprecia los valores obtenidos de la capacidad de soporte de las 03 mezclas planteadas, donde se ve un incremento del valor del CBR con respecto al CBR del agregado de río (Ver Tabla 13), siendo la mezcla 01 con la proporción 40%AR – 60%CSS, con el valor más alto obtenido de 142.3% en promedio, esto al 100% de la Máxima Densidad Seca, estos resultados obtenidos los cuales están por encima del 100% de la capacidad de soporte podrían estar influenciados por la cantidad de sales presentes dentro de la cantera de suelo salino del km. 48+950 (ver Tabla 14 y Tabla 25), los cuales las 03 mezclas presentan contenidos de sales solubles en un rango de 2.1 a 2.9 en promedio, haciendo un comparativo con estudio realizado por (Quiroz Alcántara, 2020), en su tesis titulada “Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de tránsito desde el caserío Los Tubos hasta el caserío Pozo Cuarentena, Distrito de Mórrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque” quien utilizó la sal como aditivo externo (cloruro de

sodio), en porcentajes de 1%, 1.5% y 2%, comparados con la muestra patrón, se llegó a la conclusión, de un incremento del valor del CBR con los 03 porcentajes definidos, por lo tanto con los resultados presentados se concluye que las proporciones realizadas con la mezcla del agregado de río y la cantera de suelo salino incrementan el CBR del agregado de río.

Así mismo en el estudio realizado por (Morales & Pailacura, 2019) en su tesis “Estudio del Comportamiento de una carpeta de rodado Estabilizado con Cloruro de Sodio” donde tuvo por objetivo mejorar la capacidad de soporte (CBR) y la resistencia al esfuerzo cortante mediante la adición de sales (Cloruro de Calcio), para este estudio se añadió contenido de sales en 0.5%, 1%, 1.5% y 2%. y en todos los porcentajes se vio un incremento de la capacidad de soporte de la muestra patrón el cual tiene un valor de CBR de 109% al 100% de la máxima densidad seca, el valor más alto se obtuvo con la adición de 1% de cloruro de calcio con un valor obtenido de 151%, por lo tanto, con los resultados presentados se concluye que la adición de sales (Cloruro de Calcio), mejora la capacidad de soporte CBR.

En base a esto se establece que realizar una mezcla de suelos, tomando en cuenta una cantera con concentración de sales o suelo salino, incrementa la capacidad de soporte CBR del agregado de río.

Discusión de resultados del Objetivo N°03, Según el objetivo presentado el cual consiste en determinar la resistencia al esfuerzo cortante mediante diferentes proporciones de mezcla de suelo salino y agregado de río, para la estabilización de una carretera a nivel de afirmado, este objetivo, busca encontrar la mejora de la resistencia al esfuerzo cortante del agregado de río, mezclándolo con un material que le otorgue la cohesión necesaria para cumplir dicho objetivo, de igual manera determinado las proporciones de las 03 mezclas planteadas del agregado de río con la cantera de suelo salino, en la Tabla 26 se aprecia la mejora de la resistencia al esfuerzo cortante

con respecto al esfuerzo cortante del agregado de río (Ver Tabla 15), siendo la mezcla 01 con la proporción 40%AR – 60%CSS, con el valor más alto obtenido de 2.20 kg/cm² en promedio, tomando en cuenta que el esfuerzo cortante del agregado de río solo está influenciado por su ángulo de fricción mas no por su cohesión por ser nula (Ver Tabla 15), ante esto, todas las mezclas realizadas presentan cohesión (**Ver Tabla 26**), haciendo un comparativo con el estudio realizado por (Morales & Pailacura, 2019) en su tesis “Estudio del Comportamiento de una carpeta de rodado Estabilizado con Cloruro de Sodio” donde tuvo por objetivo mejorar el CBR y la resistencia al esfuerzo cortante mediante la adición de sales (Cloruro de Calcio), para este estudio se añadió contenido de sales en 0.5%, 1%, 1.5% y 2%. y en todos los porcentajes se vio un incremento del ángulo de fricción y la cohesión, donde la muestra patrón tuvo un incremento en ambos parámetros que determina el esfuerzo cortante, primero el ángulo de fricción tuvo una mejora de 32.16° a 39.31° con una adición de 2% de Cloruro de Calcio, y la cohesión también tuvo una mejora de un valor de 9.2 kg/cm² de la muestra patrón hasta un 32.4 kg/cm², con una adición del 2% de cloruro de calcio, por lo tanto, con los resultados presentados se concluyó que a mayor adición de sales (2% de cloruro de calcio), tanto la cohesión y el ángulo de fricción incrementan un mayor valor de dichos parámetros.

Cabe resaltar que las 03 mezclas realizadas con materiales del agregado de río y la cantera de suelo salino, no presentan plasticidad al ser materiales no plásticos (Ver tabla 20), siendo las 03 mezclas materiales no plásticos, ante esto, la cohesión que presentan las 03 mezclas podría estar influenciadas por la concentración de sales que presenta la cantera del km. 48+950.

En base a esto se determina que realizar una mezcla de suelos, tomando en cuenta una cantera con concentración de sales o suelo salino, mejora la resistencia al esfuerzo cortante del agregado de río.

5.6 Análisis estadísticos (contraste de hipótesis)

En la presente investigación se procesó la información adquirida en el experimento y se procedió a realizar el respectivo análisis de datos obtenidos. En esta parte se presentará los resultados a un nivel relacional y explicativo a partir de nuestra línea de investigación teniendo en cuenta nuestra intención analítica, presentaremos además las pruebas de hipótesis, donde se utilizó los criterios de causalidad.

Para esta investigación, realizaremos la contratación de la hipótesis a nivel descriptivo para la hipótesis 1 y de nivel inferencial para la hipótesis 2 y 3 usando criterios de causalidad, la determinación de nuestra hipótesis H_0 y H_1 estará sujeto bajo pruebas estadísticas para la determinación de la normalidad, para el análisis del conjunto de datos obtenidos a partir de las muestras, se determinará si los datos siguen una distribución normal para ello se realizará el análisis por Shapiro-Wilk según variables de estudio debido a que los datos son menores a 50. Además, verificaremos la naturaleza de la variable, en este caso tenemos variables numéricas aleatorias por tanto mediremos la intensidad de la relación con el coeficiente de correlación de R de Pearson en caso de tener datos paramétricos, y el Rho de Spearman en caso de datos no paramétricos.

5.6.1 *Propiedades físicas y mecánicas*

- **Detallado estadístico:**

Para la primera hipótesis planteada se realizó un análisis estadístico descriptivo debido a que solo se busca el cumplimiento de los requisitos exigidos para la colocación de una carretera de afirmado detallados en la EG-2013.

- **Contrastación de la Hipótesis 1:**

Para determinar la influencia de las propiedades físicas y mecánicas en la estabilización de una carretera de afirmado se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río no influyen de manera óptima en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.

Ha (Hipótesis alterna): Las propiedades físicas y mecánicas del suelo salino y el agregado de río influyen de manera óptima en la estabilización de una carretera a nivel de afirmado.

Tabla 36

Valores promedio de las propiedades físicas y mecánicas del AR y la CSS

Ensayos	EG – 2013	Agregado río	Validez	Cantera suelo salino	Validez
Huso granulométrico	---	---	No cumple	Cumple	Cumple
Desgaste los Ángeles	Máx. 50%	31.4 %	Cumple	13.7 %	Cumple
Limite liquido	Máx. 35%	NP	Cumple	16 %	Cumple
Índice de plasticidad	4-9%	NP	No cumple	6 %	Cumple
CBR al 100% de la MDS	Mín. 40%	66.6 %	Cumple	101.6 %	Cumple
Cantidad de sales solubles	---	0.7	---	4.0	---
Cohesión	---	0.00	---	0.21	---
Angulo de fricción	---	44.7	---	48.2	---

Fuente: Elaboración propia

En la tabla mostrada se muestra que el agregado de río no cumple 02 requisitos que exige la EG-2013 como son el huso granulométrico y el índice de plasticidad (ver Tabla 32), a diferencia de la cantera de suelo salino que cumple todos los requisitos que solicita la EG-2013, ante esto se demuestra que las propiedades físicas y mecánicas del agregado de río y la cantera de suelo salino influyen de manera óptima en la estabilización de una carreta de afirmado.

5.6.2 CBR al 100% para 0.1”

- **Detallado estadístico:**

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del CBR resultante al 100% de máxima densidad seca para 0.1” en relación con las diferentes mezclas de canteras, agregado de río, cantera de suelo salino, la proporción de 40% (agregado de río) – 60% (cantera de suelo salino), la proporción de 50% (agregado de río) – 50% (cantera de suelo salino) y la proporción de 60% (agregado de río) – 40% (cantera de suelo salino).

Tabla 37

Detallado estadístico para el CBR al 100%

Mezcla de canteras				Estadístico	Error estándar	
Valor de soporte C.B. R. 0.1" (100%)	Agregado de río (AR)	Media		66.600	2,1672	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	57.318		
			Límite superior	75.882		
		Media recortada al 5%				
		Mediana		66.000		
		Varianza		13.860		
		Desviación estándar		3,7363		
		Mínimo		63.2		
		Máximo		70.6		
		Rango		7.4		
		Rango intercuartil				
		Asimetría		.704	1,225	
		Curiosis				
		Canteras de suelo salino (C.S.S)		Media		101.600
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			92.867		
	Límite superior			110.333		
Media recortada al 5%						
Mediana				103.000		
Varianza				12.360		
Desviación estándar				3,5157		
Mínimo				97.6		
Máximo				104.2		
Rango				6.6		
Rango intercuartil						
Asimetría				-1.608	1,225	
Curiosis						
40% (AR) + 60% (C.S.S)				Media		142.333
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	133.031		
			Límite superior	151.636		
		Media recortada al 5%				
		Mediana		143.300		
		Varianza		14.023		
		Desviación estándar		3,7448		
		Mínimo		138.2		
		Máximo		145.5		
		Rango		7.3		
		Rango intercuartil				
		Asimetría		-1,064	1,225	
		Curiosis				
		50% (AR) + 50% (C.S.S)		Media		135.500
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			130.155		
	Límite superior			140.845		
Media recortada al 5%						

	Mediana	135,400	
	Varianza	4,630	
	Desviación estándar	2,1517	
	Mínimo	133,4	
	Máximo	137,7	
	Rango	4,3	
	Rango intercuartil		
	Asimetría	,209	1,225
	Curvosis		
60% (AR) + 40% (CSS)	Medio	129,633	1,2785
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	124,133 135,134
	Media recortada al 5%		
	Mediana	130,600	
	Varianza	4,903	
	Desviación estándar	2,2143	
	Mínimo	127,1	
	Máximo	131,2	
	Rango	4,1	
	Rango intercuartil		
	Asimetría	-1,590	1,225
	Curvosis		

Fuente: Elaboración propia SPSS

- **Distribución paramétrica:**

Para determinar la distribución de los resultados del CBR al 100% de máxima densidad seca para 0.1” se plantean las siguientes hipótesis:

H₀ (Hipótesis nula): Los resultados de CBR al 100% ante las diferentes mezclas de canteras pertenecen a una distribución normal.

H_a (Hipótesis alterna): Los resultados de CBR al 100% ante las diferentes mezclas de canteras no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se comprueba que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 3, donde las significancias no bajan del máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “mezclas de canteras” en función de la variable dependiente “CBR al 100%”.

Tabla 38

Distribución paramétrica para el CBR al 100%

Valor de soporte C.B. R. 0.1" (100%)	Mezcla de canteras	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	Agregado de río (AR)	,230	3	.	,981	3	,734
	Cantera de suelo salino (CSS)	,321	3	.	,881	3	,328
	40% (AR) + 60% (CSS)	,269	3	.	,950	3	,569
	50% (AR) + 50% (CSS)	,185	3	.	,998	3	,923
	60% (AR) + 40% (CSS)	,335	3	.	,857	3	,260

a. Corrección de significación de Lilliefors

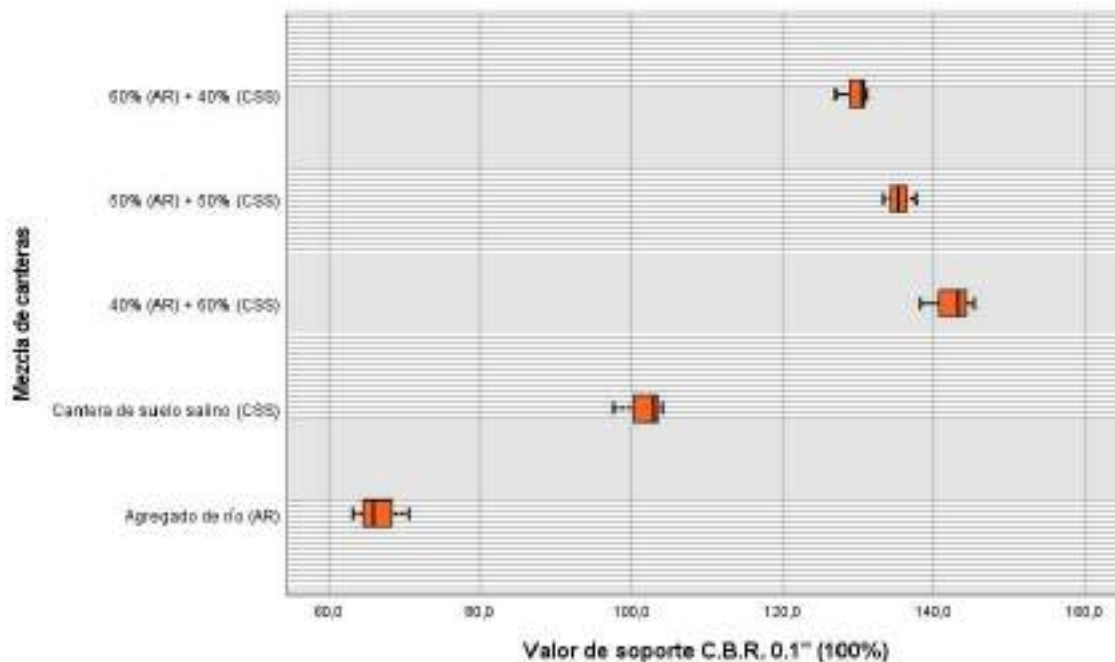
Fuente: Elaboración propia SPSS

▪ **Gráfica de cajas:**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la dispersión para los resultados de CBR al 100% de máxima densidad seca para cada mezcla de canteras, observando que se cumple con una dispersión dentro de sus rangos.

Figura 64

Gráfica de cajas para el CBR al 100%



Fuente: Elaboración propia SPSS

- **Prueba bivariada Pearson:**

Para la distribución de datos normal de los resultados de CBR al 100% se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.806 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “CBR al 100%” y la variable independiente “mezclas de canteras” es positiva alta.

Tabla 39

Prueba bivariada para el CBR al 100%

		<i>Mezcla de canteras</i>	<i>Valor de soporte C.B. R. 0.1" (100%)</i>
<i>Mezcla de canteras</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	1	,806**
	<i>Sig. (bilateral)</i>		<.001
	<i>N</i>	15	15
<i>Valor de soporte C.B. R. 0.1" (100%)</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	,806**	1
	<i>Sig. (bilateral)</i>	<.001	
	<i>N</i>	15	15

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

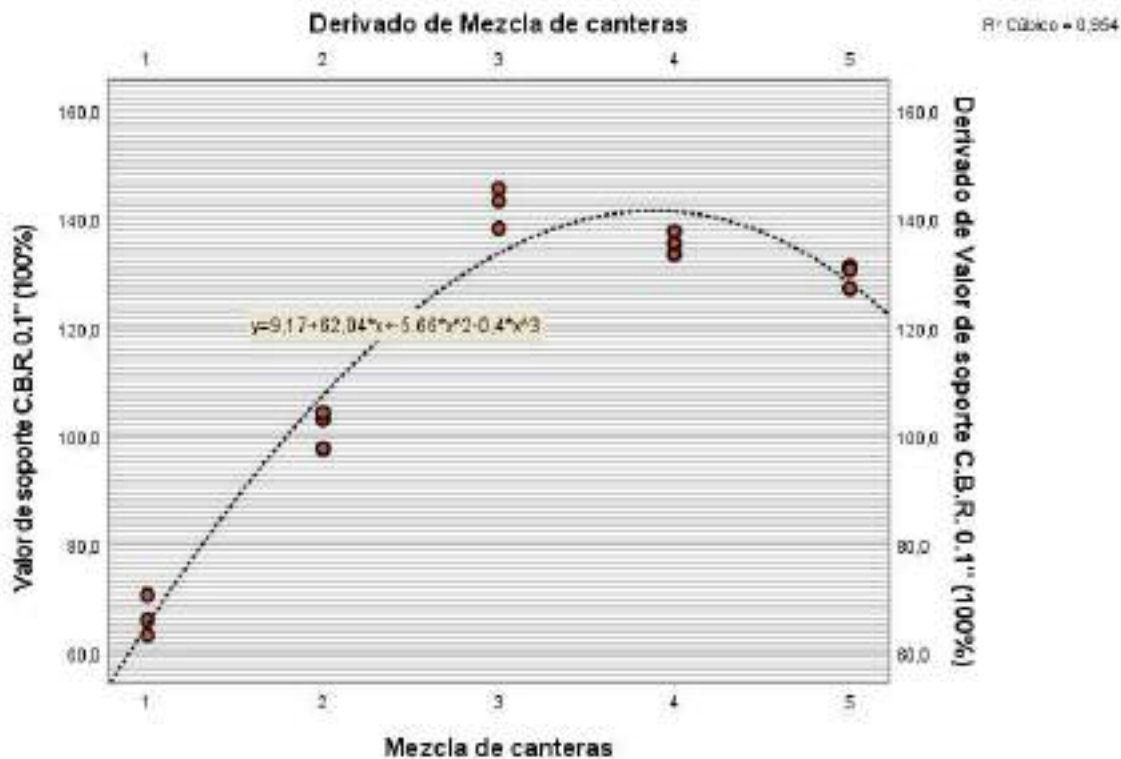
Fuente: Elaboración propia SPSS

- **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica de burbujas con la línea de ajuste y su respectiva ecuación resultante del análisis de la distribución normal entre las diferentes mezclas de canteras y el CBR al 100%, observando un comportamiento parabólico entre las variables con un R2 igual 0.954.

Figura 65

Diagrama de burbujas para el CBR al 100%



Fuente: Elaboración propia SPSS

5.6.3 Esfuerzo cortante (kg/cm^2)

- **Detallado estadístico:**

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del esfuerzo cortante resultante del ensayo de corte directo en relación con las diferentes mezclas de canteras, agregado de río, cantera de suelo salino, la proporción de 40% (agregado de río) – 60% (cantera de suelo salino), la proporción de 50% (agregado de río) – 50% (cantera de suelo salino) y la proporción de 60% (agregado de río) – 40% (cantera de suelo salino).

Tabla 40

Detallado estadístico para el esfuerzo cortante

Mezcla de canteras			Estadístico	Error estándar		
Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Agregado de río (AR)	Media	1,7800	0,2646		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,6652		
			Límite superior	1,8938		
		Media recortada al 5%				
		Mediana	1,7700			
		Varianza	,002			
		Desviación estándar	,04583			
		Mínimo	1,74			
		Máximo	1,83			
		Rango	,08			
		Rango intercuartil				
		Asimetría	,936	1,225		
		Kurtosis				
		Cantera de suelo estéril (CSS)		Media	2,1633	0,1202
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,1116
Límite superior	2,2150					
Media recortada al 5%						
Mediana	2,1700					
Varianza	,000					
Desviación estándar	,02082					
Mínimo	2,14					
Máximo	2,18					
Rango	,04					
Rango intercuartil						
Asimetría	-1,293			1,225		
Kurtosis						
40% (AR) + 60% (CSS)				Media	2,2067	0,1453
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,1442
		Límite superior	2,2692			
		Media recortada al 5%				
		Mediana	2,2100			
		Varianza	,001			
		Desviación estándar	,02517			
		Mínimo	2,18			
		Máximo	2,23			
		Rango	,05			
		Rango intercuartil				
		Asimetría	-5,885	1,225		
		Kurtosis				
		50% (AR) + 50% (CSS)		Media	2,0133	0,1754
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,9374
Límite superior	2,0892					
Media recortada al 5%						
Mediana	2,0200					
Varianza	,001					
Desviación estándar	,03055					
Mínimo	1,98					
Máximo	2,04					
Rango	,06					
Rango intercuartil						
Asimetría	-9,36			1,225		
Kurtosis						

68% (AR) - 46% (CSS)			
Media		1,8333	22028
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,7461	
	Límite superior	1,9206	
Media recortada al 5%		-	
Mediana		1,8300	
Varianza		,001	
Desviación estándar		,03512	
Mínimo		1,80	
Máximo		1,87	
Rango		,07	
Rango intercuartil		-	
Asimetría		,423	1,225
Curvosis		-	

Fuente: Elaboración propia SPSS

- **Distribución paramétrica:**

Para determinar la distribución de los resultados del esfuerzo cortante del ensayo de corte directo se plantean las siguientes hipótesis:

H₀ (Hipótesis nula): Los resultados de esfuerzo cortante ante las diferentes mezclas de canteras pertenecen a una distribución normal.

H_a (Hipótesis alterna): Los resultados de esfuerzo cortante ante las diferentes mezclas de canteras no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se comprueba que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 3, donde las significancias no bajan del máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “mezclas de canteras” en función de la variable dependiente “esfuerzo cortante”.

Tabla 41

Distribución paramétrica para el esfuerzo cortante

	Mezcla de canteras	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Agregado de río (AR)	,253	3	.	,964	3	,637
	Cantera de suelo salino (CSS)	,292	3	.	,923	3	,463
	40% (AR) + 60% (CSS)	,219	3	.	,987	3	,780
	50% (AR) + 50% (CSS)	,253	3	.	,964	3	,637
	60% (AR) + 40% (CSS)	,204	3	.	,993	3	,843

a. Corrección de significación de Lilliefors

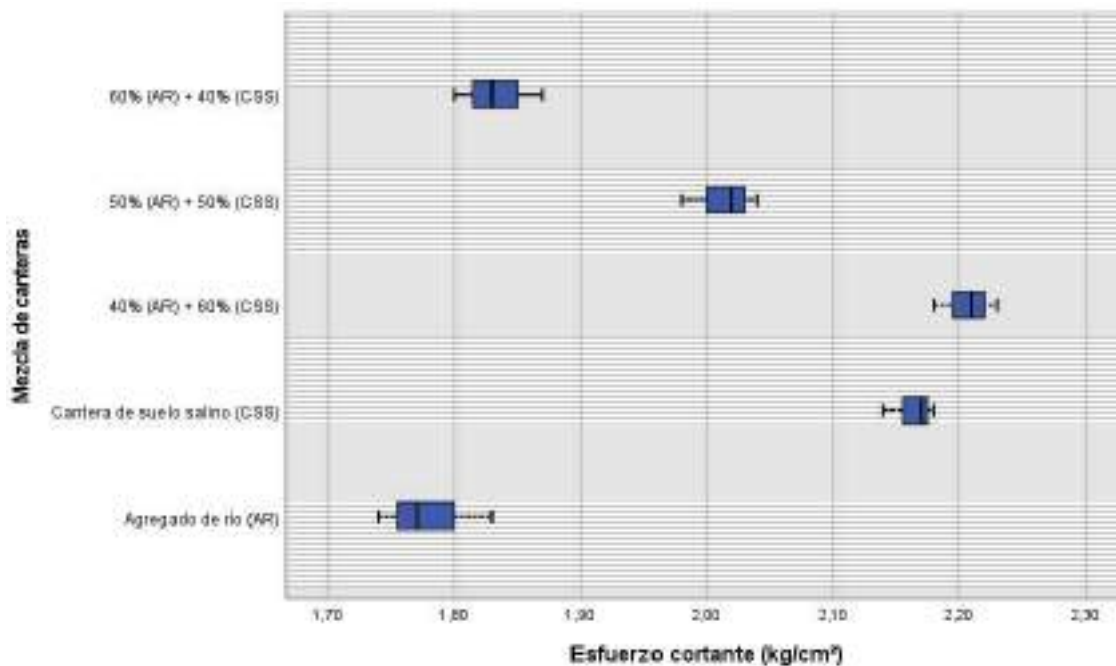
Fuente: Elaboración propia SPSS

▪ **Gráfica de cajas:**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la dispersión para los resultados de esfuerzo cortante para cada mezcla de canteras, observando que se cumple con una dispersión dentro de sus rangos.

Figura 66

Gráfica de cajas para el esfuerzo cortante



Fuente: Elaboración propia SPSS

- **Prueba bivariada Pearson:**

Para la distribución de datos normal de los resultados de esfuerzo cortante se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.504 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “esfuerzo cortante” y la variable independiente “mezclas de canteras” es negativa moderada.

Tabla 42

Prueba bivariada para el esfuerzo cortante

		<i>Mezcla de canteras</i>	<i>Esfuerzo cortante (kg/cm²)</i>
<i>Mezcla de canteras</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	1	-,504
	<i>Sig. (bilateral)</i>		,090
	<i>N</i>	15	15
<i>Esfuerzo cortante (kg/cm²)</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	-,504	1
	<i>Sig. (bilateral)</i>	,090	
	<i>N</i>	15	15

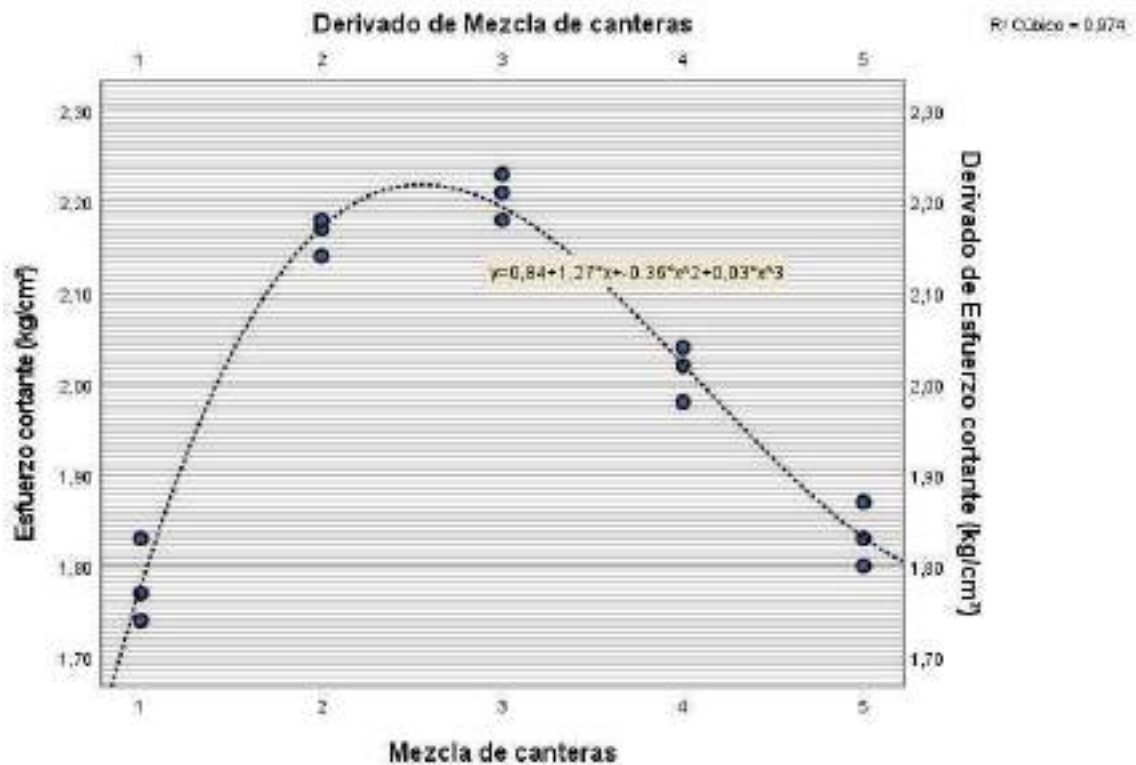
Fuente: Elaboración propia SPSS

- **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica de burbujas con la línea de ajuste y su respectiva ecuación resultante del análisis de la distribución normal entre las diferentes mezclas de canteras y el esfuerzo cortante, observando un comportamiento parabólico entre las variables con un R2 igual 0.974.

Figura 67

Diagrama de burbujas para el esfuerzo cortante



Fuente: Elaboración propia SPSS

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Terminado la investigación realizada con los objetivos planteados y las hipótesis a demostrar se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El empleo de la proporción 40%AR – 60%CSS (40% de agregado de río y 60% de suelo salino) en la mezcla demostró mejorar la estabilización de una carretera a nivel de afirmado llegando a optimizar sus propiedades. Respecto a la máxima densidad seca parámetro obtenido del ensayo del Proctor modificado, se aprecia un valor más alto donde existe mayor porcentaje de suelo salino en la mezcla de las proporciones realizadas. Respecto al óptimo contenido de humedad, se aprecia el valor más bajo obtenido donde existe mayor porcentaje de suelo salino en la mezcla de las proporciones realizadas. La capacidad de soporte con el valor más alto se obtuvo donde existe mayor porcentaje de suelo salino en la mezcla de las proporciones realizadas. Respecto a la cohesión en las 03 mezclas con las proporciones establecidas se obtuvo valores de cohesión influenciados por la cohesión existente en la cantera de suelo salino, al ser el agregado de río un suelo no cohesivo. Respecto al ángulo de fricción, en la proporción 40%AR-60%CSS, se obtuvo el único valor por encima del obtenido del agregado de río.
2. Respecto a las propiedades físicas y mecánicas de la cantera de suelo salino y el agregado de río, en las 03 mezclas realizadas con las proporciones establecidas se obtuvo suelos no plásticos, esto por la influencia del agregado de río al ser un suelo no plástico y ser un suelo no cohesivo. Con respecto a la cantera de suelo salino esta cumple todos los parámetros requeridos para una carretera de afirmado a diferencia del agregado de río el cual al ser un

suelo no plástico incumple el parámetro requerido para una carretera de afirmado el cual solicita un valor que está en el rango de 4-9%.

3. La capacidad de soporte del agregado de río se ve incrementado al mezclarlo con material de la cantera de suelo salino en las 03 mezclas con las 03 proporciones establecidas, siendo el valor más alto obtenido la mezcla 03 con la proporción 40%AR – 60%CSS, en donde se obtuvo un CBR de 145.5% al 100% de la Máxima Densidad Seca.
4. El esfuerzo cortante del agregado de río es mejorado al mezclarlo con material de la cantera de suelo salino en las 03 mezclas con las 03 proporciones establecidas, siendo el valor más alto obtenido la mezcla 03 con la proporción 40%AR – 60%CSS, en donde se obtuvo un esfuerzo cortante de 2.21 kg/cm².

RECOMENDACIONES

Como es de conocimiento a mayores distancias medias de traslado de material al frente de trabajo, los costos son muy altos, y los bajos presupuestos que se manejan para este tipo de proyectos, por lo que se recomienda usar materiales cercanos o próximos al frente de trabajo como es el caso del agregado de río.

Se recomienda buscar una correlación de valores obtenidos de los siguientes parámetros como son la cohesión de materiales determinado con el ensayo de corte directo o el ensayo triaxial, y el índice plástico determinado con los ensayos de los límites de consistencia (límite líquido y límite plástico), esto para validar la utilización de materiales no plásticos, pero que poseen una cohesión propia del material con son los suelos salinos.

A la falta de canteras que cumplan todos los parámetros que exige la EG-2013 para una carretera de afirmado en el tramo de estudio, y con los valores obtenidos del valor de CBR de todas las mezclas realizadas, donde se obtuvo valores por encima del 100% que es requisito para suelos estabilizados con sales descrito en el Manual de Soluciones Básicas de Carreteras no Pavimentadas, se recomienda la colocación de un pavimento básico con recubrimiento.

De igual manera a la mejora de la resistencia al esfuerzo cortante de las mezclas planteadas, se recomienda la mezcla que tiene la cohesión más alta, esto para conseguir una adecuada trabajabilidad de material colocado y obtener una compactación adecuada del material colocado.

Finalmente, se recomienda continuar la investigación realizando una comparación entre el suelo estabilizado con cal o yeso, los cuales mejorarían la estructura del suelo, con productos químicos específicos para suelos salinos, suelos con riego controlado para controlar la salinidad y mezclas específicas de Suelo-Cemento que ayudan a mejorar la resistencia y durabilidad del suelo.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Condori, P. (2018). *Mejoramiento de las características físicas y mecánicas del suelo de la cantera Taparachi mezclados con agregados procesados para la construcción de pavimentos en la ciudad de Juliaca*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Alarcón, J., Jiménez, M., & Benítez, R. (2020). Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. *Revista ingeniería de construcción*, 35(1), 5-20.
- Austrroads. (2006). *Guide to Pavement Technology, Part 4D Stabilised Materials*. Sydney.
- Austrroads. (2009). *Guide to Pavement Technology Part 6 Unsealed Pavement*. Sidney.
- Baena Paz, G. (2014). *Metodología de la investigación*. Distrito Federal, Mexico: GRUPO EDITORIAL PATRIA.
- Bañón, L., & Beviá García, J. F. (2000). *Manual de Carreteras. Volumen II: Construcción y Mantenimiento*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Behar Rivero, D. S. (2008). *Metodología de investigación*. A. Rubeira.
- Bernal Torres, C. A. (2010). *Metodología de la investigación*. Colombia: Pearson Educación.
- Bowles. (1981). *Manual de laboratorio de suelos en Ingeniería Civil*. MCGRAW-HILL.
- Caballero Chaves, O. J. (2017). *Estabilización química con silicato de sodio del material de préstamo de la vía La Primavera – Bonanza – La Venturosa en el departamento del Vichada*. Universidad Nacional de Colombia.
- Canaza, C., & Ubaldo, J. (2020). *Evaluación de las propiedades de los materiales de base y sub base para pavimentos del distrito de José Luis Bustamante y Rivero*. Universidad Continental.
- Carrasco Díaz, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.

- Castillo Parra, B. F. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos de Macas con valores de CBR menores al 5% y límites líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como subrasantes en carreteras*. Universidad de Cuenca.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica*. Cuarta.
- Díaz Rodríguez, J. A. (2019). *Mecánica de suelos Naturaleza y Propiedades*. Mexico: TRILLAS.
- Elizondo Arrieta, F. (2009). Estabilización y mejoramiento de rutas no pavimentadas. *Infraestructura vial*, 49 - 55.
- Fernández Riva, L. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos mediante adición de cloruro de sodio (NaCl) para uso de vías terrestres. Estudio de casos: suelos de Chachapoyas, 2016*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Gilbert Wooding, R. (1960). *Los Suelos: su origen, constitución y clasificación, introducción a la edafología*. Barcelona: Omega S.A.
- Gomez Bastar, S. (2012). *Metodología de la investigación*. Estado de México: Ma. Eugenia Buendía López.
- Gutierrez, Y. M., Vargas, Y. E., Marulanda, R., & Rolando, J. (2020). *Estabilización de Afirmado con Ceniza proveniente de desechos de Cascarilla de Café para Aplicar en Suelos de Construcción de Vías*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Luna Enriquez, V. L., & Yzaguirre Caballero, B. R. (2019). *Estabilización de la red vial vecinal AN-873 - 0+000 al 2+400 km con cloruro de sodio proveniente del agua de mar, Santa, Santa, Áncash - 2019*. Universidad Cesar Vallejo.

- Mendez Cerna, J. J. (2021). *Estabilización de suelo arcilloso para el mejoramiento de la subrasante adicionando cloruro de sodio, tramo Primorpampa – Cascapara, Yungay, Ancash 2021*. Universidad Cesar Vallejo .
- Menéndez. (2016). *Ingeniería de Pavimentos*. ICG.
- Minaya, O. (2006). *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*. Lima: ICG.
- Morales, E., & Pailacura, C. (2019). Estudio del comportamiento de una carpeta de rodado estabilizada con cloruro de calcio. *Obras y proyectos*, 27-36.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013*. Lima: MACRO.
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Suelos y Pavimentos*. Lima: MACRO.
- MTC. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: Macro.
- Quiroz Alcántara, A. (2020). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de tránsito desde el caserío Los Tubos hasta el caserío Pozo Cuarenta, Distrito de Mórrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Reyes Lizcano, F., & Rondón Quintana, H. (2015). *Pavimentos: Materiales, Construcción y Diseño*. Bogota: Ecoe.
- Rico Rodriguez, A., & Del Castillo, H. (2000). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas*. Mexico: Limusa.
- Rocha Yupanqui, R. M. (2019). *Métodos para recuperar suelos afectados por la salinidad y/o sodicidad*. Universidad Científica del Sur.
- Vivar. (1995). *Diseño y construcción de pavimentos*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.

ANEXOS

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN



Arso Group
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2022/01/28
Solicitante	OPERC ENGINEERS
Dirección	LIMA - LIMA - MIRAFLORES
Instrumento de medición	PRENSA CBR CON CELDA DE CARGA
Identificación	NO INDICA
Marca Prensa	NACIONAL
Modelo	NO INDICA
Serie	NO INDICA
Celda de Carga	TIPO 5
Modelo	NO INDICA
Indicador	DIGITAL
Modelo	315-X2
Serie	01822420
Procedencia	PERÚ
Ubicación	Laboratorio de suelos de Santiago de Chocorvos
Lugar de calibración	Laboratorio de suelos de Santiago de Chocorvos - Huaytará - Huancavelica
Fecha de calibración	2022/01/28

Método/Procedimiento de calibración

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz. C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arévalo Camita
METROLOGÍA



Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 5 TN	INF-LE N° 175-21

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 18,3 °C	Final: 18,0 °C
Humedad Relativa	Inicial: 87 %hr	Final: 87 %hr

Resultados

TABLA N° 01

CALIBRACION DE ANILLO DE CARGA

SISTEMA DIGITAL "A" Kg	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (Kg)				PROMEDIO "B" Kg	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) Kg	SERIE (2) Kg	ERROR %	ERROR (2) %			
500	500,1	500,5	0,02	0,1	500,3	0,06	0,06
1000	999,9	1000,2	-0,01	0,02	1000,1	0,00	0,02
1500	1495,8	1499,5	-0,28	-0,03	1497,7	-0,16	0,17
2000	1999,5	1999,9	-0,03	0	1999,7	-0,01	0,01
2500	2500,4	2502,1	0,02	0,08	2501,3	0,05	0,05
3000	3000	2998,4	0	-0,05	2999,2	-0,03	0,04
3500	3495,1	3498,8	-0,14	-0,03	3497,0	-0,09	0,07
4000	3999,5	4000,2	-0,01	0,00	3999,9	0,00	0,01

NOTAS SOBRE CALIBRACION

- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100$$

$$Rp = Error(2) - Error(1)$$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
 Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 396 793 / Cel: +51 925 151 437
 ventas@arsougroup.com
 www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

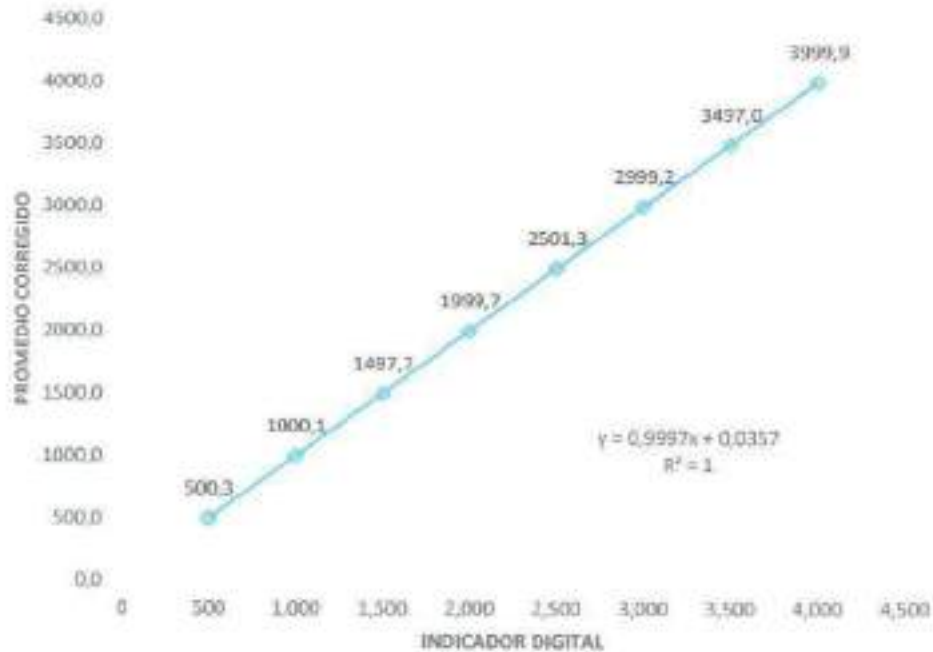
Ing. Hugo Luis Arevalo Carrillo
 METROLOGÍA



Arso Group
Laboratorio de Metrología

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde: $y = 0,9997x + 0,0357$

Coefficiente Correlación $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)

Y : fuerza promedio (kg)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 %
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. de viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carlica
METROLOGÍA

LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS
ANTISÍSMICAS



INFORME TÉCNICO

EXPEDIENTE : INF- LE 175 – 21

SOLICITANTE : **ARSOU GROUP S.A.C.**
Mz. C Lt 1 Av. Las Flores de San Diego
(entrada del grifo San Diego), San Martín de
Porres, Lima
Att.: Sr. Joshep A. Arévalo F.

TITULO : CALIBRACION DE SISTEMA DE CELDA
DE CARGA
Celda de Carga: ANY LOAD
N° serie: S/N
Capacidad: 100000 kg
INDICADOR DIGITAL: ANYLOAD
Modelo: DD-KC1
N° serie: 4917000036
Resolución: 1 kg

FECHA : San Miguel, 30 de septiembre de 2021



Ing. Daniel Torrealva D.
Jefe del Laboratorio de
Estructuras Antisísmicas

CALIBRACION DE SISTEMA CELDA DE CARGA

1. GENERALIDADES.

ARSOU GROUP S.A.C. solicitó al Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú efectuar la calibración de un sistema de medición de carga comprendido por una celda de carga y un indicador digital.

Esta operación fue efectuada por personal del Laboratorio de Estructuras. La calibración se efectuó en el Laboratorio de Estructuras el día 24 de septiembre de 2021.

2. EQUIPO CALIBRADO.

Celda de carga

- Marca : ANYLOAD
- N° serie : S/N
- Capacidad : 100000 kg (nominal)

Indicador Digital

- Marca : ANYLOAD
- N° serie : 4917000036
- Resolución: 1 kg

3 EQUIPO EMPLEADO.

- Marco de reacción de perfiles mecano.
- Celda de carga, HBM, C3H, N° 87747, 1000 KN, con última calibración de 04 de junio de 2021
- Amplificador, HBM-MGCplus1 ch6
- Celda de carga, HBM, C3H, N° 99101, 500 KN, con última calibración del 26 de agosto de 2021.
- Amplificador, HBM-MGCplus0 ch2
- Gata hidráulica, LUKAS, 2000 kN HP 200/200 FNr.: 300
- Bomba hidráulica manual, LUKAS ZPH 3/8 PN 700 NS: 263915

4. PROCEDIMIENTO SEGUIDO.

Para la realización de la calibración se tomó como referencia la norma ASTM E74-18 y de acuerdo con el cliente se procedió a aplicar los valores de carga indicados en la página 3/3. El proceso de calibración consistió en la aplicación de tres series de carga a la celda mediante una gata hidráulica en serie con la celda patrón.

5. RESULTADOS.

En la página 3/3 se presentan los resultados de la calibración efectuada.

**LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS
ANTISÍSMICAS**

PUCP

Celda calibrada: ANYLOAD

N° serie: S/N

Indicador Digital: ANYLOAD

N° serie: 4917000036

Celda patrón: HBM #serie: 87747 Capacidad: 1000 kN U = 1.5 kN

Amplificador usado: MGCplus1 ch6

Informe de Calibración N° 2020-1 87747 de 04 de junio de 2021

Celda patrón: HBM #serie: 99101 Capacidad: 500 kN U = 0.7 kN

Amplificador usado: MGCplus0 ch2

Informe de Calibración N° 2021-1 99101 de 26 de agosto de 2021

 Celdas patrones calibradas en LEDI-PUCP con patrones trazables al
HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania

Norma de referencia: ASTM E74-18

Fecha calibración: 2021-09-27

Ejecutores: M. Bernardo L. - S. Llanos I.

Capacidad: 100000 kg

Modelo: DD-KC1

Resolución: 1 kg

PATRON(CARGA) (kg)			INDICADOR DIGITAL ANYLOAD (kg)		
12557.31	12557.31	12557.31	12584	12605	12607
25104.64	25104.64	25104.64	25115	25147	25139
33803.87	33801.14	33798.40	33900	33884	34001
40851.24	40847.94	40844.64	40950	40933	41086
51068.20	51064.07	51059.94	51168	51187	51390
61289.16	61284.21	61279.25	61415	61385	61477
71514.12	71508.34	71502.55	71624	71622	71700
81743.07	81736.46	81729.85	81821	81806	81867
91976.03	91968.59	91961.15	92013	92058	92118
99653.36	99645.31	99637.25	99620	99706	99795

La ecuación de ajuste por el método de mínimos cuadrados según la norma citada es:

$$\text{DEFLEXIÓN} = A + B (\text{CARGA}) + C (\text{CARGA})^2$$

Siendo los coeficientes:

$$A = -57.3665131674$$

$$B = 1.0070816991$$

$$C = -0.0000000599$$

Obteniéndose como resultado:

$$\text{Desviación Standard } S = 56.5 \quad \text{kg}$$

$$\text{LLF} = 135.7 \quad \text{kg}$$

$$U = 323 \quad \text{kg}$$

 Nota: DEFLEXIÓN es la lectura directa del indicador digital ANYLOAD
La incertidumbre expandida, para $k=2$, se ha calculado para 100000 kg




Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2022/01/28	
Solicitante	OPERC ENGINEERS S.A.C	
Dirección	LIMA - LIMA - MIRAFLORES	
Instrumento de medición	ABRASIÓN LOS ANGELES	
Identificación	NO INDICA	
Marca	NACIONAL	
Modelo	MH-II	
Serie	210328	
Estructura	FIERRO	
Carga abrasiva	12 BILLAS	
Procedencia	LIMA - LIMA - MIRAFLORES	
Ubicación	Laboratorio de suelos de Santiago de Chocorvos	
Lugar de calibración	Laboratorio de suelos de Santiago de Chocorvos - Huaytará - Huancavelica	
Fecha de calibración	2022/01/28	

Método/Procedimiento de calibración

La Calibración se realizó por comparación entre las lecturas del indicador digital de la máquina los Ángeles y un cronómetro, se usó una balanza certificada para el peso de las cargas abrasivas, y el vernier para el diámetro de las esferas. Tomando como referencia el manual de ensayo materiales (EM 2000) ABRASION LOS ANGELES (L.A.) al desgaste de los agregados MTC E207-2000, AASHTO T-96 y la norma ASTM C 131- 1 Standard Test Method for Resistance to degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact. In the Angeles Machine.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puede ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta pretación de los resultados de alibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Cernica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com



Arso Group

Laboratorio de Metrología

Patrones e instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
INACAL	Pie de Rey digital de 300 mm a 0.01 mm	L-0031-2021
INACAL	Balanza de 30 kg x 1 g - OHAUS	2015-084-2021

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,8 °C	Final: 22,8 °C
Humedad Relativa	Inicial: 85 %hr	Final: 85 %hr

Resultados

Dimensiones cilindro : Long Int. 20" x Diam Int 28" +/- 0.2"

N° DE VUELTAS POR NORMA		INDICACIÓN TIEMPO PROMEDIO	
ENSAYO 1	30 - 33	T=1':00"	
	31	T Prom.:	1':00"
ENSAYO 2	500	15':15" <T<17':06"	
		T Prom.:	16':13"
ENSAYO 3	1000	30':30" <T<33':33"	
		T Prom.:	32':26"

Medición	Diámetro de las Esferas (mm)		Promedio (mm)	Incertidumbre (mm)
Nro.	1era Lectura	2da Lectura	47 ± 0,63	
1	45,970	45,980	45,975	0,01
2	45,980	45,980	45,980	0,01
3	47,600	47,600	47,600	0,01
4	45,990	45,980	45,985	0,01
5	45,970	45,980	45,975	0,01
6	47,490	47,480	47,485	0,01
7	45,580	45,580	45,580	0,01
8	47,620	47,610	47,615	0,01
9	45,980	45,980	45,980	0,01
10	45,620	45,620	45,620	0,01
11	47,590	47,600	47,595	0,01
12	47,440	47,450	47,445	0,01



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carrica
METROLOGÍA



Pesaje	Peso de las billas (Carga Abrasiva)	Incertidumbre (g.)
Nro.	417,5 + 27,5	
1	397,3	1,00
2	397,3	1,00
3	440,7	1,00
4	397,2	1,00
5	397	1,00
6	440,6	1,00
7	397,3	1,00
8	440,8	1,00
9	397,3	1,00
10	397,2	1,00
11	440,7	1,00
12	440,7	1,00
Total	4984,1	

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
3. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévato Carrice
METROLOGÍA

**POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO Nº LC-017**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº L-0031-2021

Fecha de Emisión: 2021-05-28

Orden de trabajo: 0204-00

Expediente: 0851

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Razón Social : ARSOU GROUP S.A.C.

Dirección : Mza. E Lote 2 Urb. La Virreyña, San Martín de Porres - Lima - Lima

2. INSTRUMENTO : PIE DE REY

Tipo : DIGITAL
 Marca : ACCUD
 Serie : 190627258
 Modelo : CR2032
 Identificación : L0031(*)
 Procedencia : NO INDICA
 Alcance de Indicación : 300 mm
 Resolución : 0,01 mm

3. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó el 2021-05-24 en el Laboratorio de Longitud de DSI Perú Automation E.I.R.L.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Calibrado por el método de comparación según el PC-012 Procedimiento de Calibración de Pie de Rey, quinta edición 2012.

5. TRAZABILIDAD

Los patrones utilizados en la calibración son trazables al INACAL-DM:

Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Juegos de Bloques Patrón Grado 0	LLA-251-2020
Bloque Patrón Grado 0	LLA-196-2021
Bloque Patrón Grado 0	LLA-026-2021
Anillo Patrón Grado 0	LLA-064-2020
Varilla Patrón Grado 0	LLA-024-2021


Los resultados son válidos al momento de la calibración, al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, mantenimiento o reglamentaciones vigentes.

Este certificado sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de DSI Perú Automation E.I.R.L.

El presente certificado carece de validez sin las firmas y sellos de DSI Perú Automation E.I.R.L.

Los resultados reportados en el presente certificado de calibración corresponden únicamente al objeto calibrado, no pudiéndose extender a otro.

Los resultados reportados en el presente certificado de calibración no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


 José Luis Panta Abad
 Lic. Ciencias Físicas
 CFP: 0395

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° L-0031-2021

6. RESULTADOS

		Minima	Máxima
Temperatura Ambiental (°C)	:	19,7	19,8
Humedad relativa (% H.R.)	:	63	64

ERROR DE REFERENCIA INICIAL

Valor Patrón (mm)	Error (μm)
0,00	0

ERROR DE INDICACIÓN DE PIE DE REY PARA MEDICIÓN DE EXTERIORES

Valor Patrón (mm)	Promedio de la indicación del Pie de Rey (mm)	Error (μm)
0,00	0,00	0
20,00	20,00	0
50,00	50,00	0
100,00	100,00	0
150,00	150,00	0
200,00	200,00	0
300,00	300,00	1

ERROR DE CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL

Valor Patrón (mm)	Error (E) (μm)
300,00	0

ERROR DE REPETIBILIDAD

Valor Patrón (mm)	Error (R) (μm)
300,00	0

POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO Nº LC-017



DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado

Registro Nº LC - 017

CERTIFICADO DE CALIBRACION Nº L-0031-2021

ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A INTERIORES

Valor Patrón (mm)	Error ($S_{E,i}$) (μm)
25,00	0

ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A PROFUNDIDAD

Valor Patrón (mm)	Error ($S_{E,D}$) (μm)
25,00	0

ERROR DE CONTACTO LINEAL

Valor Patrón (mm)	Error (L) (μm)
10,00	10

ERROR DE CONTACTO DE SUPERFICIE COMPLETA

Valor Patrón (mm)	Error (J) (μm)
10,00	0

ERROR DEBIDO A LA DISTANCIA DE CRUCE DE LAS SUPERFICIES DE MEDICIÓN PARA MEDICIÓN DE INTERIORES

Valor Patrón (mm)	Error (K) (μm)
5,00	0



CERTIFICADO DE CALIBRACION N° L-0031-2021

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN Y ERROR DE INDICACIÓN DEL PIE DE REY

INCERTIDUMBRE	$U = (8,18^2 + 0,03^2 \times L^2)^{1/2} \mu\text{m}$
---------------	--



7. OBSERVACIONES

L : Indicación del Pie de Rey expresado en milímetros.

Error de indicación del Pie de Rey para medición de interiores =

Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a interiores (S_{L_i})

Error de indicación del Pie de Rey para medición de profundidad =

Error de indicación de exteriores + Error de cambio de escala de exteriores a profundidad (S_{L_p})

Se colocó una etiqueta con la indicación CALIBRADO.

Para la calibración del Pie de Rey se consideró 2 Subdivisiones de Escala.

La incertidumbre reportada es la incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k = 2$ para una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.

[*] Identificación asignada por DSI PERU AUTOMATION E.I.R.L.

Fin del Documento




Arsou Group

Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 2015-084-2021

Página 1 de 1

Fecha de emisión	2021/06/25
Solicitante	ARSOU GROUP S.A.C.
Dirección	MZA. C LOTE. D1 A.V. LAS FLORES DE SAN DIEGO (ENTRADA DEL GRIFO SAN DIEGO) LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES
Instrumento de medición	BALANZA
Identificación	2015-084-2021
Intervalo de indicación	30000 g
División de escala Resolución	1 g
División de verificación (e)	1 g
Tipo de indicación	Digital
Marca / Fabricante	OHAUS
Modelo	RP21P30
N° de serie	B636547324
Procedencia	USA
Lugar de calibración	Laboratorio de ARSOU GROUP S.A.C.
Fecha de calibración	2021/06/25

Método/Procedimiento de calibración

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y III (PC-001) del SNM-INDECOP, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrofógica Peruana: Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003.2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realicen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recibir sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.
 Ing. Hugo Luis Arevalo Cabello
 METROLOGÍA



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	0575-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 1kg	0576-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa Patrón	0688-LM-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa Patrón	0689-LM-2021

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,5 °C	Final: 21,9 °C
Humedad Relativa	Inicial: 68 %hr	Final: 69 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga LI= 15000 g			Carga LI= 30000 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	15000,0	0,07	-0,12	30000	0,05	-0,1
2	15000,0	0,07	-0,15	30000	0,04	-0,12
3	15000,0	0,08	-0,12	30000	0,05	-0,13
4	15000,0	0,06	-0,11	30000	0,04	-0,1
5	15000,0	0,07	-0,12	30000	0,03	-0,11
6	15000,0	0,07	-0,13	30000	0,05	-0,12
7	15000,0	0,06	-0,11	30000	0,04	-0,13
8	15000,0	0,07	-0,12	30000	0,05	-0,1
9	15000,0	0,09	-0,12	30000	0,04	-0,11
10	15000,0	0,08	-0,1	30000	0,05	-0,12
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
15000	0		1			
30000	0		5			



ARSOU GROUP S.A.C.
Ing. Hugo Luis Arevalo Carrica
METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 2

- N.º de certificado : **0576-MPES-C-2021**
- N.º de orden de trabajo : 0195
1. SOLICITANTE : **ARSOU GROUP S.A.C**
- Dirección : Mza. C Lote. 01 A.V. Las Flores De San Diego
Lima - Lima - San Martín de Porres
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **JUEGO DE PESAS**
- Marca : **NO INDICA**
- Valor nominal : **1 g a 1 kg**
- Clase de exactitud : **M1**
- Color : **PLATEADO**
- Procedencia : **NO INDICA**
- Número de serie : **NO INDICA**
- Código de identificación : **AG-001 (*)**
- Cantidad : **13 unidades**
- Fecha de calibración : **2021-05-27 al 2021-05-29**

3. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Metrología de PESATEC PERÚ S.A.C.
 Cal. Condevilla Nro. 1269 Urb. El Olivar - Callao

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Método de comparación directa por doble sustitución - Procedimiento para la calibración de pesas de precisión (PC-016 de SNM-INDECOPI, 2da Ed. Abril 2015).

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	20,1 °C	20,5 °C
Humedad relativa	51,3 %hr	48,7 %hr
Presión atmosférica	1008 mbar	1007 mbar

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición".

Los resultados sólo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PESATEC PERÚ S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Sello



Fecha de emisión



SANDRA
 ESPERANZA
 JURUPE
 MELGAREJO
 2021.06.01 17:24:
 57-05'00"
 2021-06-01

Autorizado por



Sandra Jurupe Melgarejo
 Gerente Técnico

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0576-MPES-C-2021

Página 2 de 2

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Código de patrón	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROIL S.A.C.	Pesas (Clases de exactitud F1)	MP-12	M-0892-2020

Balanza utilizada	Código de patrón	Informe de caracterización
220 g	BZ-04	004-ICP-2021
1100 g	BZ-03	002-ICP-2021

7. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".
 - Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para este juego de pesa corresponden a los e.m.p. para pesas de clase de exactitud M1, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2007.
 - Manipular la pesa con cuidado y mantenerla limpia para evitar la alteración de su masa.
- (*) Código indicado en una etiqueta adherida en la caja que contiene a la pesa.

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Valor nominal	Identificación	Masa convencional	Incertidumbre	Material	Forma	e.m.p. M1 ± (mg)
1 g	—	1 g + 0,18 mg	0,09 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	1,0
2 g	—	2 g + 0,32 mg	0,08 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	1,2
2 g	*	2 g + 0,41 mg	0,08 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	1,2
5 g	—	5 g + 0,61 mg	0,09 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	1,5
10 g	—	10 g + 0,79 mg	0,10 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	2,0
20 g	—	20 g + 0,48 mg	0,11 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	2,5
20 g	*	20 g + 0,43 mg	0,11 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	2,5
50 g	—	50 g + 0,25 mg	0,17 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	3,0
100 g	—	100 g + 2,86 mg	0,21 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	5
200 g	—	200 g + 1,5 mg	0,4 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	10
200 g	*	200 g + 2,4 mg	0,4 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	10
500 g	—	500 g + 8 mg	2 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	25
1 kg	—	1 kg + 11 mg	2 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	50

 Fin del certificado de calibración

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0688-LM-2021

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN	: 2021-08-22	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
EXPEDIENTE	: 00007	
1. SOLICITANTE	: ARSOU GROUP S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. CADENT S.A.C. no se responsabiliza de lo perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
DIRECCIÓN	: MZA. C LOTE. 01 A.V. LAS FLORES DE SAN DIEGO LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE PORRES.	
2. MEDIDA MATERIALIZADA	: PESA	
MARCA	: NO INDICA	
VALOR NOMINAL	: 5 kg	
CLASE DE EXACTITUD	: NO INDICA	
COLOR	: NEGRO	
PROCEDENCIA	: NO INDICA	
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	: AG-021 (*)	
CANTIDAD	: 01 unidad	
UBICACIÓN	: LABORATORIO	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2021-06-15	
3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN	Procedimiento de calibración de pesas de trabajo de las clases de exactitud M_2 , M_{23} y M_3 , (PC-008 de SNM-INDECOPI, 2da edición Enero 2009).	
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN	Laboratorio de Calibración N° 2 de CADENT S.A.C. Jr. Llumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos	

Firmado digitalmente por
Luis Zerpa
Fecha: 2021-06-22
08:21:04

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0688-LM-2021

Página 2 de 2

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	20,4	20,4
Humedad Relativa (%hr)	52,1	52,3
Presión Atmosférica (hPa)	1 005,9	1 005,9

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROIL S.A.C.	Pesa de clase M ₁	M-1210-2020

7. OBSERVACIONES

(*) Código de identificación grabado en la pesa.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta pesa corresponden a los e.m.p. para pesas de clase de exactitud M₁, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2007.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Valor Nominal	Código de Identificación	Masa Convencional	Incertidumbre	Material	Forma	E.M.P. (±) M ₁
5 kg	AG-021	5 kg + 90 mg	250 mg	Hierro fundido	Paralelepípeda	800 mg

FIN DE DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0689-LM-2021

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN	: 2021-06-22	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
EXPEDIENTE	: 00007	
1. SOLICITANTE	: ARSOU GROUP S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
DIRECCIÓN	: MZA. G LOTE. 01 A.V. LAS FLORES DE SAN DIEGO LIMA - LIMA - SAN MARTÍN DE PORRES.	
2. MEDIDA MATERIALIZADA	: PESA	Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
MARCA	: NO INDICA	
VALOR NOMINAL	: 10 kg	CADENT S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
CLASE DE EXACTITUD	: NO INDICA	
COLOR	: NEGRO	
PROCEDENCIA	: NO INDICA	
CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN	: AG-022 (*)	
CANTIDAD	: 01 unidad	
UBICACIÓN	: LABORATORIO	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2021-06-15	
3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN	Procedimiento de calibración de pesas de trabajo de las clases de exactitud M_2 , $M_{0.5}$ y M_1 , (PC-008 de SNM-INDECOPI, 2da edición Enero 2009).	
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN	Laboratorio de Calibración N° 2 de CADENT S.A.C. Jr. Llumpa 1352 Urb. Parque Naninjal - Los Olivos	

Firmado digitalmente por
Luis Zerpa
Fecha: 2021-06-22
08:19:33

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0689-LM-2021

Página 2 de 2

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	20,3	20,3
Humedad Relativa (%hr)	51,6	51,9
Presión Atmosférica (hPa)	1 006,4	1 006,4

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROIL	Pesa de clase M ₁	M-0170-2021

7. OBSERVACIONES

(*) Código de identificación grabado en la pesa.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta pesa corresponden a los e.m.p. para pesas de clase de exactitud M₁, según la Norma Metrológica Peruana 004 - 2007.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Valor Nominal	Código de Identificación	Masa Convencional	Incertidumbre	Material	Forma	E.M.P. (±) M ₁
10 kg	AG-022	10 kg + 300 mg	500 mg	Hierro fundido	Paralelepípeda	1 600 mg

FIN DE DOCUMENTO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 2

- N° de certificado : **0575-MPES-C-2021**
- N° de orden de trabajo : 0195
- 1. SOLICITANTE** : **ARSOU GROUP S.A.C.**
- Dirección : Mza. C-Lote. 01 A.V. Las Flores De San Diego
Lima - Lima - San Martín de Porres
- 2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **JUEGO DE PESAS**
- Marca : FUYUE
- Valor nominal : 1 mg a 1 kg
- Clase de exactitud : M1
- Color : PLATEADO
- Procedencia : NO INDICA
- Número de serie : 19M47
- Código de identificación : AG-002 (*)
- Cantidad : 25 unidades
- Fecha de calibración : 2021-05-26 al 2021-05-27

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición".

Los resultados sólo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PESATEC PERÚ S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

3. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Metrología de PESATEC PERÚ S.A.C.
Cal. Condevilla Nro. 1269 Urb. El Olivar - Callao

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Método de comparación directa por doble sustitución - Procedimiento para la calibración de pesas de precisión (PC-016 de SNM-INDECOPI, 2da Ed. Abril 2015).

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	20,0 °C	20,2 °C
Humedad relativa	54,6 %hr	51,6 %hr
Presión atmosférica	1009 mbar	1008 mbar

Sello



Fecha de emisión



SANDRA
ESPERANZA
JURUPE
MELGAREJO
2021.06.01 17:
27:22-0500
2021-06-01

Autorizado por



Sandra Jurupe Melgarejo
Gerente Técnico

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0575-MPES-C-2021

Página 2 de 2

5. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Código de patrón	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROIL S.A.C.	Pesas (Clases de exactitud F1)	MP-12	M-0892-2020

Balanza utilizada	Código de patrón	Informe de caracterización
120 g	BZ-07	003-ICP-2021
220 g	BZ-04	004-ICP-2021
1100 g	BZ-03	002-ICP-2021

7. OBSERVACIONES

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO".
- Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para este juego de pesa corresponden a los e.m.p. para pesas de clase de exactitud M1, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2007.
- Manipular la pesa con cuidado y mantenerla limpia para evitar la alteración de su masa.
- (*) Código indicado en una etiqueta adherida en la caja que contiene a la pesa.

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

Valor nominal	Identificación	Masa convencional	Incertidumbre	Material	Forma	e.m.p. M1 ± (mg)
1 mg	—	1 mg + 0,07 mg	0,02 mg	ACERO INOXIDABLE	LAMINAR	0,20
2 mg	—	2 mg - 0,01 mg	0,02 mg	ACERO INOXIDABLE	LAMINAR	0,20
2 mg	*	2 mg + 0,01 mg	0,02 mg	ACERO INOXIDABLE	LAMINAR	0,20
5 mg	—	5 mg - 0,01 mg	0,02 mg	ACERO INOXIDABLE	LAMINAR	0,20
10 mg	—	10 mg - 0,01 mg	0,02 mg	ACERO INOXIDABLE	LAMINAR	0,25
20 mg	—	20 mg + 0,00 mg	0,02 mg	ACERO INOXIDABLE	LAMINAR	0,30
20 mg	*	20 mg - 0,01 mg	0,02 mg	ACERO INOXIDABLE	LAMINAR	0,30
50 mg	—	50 mg - 0,00 mg	0,02 mg	ACERO INOXIDABLE	LAMINAR	0,4
100 mg	—	100 mg - 0,05 mg	0,03 mg	ACERO INOXIDABLE	LAMINAR	0,5
200 mg	—	200 mg + 0,11 mg	0,03 mg	ACERO INOXIDABLE	LAMINAR	0,8
200 mg	*	200 mg - 0,05 mg	0,03 mg	ACERO INOXIDABLE	LAMINAR	0,8
500 mg	—	500 mg - 0,01 mg	0,03 mg	ACERO INOXIDABLE	LAMINAR	0,8
1 g	—	1 g - 0,01 mg	0,03 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	1,0
2 g	—	2 g + 0,02 mg	0,08 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	1,2
2 g	*	2 g + 0,05 mg	0,08 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	1,2
5 g	—	5 g + 0,29 mg	0,09 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	1,6
10 g	—	10 g + 0,11 mg	0,10 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	2,0
20 g	—	20 g + 0,05 mg	0,11 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	2,5
20 g	*	20 g + 0,13 mg	0,11 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	2,5
50 g	—	50 g + 0,17 mg	0,17 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	3,0
100 g	—	100 g + 0,16 mg	0,21 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	5
200 g	—	200 g + 0,3 mg	0,4 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	10
200 g	*	200 g + 0,2 mg	0,4 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	10
500 g	—	500 g + 0 mg	2 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	25
1 kg	—	1 kg + 11 mg	2 mg	ACERO INOXIDABLE	CILÍNDRICA CON BOTÓN	50

Fin del certificado de calibración



Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión	2022/01/28
Solicitante	OPERC ENGINEERS S.A.C
Dirección	LIMA - LIMA - MIRAFLORES
Instrumento de medición	BALANZA
Identificación	NO INDICA
Intervalo de indicación	30000 g
División de escala Resolución	1 g
División de verificación (e)	1 g
Tipo de indicación	Digital
Marca / Fabricante	T-SCALE
Modelo	QHW-30
N° de serie	104329113021
Procedencia	CHINA
Ubicación	Laboratorio de suelos de Santiago de Chocorvos
Lugar de calibración	Laboratorio de suelos de Santiago de Chocorvos - Huaytará - Huancaavelica
Fecha de calibración	2022/01/28

Método/Procedimiento de calibración

*Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Vía Las Flores de San Diego Mz C lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Tel: +51 101-3680 / Cel: +51 928 194 788 / Cel: +51 925 181 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 2kg	0575-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 5 kg	0576-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 10 kg	0688-LM-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 25 kg	0689-LM-2021

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,5 °C	Final: 21,9 °C
Humedad Relativa	Inicial: 68 %hr	Final: 69 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15000 g			Carga L1= 30000 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	15000,0	0,07	-0,12	30000	0,05	-0,1
2	15000,0	0,07	-0,15	30000	0,04	-0,12
3	15000,0	0,08	-0,12	30000	0,05	-0,13
4	15000,0	0,06	-0,11	30000	0,04	-0,1
5	15000,0	0,07	-0,12	30000	0,03	-0,11
6	15000,0	0,07	-0,13	30000	0,05	-0,12
7	15000,0	0,06	-0,11	30000	0,04	-0,13
8	15000,0	0,07	-0,12	30000	0,05	-0,1
9	15000,0	0,09	-0,12	30000	0,04	-0,11
10	15000,0	0,08	-0,1	30000	0,05	-0,12
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)			Error Máximo Permitido (g)		
15000	0			1		
30000	0			5		





ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E _g				Determinación de E _g				
	Carga Min ⁽¹⁾ (g)	l (kg)	ΔL (g)	E0 (g)	Carga L (g)	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1	1	0,04	-0,09	500	500	0,07	-0,02	0,07
2		1	0,07	-0,02		500	0,07	-0,02	0
3		1	0,05	0		500	0,08	-0,03	-0,03
4		1	0,02	0,03		500	0,07	0,08	0,05
5		1	0,07	-0,02		500	0,06	0,19	0,21

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ^(*) (g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1,0	1,0	0,07	-0,02						1
5,0	5,0	0,04	0,01	0,01	5,0	0,04	0,01	0,03	1
10,0	10,0	0,03	-0,01	0,01	10,0	0,04	-0,03	-0,05	1
500,0	499,0	0,05	0,05	0,01	499,0	0,02	-0,07	-0,05	1
1000,0	999,0	0,04	0,01	0,03	999,0	0,06	-0,04	0,01	1
2000,0	2000,0	0,04	0,01	0,01	2000,0	0,06	-0,01	0,01	1
5000,0	5000,0	0,06	-0,02	0,02	5000,0	0,03	0	0,02	1
10000,0	10000,0	0,07	-0,05	0,03	10000,0	0,06	-0,3	-0,05	1
15000,0	15000,0	0,09	0,01	0,01	15000,0	0,15	0,43	0,18	5
20000,0	20000,0	0,05	0,09	0,03	20000,0	0,07	-0,12	0,01	5
30000,0	29999,5	0,08	0,15	0,18	29999,5	0,07	-0,25	-0,21	5

Incertidumbre de la medición: 1 g

Leyenda

l: Indicación de la balanza ΔL: Carga incrementada E: Error encontrado
E₀: Error en cero E_c: Error corregido EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición: $U_{95} = 2 \cdot \sqrt{0,25344 \text{ g}^2 + 0,000000006021 \cdot R^2}$

Lectura Corregida: $R_{\text{corregida}} = R + 0,948807341 \cdot R$

R: Indicación de lectura de balanza (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrología Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"





Fecha de emisión	2022/01/28
Solicitante	OPERC ENGINEERS S.A.C
Dirección	LIMA - LIMA - MIRAFLORES.
Instrumento de medición	BALANZA
Identificación	NO INDICA
Intervalo de indicación	500 g
División de escala Resolución	0.1 g
División de verificación (n)	0.1 g
Tipo de indicación	Digital
Marca / Fabricante	NO INDICA
Modelo	MH-500
N° de serie	k21-048
Procedencia	CHINA
Ubicación	Laboratorio de suelos de Santiago de Chocorvos
Lugar de calibración	Laboratorio de suelos de Santiago de Chocorvos - Huaytará - Huancavelica
Fecha de calibración	2022/01/28

Método/Procedimiento de calibración

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.





Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	0575-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 1kg	0576-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa Patrón	0688-LM-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa Patrón	0689-LM-2021

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 21,5 °C	Final: 21,9 °C
Humedad Relativa	Inicial: 68 %hr	Final: 69 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga LI= 250 g			Carga LI= 500 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	250,0	0,001	-0,001	500	0,005	-0,002
2	250,0	0,002	-0,004	500	0,004	-0,004
3	250,0	0,004	-0,005	500	0,006	-0,004
4	250,0	0,003	-0,007	500	0,003	-0,009
5	250,0	0,003	-0,009	500	0,005	-0,012
6	250,0	0,004	-0,001	500	0,007	-0,014
7	250,0	0,004	-0,004	500	0,003	-0,01
8	250,0	0,007	-0,008	500	0,005	-0,009
9	250,0	0,006	-0,004	500	0,004	-0,007
10	250,0	0,005	-0,003	500	0,004	-0,008
Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)		Error Máximo Permitido (g)			
250	0		0,05			
500	0		0,3			





ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación de E ₀				
	Carga Min ⁽¹⁾ (g)	l (kg)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga l (g)	l (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1	1	0,004	-0,001	100	100	0,006	-0,001	0,001
2		1	0,006	-0,004		100	0,003	-0,001	0,004
3		1	0,005	0,004		100	0,004	-0,002	-0,005
4		1	0,007	0,001		100	0,001	0,004	0,003
5		1	0,009	-0,002		100	0,004	0,004	0,002

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga l (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1,00	1,00	0,004	-0,001						0,1
5,00	5,00	0,006	0,004	0,004	5,00	0,006	0,001	0,004	0,1
10,00	10,00	0,002	-0,005	0,003	10,00	0,005	0,004	-0,003	0,1
50,00	50,00	0,002	0,004	0,005	50,00	0,009	-0,003	-0,003	0,1
80,00	80,00	0,009	0,004	0,008	80,00	0,005	0,005	0,001	0,1
100,00	100,00	0,004	0,008	0,002	100,00	0,004	-0,004	0,003	0,1
200,00	200,00	0,005	0,008	0,003	200,00	0,007	0,004	0,004	0,1
300,00	300,00	0,004	0,004	0,005	300,00	0,005	-0,03	-0,002	0,1
400,00	400,00	0,009	0,004	0,004	400,00	0,003	-0,008	-0,01	0,5
450,00	450,00	0,015	0,008	0,001	450,00	0,014	-0,014	-0,01	0,5
500,00	500,00	0,19	0,006	0,005	500,00	0,02	-0,015	-0,018	0,5

l: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E₀: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición $U_N = z^* \sqrt{0,00198 \text{ g}^2 + 0,000007060084 \text{ R}^2}$

Lectura Corregida $R_{\text{corregida}} = R + 81,074110295 \cdot R$

R: Indicación de lectura de balanza (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metrología Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALBRADO"
6. Balanza utilizada con el equipo Speedy con serie 2606



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carroica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Vv. San Flores de San Diego Mz. C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Tel: +51 903-3680 / Cel: +51 928 296 793 / Call: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com



Fecha de emisión	2022/01/28
Solicitante	OPERC ENGINEERS S.A.C
Dirección	LIMA - LIMA - MIRAFLORES
Instrumento de medición	BALANZA
Identificación	0547-041-2021
Intervalo de indicación	6200 g
División de escala Resolución	0.1 g
División de verificación (e)	0.1 g
Tipo de indicación	Digital
Marca / Fabricante	OHAUS
Modelo	SPX6201
N° de serie	C039123786
Procedencia	ESTADOS UNIDOS
Ubicación Lugar de calibración	Laboratorio de suelos de Santiago de Chocorvos Laboratorio de suelos de Santiago de Chocorvos - Huaytará - Huancaavelica
Fecha de calibración	2022/01/28

Método/Procedimiento de calibración

"Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII" (PC-001) del SNM-INDECOPI, 3era edición Enero 2009 y la Norma Metrológica Peruana "Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático (NMP 003:2009)

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puede ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Araya Carnica
METROLOGÍA



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1mg a 1kg	0575-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Juego de Pesas de 1g a 1kg	0576-MPES-C-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 5 kg	0688-LM-2021
Patrones de referencia de INACAL	Pesa de 10 kg	0689-LM-2021

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 19,5 °C	Final: 19,9 °C
Humedad Relativa	Inicial: 78 %hr	Final: 79 %hr

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 3100 g			Carga L1= 6200 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	3100,0	0,001	-0,001	6200	0,005	-0,002
2	3100,0	0,002	-0,004	6200	0,004	-0,004
3	3100,0	0,004	-0,005	6200	0,006	-0,004
4	3100,0	0,003	-0,007	6200	0,003	-0,009
5	3100,0	0,003	-0,009	6200	0,005	-0,012
6	3100,0	0,004	-0,001	6200	0,007	-0,014
7	3100,0	0,004	-0,004	6200	0,003	-0,01
8	3100,0	0,007	-0,008	6200	0,005	-0,009
9	3100,0	0,005	-0,004	6200	0,004	-0,007
10	3100,0	0,005	-0,003	6200	0,004	-0,008

Carga (g)	Diferencia Máxima Encontrada (g)	Error Máximo Permitido (g)
3100	0	0,05
6200	0	0,3



ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arivato Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Vía: Las Flores de San Diego M1 C Leta 01, San Martín de Porres, Lima, Perú.

Tel: +51 305-1880 / Cel: +51 938 186 783 / Cel: +51 925 251 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E _g			Determinación de E _g					
	Carga Min ⁽¹⁾ (g)	I (kg)	ΔL (g)	E _D (g)	Carga L (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	1	1	0,004	-0,001	500	500	0,006	-0,001	0,001
2		1	0,006	-0,004		500	0,001	-0,001	0,004
3		1	0,005	0,004		500	0,002	-0,002	-0,001
4		1	0,007	0,001		500	0,001	0,001	0,003
5		1	0,009	-0,002		500	0,005	0,004	0,001

⁽¹⁾ Valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	Crecientes				Decrecientes				EMP ⁽²⁾ (±g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1,0	1,0	0,004	-0,001						0,05
5,0	5,0	0,006	0,004	0,004	5,0	0,006	0,001	0,004	0,05
10,0	10,0	0,002	-0,005	0,003	10,0	0,005	0,004	-0,003	0,05
50,0	50,0	0,002	0,004	0,005	50,0	0,009	-0,003	-0,003	0,05
100,0	100,0	0,004	0,004	0,006	100,0	0,005	0,003	0,001	0,05
500,0	500,0	0,001	0,005	0,002	500,0	0,004	-0,004	0,001	0,05
1000,0	1000,0	0,003	0,004	0,003	1000,0	0,004	0,004	0,004	0,05
1500,0	1500,0	0,004	0,004	0,002	1500,0	0,005	-0,03	-0,002	0,05
3000,0	2999,9	0,009	0,004	0,003	2999,9	0,003	-0,004	-0,01	0,3
6000,0	6000,0	0,015	0,008	0,001	3499,9	0,014	-0,009	-0,01	0,3
6200,0	6200,1	0,14	0,006	0,005	4000,1	0,02	-0,015	-0,011	0,3

Leyenda

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga incrementada

E: Error encontrado

E_g: Error en cero

E_c: Error corregido

EMP: Error máximo permitido

INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA

Incertidumbre expandida de medición $U_x = 2 \cdot \sqrt{0,00205 \text{ g}^2 + 0,0000000104046 \text{ R}^2}$

Lectura Corregida $R_{\text{corregida}} = R + 7,525685435 \text{ R}$

R: Indicación de lectura de balanza (g)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. Los EMP para esta balanza, corresponden para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II según la Norma Metroológica Peruana NMP 003:2009
3. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura k=2.
4. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
5. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"



ARSDU GROUP S.A.C

Mg. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA

ENSAYOS DE LABORATORIO

AGREGADO DE RÍO KM 01+000


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Estudio N.º 01

Pág. 01 de 01

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ARMADO CON MEZCLA DE SUELO SECO Y AGREGADO DE N.º SECCIÓN MACACURIA-ABEZQUIPA

LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE JAUJA
CUENCA: DIOGO VALERIO COMDE NUÑEZ

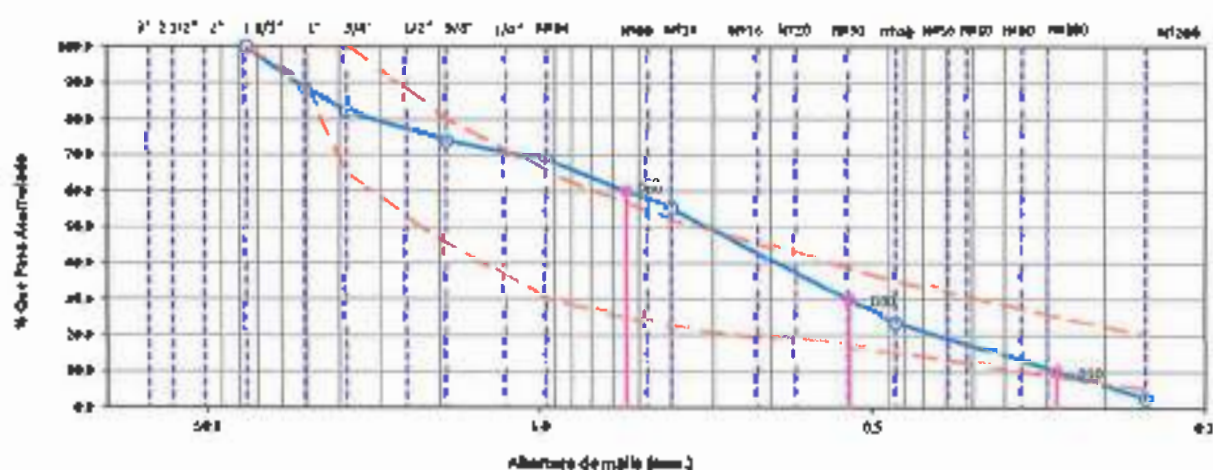
PROVINCIA: CAJAVELI
FECHA: 14/03/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.

(NORMA: NTC 8-187 / ASTM D 422 / AASHTO T 29)

REFERENCIA DE LA MUESTRA:**CANTERA:** AGREGADO DE N.º SECCIÓN**MUESTRA:** 1**APLICACIÓN:** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
(in.)	(mm.)							
3"	75.000						PESO TOTAL SECO	19906.6 g
2 1/2"	63.500						PESO DE FRACCIÓN FINA SECO	7001.9 g
2"	50.800	0.0	0.0	0.0			Tamaño Máximo (T.M.)	1 1/2"
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	100 - 100	Tamaño Máximo Nominal (T.M.N.)	1"
1"	25.400	1602.0	11.6	11.6	88.4	99 - 100	PORCENTAJE DE OLIVA	11.6 %
3/4"	19.000	878.0	6.3	17.9	83.1	65 - 100	PORCENTAJE DE ARENA	65.8 %
1/2"	12.500	734.0	5.3	23.2	76.8		PORCENTAJE DE FINOS	1.6 %
3/8"	9.500	410.0	3.0	26.2	73.8	45 - 50	D ₆₀	77.8 mm.
1/4"	6.300	303.0			70.2		D ₅₀	63.8 mm.
Nº100	4.750	150.0	1.8	31.6	68.4	30 - 65	D ₃₀	60.4 mm.
Nº75	2.000	104.1	10.2	41.7	58.3		C _u	69.8
Nº60	2.500	31.4	9.1	44.8	55.2	21 - 52	C _c	0.9
Nº40	4.000	69.0	4.1	51.0	49.0		LÍMITE LÍQUIDO (NTC 8-187)	N.P. %
Nº20	8.000	52.1	4.1	56.0	44.0		LÍMITE PLÁSTICO (NTE 8-111)	N.P. %
Nº15	1.000	75.4	7.4	63.4	36.6		ÍNDICE PLASTICIDAD	N.P. %
Nº10	2.000	134.8	13.1	76.9	23.1	15 - 36	% HUMEDAD (NTE 8-103)	1.00 %
Nº7.5	0.197	59.2	5.8	82.3	17.7		CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
Nº6	0.190	0.0	0.0	0.0	100.0		AASHTO (ASTM D3282)	A-1-000
Nº4	0.177	105.4	10.3	92.6	7.4		Bueno	
Nº200	0.075	13.6	3.3	97.4	2.6	5 - 20	SIUS (ASTM D 2487)	SP
FONDO		26.6	2.6	100.0	0.0		Arena pobremente graduada con grava	

CURVA GRANULOMÉTRICA

OBSERVACIONES:

- Muestreo e identificación realizada por el personal de laboratorio.

BRUNO YADIN
RAMÍREZ PONCE
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 222967

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	República: 01
		Pág.: 01 de 01

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE AFRIADO (CON MÉTODOS DE SUELO SAUHO Y PORTAADO DE R.O. SECTOR VACA ODMA APECU PA)
LUGAR DEL ESTUDIO: DISTRITO DE JALUN **PROVINCIA:** CAYNAPU
CURVA: OROSO VALLEJO CÓDIGO 0002 **FECHA:** 14/03/2022

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS
 (NORMA: NTC 6-150 / E-111 / ASTM D 4328 / AASHTO T 297 / 90)

REFERENCIA DE LA ANÁLISIS: **CANTERA:** AGRICENSO DE RÍO PUNO, 01-400 **MUESTRA:** 1
APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

Método de prueba	Límite líquido			Límite plástico	
	1	2	3	1	2
Número de capote					
Número de golpes					
Peso de capote + suelo húmedo (g)					
Peso de capote + suelo seco (g)					
Peso del agua (g)					
Peso de la muestra (g)					
Peso del suelo seco (g)					
Porcentaje de humedad (%)					



Nota:
 - Ensayo efectuado al material pasado la malla N° 60

LL.P. PL.P. IP.P.

Observación:
 - Muestra e identificación de muestra realizada por el personal de laboratorio.


 BRUNO YADIN
 RAMÍREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 222067


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

REVISIÓN: 01

Pag.: 01 de 01

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ANIVADO CON MEZCLA DE SUELO SECO Y AGREGADO DE RÍO, SECTOR MACACOMA - MEDURAN

LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE UQUA

PROVINCIA: CARABUBI

DUEÑO: DIEGO VALERIO COMPE NUÑEZ

FECHA: 16/03/2022

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2 700 K_n-m/m³ (56000 pie-lb/pie³)).

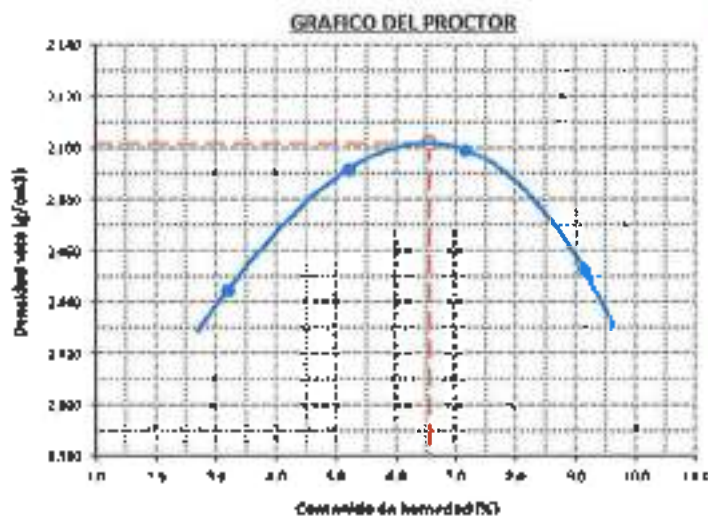
NORMA: MTC E 115 / NTP 339.100 / ASTM D 1557

REFERENCIA DE LA MUESTRA
CANTERA: AGREGADO DE RÍO N.º 01-000

MUESTRA: 1

APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1	2	3	4	DATOS DEL MUESTREO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO (A, B ó C) EMPLEADO.				
					TAMIZ	PESO	% RET.	% RET. ACM	% Q. PASA
Peso del molde + molde (g)	11121	11315	11420	11400	1"	0.0	0.0	0.0	100.0
Peso del molde (g)	6626	6626	6626	6626	3/4"	2486	17.9	17.9	82.1
Peso del suelo húmedo compactado (g)	4495	4689	4794	4774	1/2"	1154.8	8.1	28.1	71.8
Volumen del molde (cm ³)	2131	2131	2131	2131	Nº60	753.0	5.4	31.6	68.4
Peso del volumen húmedo (g/cm ³)	2.109	2.200	2.250	2.240	< Nº4	951.4	68.4	100.0	0.6
CONTENIDO DE HUMEDAD	1	2	3	4					
Peso del suelo húmedo + tara (g)	965.4	985.8	991.0	966.7	PESO	13976.6	g		
Peso del molde + tara (g)	935.6	937.0	924.7	885.8	MÉTODO DE COMPACTACIÓN	: "D"			
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	MOLODE UTILIZADO (cm ³)	: 6			
Peso de agua (g)	29.8	48.8	66.3	80.9	NÚMERO DE GOLPES	: 56			
Peso de suelo seco (g)	935.6	937.0	924.7	885.8	NÚMERO DE CAPAS	: 5			
Concentro de agua (%)	3.2	5.2	7.2	9.1	MÉTODO PREPARACIÓN UTILIZADO	: Húmedo			
Peso volumétrico seco (g/cm ³)	2.044	2.091	2.099	2.053	DESCRIPCIÓN DEL PRUEBA UTILIZADO	: Respete			


CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL USADO EN LA PRUEBA (ASTM ó 2486 - NTP 339.100)
CLASIFICACIÓN:
ASTM: A-1-D(1)

SUCS: SP

DESCRIPCIÓN:

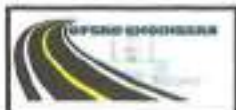
Arena gobernante pasada con 60%

RESULTADOS DEL ENSAYO
DENSIDAD MÁXIMA SECA: 2.102 g/cm³
ÓPT. CONT. DE HUM.: 6.6 %

OBSERVACIONES:

- Anotación e identificación realizada por el personal de laboratorio.


 BRUNO YADIN
 RAMIREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 222967



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

REVISION #1

Feb 01 2002

PROYECTO: ESTABILIDAD DE UNA CARRETERA EN EL SECTOR BARRIO COMENZADA DE SAN JOAQUIN FABRICADO DE M.L. SECTOR INDUSTRIAL, PUEBLO

MAPA DE ESTUDIO: DISEÑO DE M 30
 DIRECCION: OCEANOGRÁFICO MARÍTIMO

Proyecto: 140401
 Fecha: 13/02/02

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

ACERCA: MTC 1.137, located in the Bureau ASTM D-1557 and ASTM T-193

INSTRUMENTACIÓN:

Equipos: Máquina de CBR de 4000g
 Materiales: Material de relleno - arena de río

MUESTRA: 1

COMPACTACIÓN																					
Alturas	3		6		7																
Nº Cava	5		5		5																
Nº Cava por cava	50		35		25																
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Sulfato	Sulfato	Sin Sulfato	Sulfato	Sin Sulfato	Sulfato															
Peso húmedo + Suelo húmedo	17337	17408	17602	17668	17428	17738															
Peso de agua (g)	7525	7525	7790	7790	8077	8072															
Peso del suelo húmedo (g)	9812	9879	9812	9878	9351	9666															
Volúmen del molde (cc)	2844	2148	2132	2132	2131	2837															
Gravidad húmeda (g/cc)	2.499	2.274	2.282	2.227	2.128	2.189															
% de agua (w)	6.6	8.2	5.7	6.9	6.7	9.5															
Gravidad seca (g/cc)	2.107	2.182	2.846	2.846	1.985	2.595															
CONTENIDO DE HUMEDAD																					
Tarso (g)																					
Tarso + Suelo húmedo (g)	601.3	4879.8	438.7	4789.4	697.4	4881.8															
Tarso + Suelo seco (g)	567.8	4699.0	429.4	4632.8	656.1	4642.9															
Peso del tarso (g)	24.2	21.0	29.3	26.0	28.6	28.9															
Peso del molde (g)	16.0	8.8	16.3	9.4	14.0	8.8															
Peso del suelo seco (g)	523.2	4538.2	399.2	4583.9	603.5	4571.3															
Porcentaje de humedad (w)	6.6	8.2	5.7	6.9	6.7	9.5															
EXPANSIÓN																					
MÓDULOS	Espesor	DENSIDAD	Peso (g)	EXPANSIÓN		Peso	EXPANSIÓN		Peso (g)	EXPANSIÓN											
				mm	%		mm	%		mm	%										
U/01-002	0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00										
U/01-007	24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.00										
U/01-002	48	0	0.000	0.00	1	0.001	0.02	1	0.000	0.01	0.01										
U/01-002	72	0	0.000	0.00	1	0.001	0.02	1	0.000	0.01	0.01										
U/01-002	96	0	0.000	0.00	1	0.001	0.02	1	0.000	0.01	0.01										
Altera del molde en (mm):																					
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01										
PERMEABILIDAD																					
Muestra	Espesor	Área	Módulo 1				Módulo 2				Módulo 3										
			Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄							
0.000	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.025	0.025	0.025	24	29			27	21			31	24									
0.050	0.050	0.050	135	160			125	95			128	93									
0.075	0.075	0.075	235	232			209	215			211	205									
0.100	0.100	0.100	493	462	66.7	66.1	375	352	66.2	66.2	376	371	248.7	248.7	248.7	248.7					
0.125	0.125	0.125	824	522			804	497			586	441									
0.150	0.150	0.150	955	717			923	428			786	384									
0.200	0.200	0.200	1360	1077	175.8	84.8	1215	829	113.2	84.8	1039	785	109.8	47.2							
0.250	0.250	0.250	2274	1794			2177	1409			1815	1093									
0.300	0.300	0.300	3288	2133			2848	1778			2614	1362									
0.350	0.350	0.350	4297	2475			3428	1820			2130	1539									

Observaciones:
 - Material y la compactación realizada por el personal de laboratorio.

Bruno Yadin
 BRUNO YADIN
 RAMIREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 22287


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Pág: 01 de 02

Pag: 01 de 02

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

NORMA: MECCE 132, Basado en la Norma ASTM D 1586 y AASHTO T-192

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:

FAMILIA:

ABRILADO DE BLENDO EN CBR

MUESTRA:

APLICACIÓN:

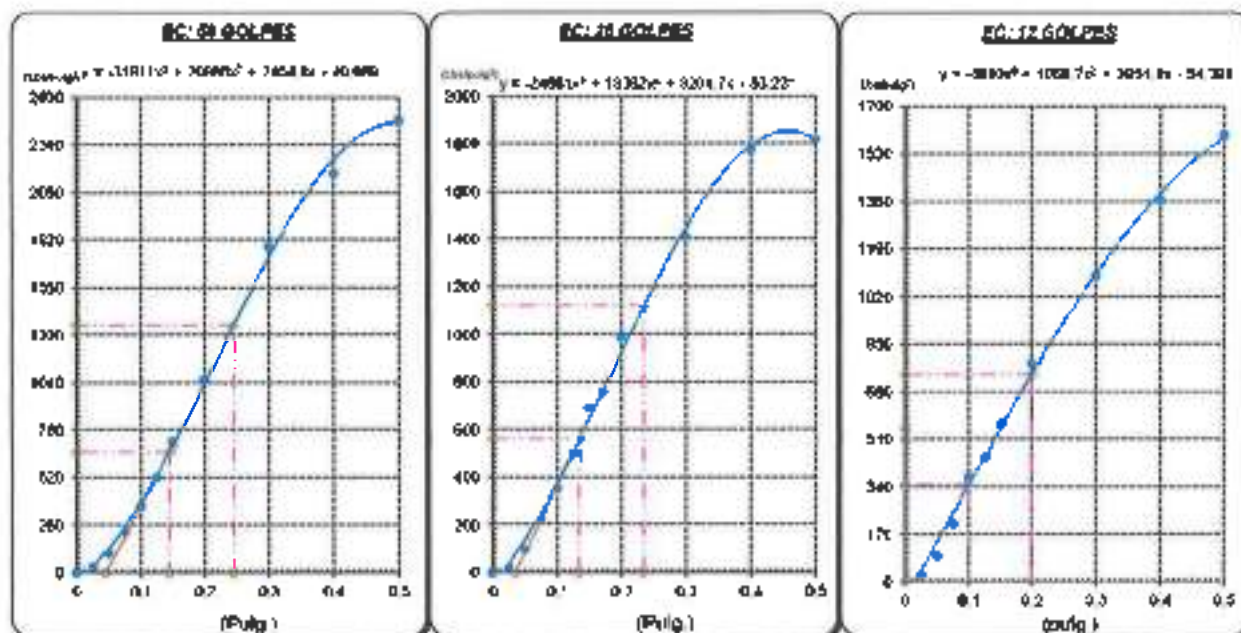
CLASIFICACIÓN DE VINCI - MEDICINA PREVI

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL USADO EN LA PRUEBA (ASTM D 3488 - NTP 339.334)

AASHTO: A-1-b(1)

SUCS: SP

DESCRIPCIÓN: Arena pobremente gradada con grava

GRÁFICO CARGA - PENETRACIÓN


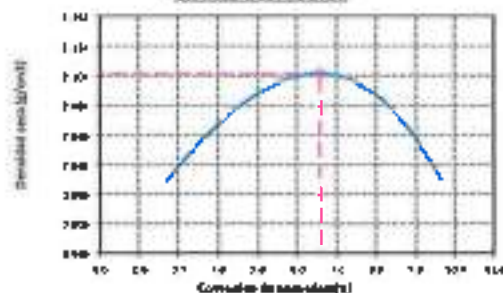
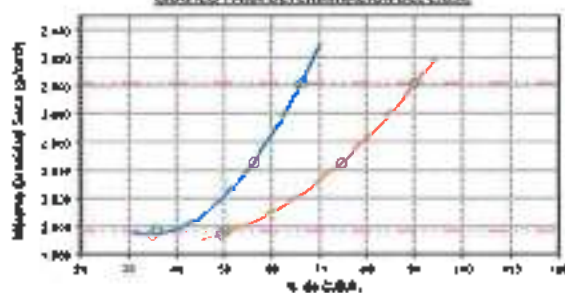
CARGA ESTAD. kN/m ²	PENETRACIÓN		6 GOLPES CONVENCION		12 GOLPES CONVENCION		18 GOLPES CONVENCION	
	mm	Pulg	mm/m ²	%	mm/m ²	%	mm/m ²	%
1700	2.54	0.1	660.7	68.1	588.5	56.8	548.7	54.9
1500	5.08	0.2	1753.8	90.9	1119.9	74.4	796.1	49.3

GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.
DATOS DEL PROCTOR

 DENSIDAD SECA AL 95%: 2.182 g/cm³
 DENSIDAD SECA AL 98%: 2.097 g/cm³
 GRADO COM. DE HUMEDAD: 6.6 %

DATOS DEL C.B.R.

M ^o de datos	Densidad seca g/cm ³	CBR (%)	
		0.1"	0.2"
6	2.107	66.8	90.3
7	2.046	56.8	71.4
12	1.995	34.8	49.8



GRÁFICO DEL PROCTOR

GRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DEL C.B.R.

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Valor del CBR de Penetración	0.1" (2.54 cm)	0.2" (5.08 cm)
C.B.R. al 95% de la M.D.S. (%)	66.8	90.3
C.B.R. al 98% de la M.D.S. (%)	56.8	71.4
Condiciones del ensayo	Saturado	

CONCLUSIONES:

- Al ser una arena pobremente gradada con grava se clasifica como SP.

 BRUNO YADIN
 RAMÍREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 222967

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES	
---	---	---

PROYECTO: ESTADIFICACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL, ELABORADO CON MEDIDA DE SUELO SIENDO UN GRUPO DE N.º, SECTOR MACACOCHA - PISCOLIMA

LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE ANCA
CANTÓN: DISTRITO VALDES CONDORHUASI

PROVINCIA: PUNO
DEPARTAMENTO: URUBURBA

CORTE DIRECTO (CONSOLIDADO DRENADO)

(NORMA: NYC E-125 / ASTM D 3080)

MUESTRA: 01

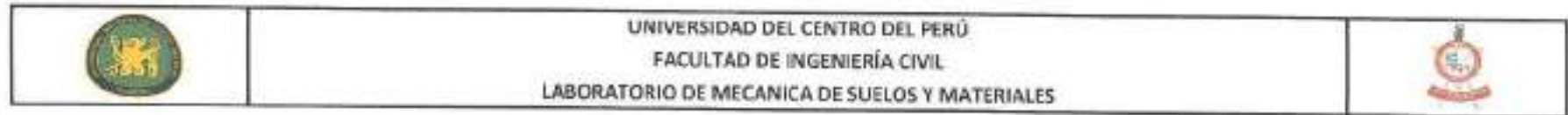
REFERENCIA DE LA MUESTRA:

CANTIDAD: 5000 GRAMOS DE MO (M) 01-000
APLICACIÓN: ESTADIFICACIÓN DE SUELOS - MUESTRA DE CASERIO

Altura:	2.1	cm
Lado/diámetro:	6.00	cm
Máxima densidad seca:	2.192	g/cm ³
W uniforme:	326	g
Humedad Óptima:	6.1	%
W del anillo:	196	g
Vol. del anillo:	75.0	cm ³

Lectura deformación horizontal		2 kg			Lectura deformación horizontal		4 kg			Lectura deformación horizontal		8 kg		
		Fuerza cortante		Esfuerzo cortante			Fuerza cortante		Esfuerzo cortante			Fuerza cortante		Esfuerzo cortante
Dial	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)	Dial	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)	Dial	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)
0	0.000	0	0	0.000	0	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0	0
3	0.030	36.0	3.67	0.102	3	0.030	45.5	4.64	0.13	3	0.030	52.0	5.31	0.16
6	0.060	43.0	4.39	0.122	6	0.060	72.5	7.40	0.21	6	0.060	85.5	8.63	0.26
12	0.120	80.5	8.17	0.174	12	0.120	87.5	8.93	0.26	12	0.120	136.0	13.88	0.39
18	0.180	72.5	7.40	0.205	18	0.180	95.5	9.74	0.27	18	0.180	154.0	15.78	0.52
30	0.300	98.5	10.05	0.278	30	0.300	108.5	11.07	0.31	30	0.300	202.5	20.77	0.73
45	0.450	110.5	11.29	0.330	45	0.450	137.5	14.03	0.39	45	0.450	354.0	36.12	1.00
60	0.600	135.0	13.88	0.385	60	0.600	174.0	17.78	0.49	60	0.600	420.5	43.52	1.21
75	0.750	147.0	15.05	0.418	75	0.750	190.0	20.31	0.58	75	0.750	487.0	49.69	1.36
90	0.900	157.0	16.02	0.445	90	0.900	219.0	22.35	0.62	90	0.900	529.5	54.03	1.50
105	1.050	164.0	16.73	0.468	105	1.050	243.0	24.60	0.69	105	1.050	570.5	58.21	1.62
120	1.200	168.5	17.19	0.478	120	1.200	261.0	26.63	0.74	120	1.200	607.5	61.99	1.72
150	1.500	184.0	18.74	0.476	150	1.500	277.5	28.52	0.79	150	1.500	615.0	62.76	1.74
180	1.800	150.5	15.36	0.427	180	1.800	293.5	29.89	0.86	180	1.800	604.5	61.68	1.71
210	2.100	143.0	14.60	0.411	210	2.100	238.5	24.34	0.68	210	2.100	588.0	59.80	1.66
240	2.400	151.5	15.46	0.429	240	2.400	239.0	24.39	0.68	240	2.400	585.0	59.53	1.65
270	2.700	153.0	15.61	0.434	270	2.700	241.5	24.64	0.68	270	2.700	543.0	56.02	1.56
300	3.000	152.5	15.56	0.432	300	3.000	235.0	23.98	0.67	300	3.000	558.0	56.94	1.58
360	3.600	154.0	15.71	0.437	360	3.600	235.0	23.98	0.67	360	3.600	559.0	57.04	1.58
420					420					420	4.200	554.0	56.58	1.57
480					480					480				
540					540					540				
600					600					600				
660					660					660				

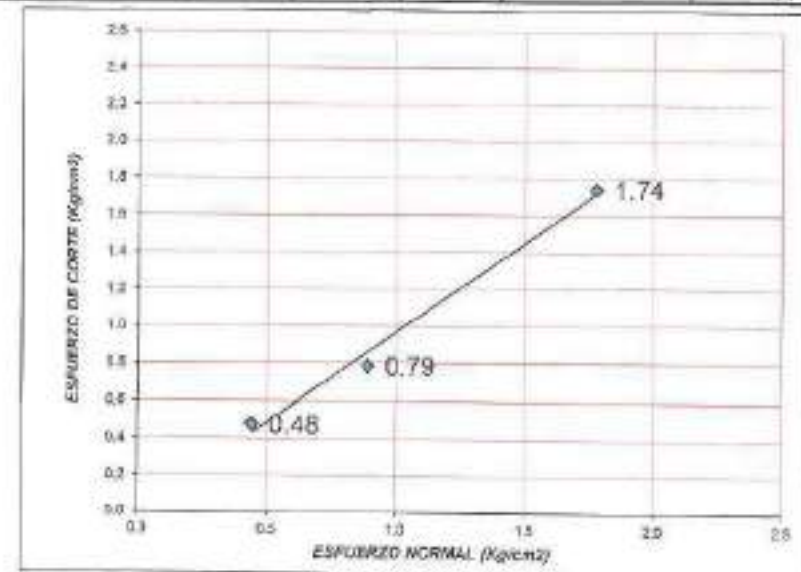
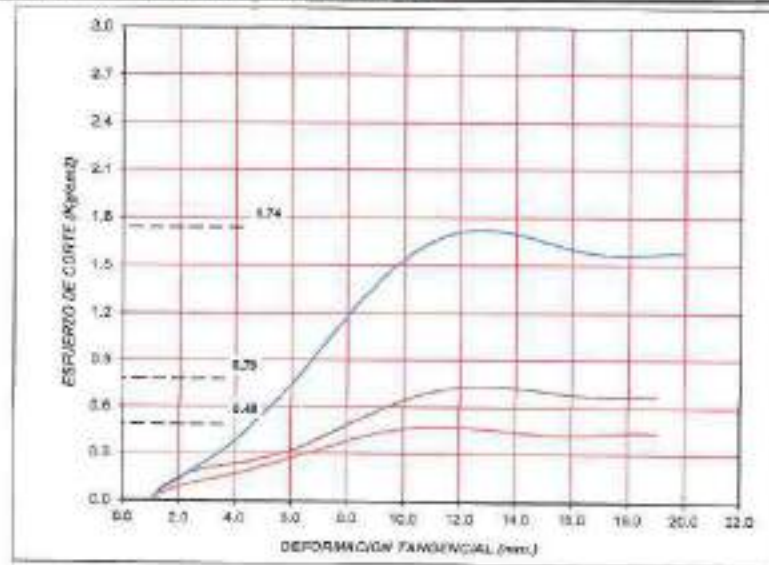
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
EN SUELOS - IIC - UNICP
Rozald
2010



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (CONSOLIDADO DRENADO)
(MTC E-123 / ASTM D-3080)

PROYECTO:	SELO VALDIZO CONDE HUAY		
OBJETO:	ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ARRIBADO DE MIZOLA (SUELO SALPO) Y ABRIBADO DE RÍO, SECTOR MADACARA AYOQUAN		
LUGAR DE RETIRO:	DISTRITO DE JARAL (PROVINCIA LINARES) - ICA	FECHA:	11/08/2022
REFERENCIA DE LA MUESTRA:			
CANTERA:	AGREGADO DE BASES (C-100)	MUESTRA:	01
APLICACIÓN:	ESTABILIZACIÓN DE SUELO - MESA DE SUELOS		

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES						
MUESTRA	DIÁMETRO	ÁREA	CONT. HUM.	DENS. SECA	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTE
Nº	(cm)	(cm²)	(%)	(g/cm³)	(kg/cm²)	(kg/cm²)
01	6.00	36.00	6.6	2.992	1.44	0.48
02	6.00	36.00	6.6	2.992	4.89	0.79
03	6.00	36.00	6.6	2.992	1.78	1.74



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (kg/cm²)	0.00	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	44.00

PREPARADO POR: EDWIN PEREZ VILCAPOMA

LABORATORIO DE INVESTIGACION
EN SUELOS - FIC - UNCP
Edwin Pérez Vilcapoma

CANTERA DE SUELO SALINO KM 48+980


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

REVISIÓN 01

Pág. 01 de 01

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ARRUMADO CON MEZCLA DE SUELO SECO Y ADECUADO DE R.O. SECTOR MACACORA-ARZUZZA

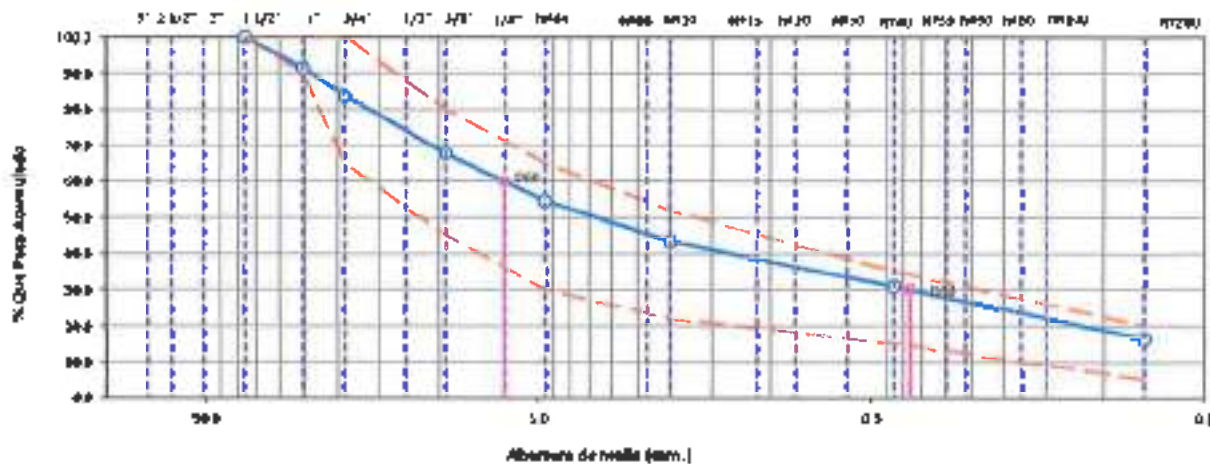
LUGAR DE ESTUDIO:
CLIENTE:
DISTRITO DE ORIGEN:
DIEGO VALCERO CÓNDE MUÑOZ
PROVINCIA: CAÑAVEL
FECHA: 19/03/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.

(NORMA: IMTC 6-187 / ASTM D-422 / AASHTO T 66)

REFERENCIA DE LA INVESTIGA:**CANTERA:** CANTERA DE SUELO SECO N.º 41-950**MUESTRA:** 1**APLICACIÓN:** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
[in.]	[mm.]						
3"	75.000						PESO TOTAL SECO : 8427.4 g.
2 1/2"	63.500						PESO DE FRACCIÓN FINA SECO : 1211.0 g.
2"	50.800	0.8	0.8	0.0			Tamaño Máximo (T _M) : 1 1/2"
1 1/2"	38.100	0.0	0.8	0.0	100	100 - 100	Tamaño Máximo Nominal (t _{MN}) : 1"
1"	25.400	718.0	8.5	8.5	91.5	90 - 100	CONCENTRAJE DE GRAVA : 85.4 %
3/4"	19.000	640.0	7.6	16.1	89.4	85 - 100	CONCENTRAJE DE ARENA : 28.7 %
1/2"	12.500	799.0	9.4	25.5	74.5		POB.(N ₆₀) DE #100 : 16.4 %
3/8"	9.500	687.0	7.8	32.4	67.6	45 - 80	D ₆₀ : 0.36 mm
1/4"	6.300	598.0			60.5		D ₃₀ : 0.25 mm
Nº104	4.750	501.0	5.9	45.4	54.6	50 - 65	D ₁₀ : 0.04 mm
Nº68	2.360	391.3	4.6	54.0	46.0		C _u : 380.7
Nº18	2.000	59.0	2.7	56.7	43.3	22 - 51	C _c : 6.7
Nº15	1.180	318.4	3.8	61.7	38.3		LÍMITE LÍQUIDO (IMTC 6-110) : 16 %
Nº20	0.840	61.8	2.9	64.6	35.4		LÍMITE PLÁSTICO (IMTC 6-111) : 10 %
Nº70	0.590	33.1	2.4	67.0	33.0		ÍNDICE PLÁSTICO : 6 %
Nº40	0.425	45.7	2.1	69.1	30.9	15 - 25	% HUMEDAD (IMTC 6-108) : 2.20 %
Nº60	0.297	44.7	2.6	71.1	28.9		CLASIFICACIÓN DE SUELOS
Nº100	0.150	0.0	0.0	0.0	100.0		
Nº60	0.297	75.3	3.4	74.9	25.5		Ámbito
Nº100	0.150	72.6	3.3	77.8	22.2		SUCS (ASTM D-2487) : GC-GM
Nº200	0.075	130.9	5.9	83.6	16.4	1 - 20	Dens. Área Utilizada en arena
TOTAL		162.9	16.4	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA
**Observaciones:**

- Muestreo e identificación realizado por el personal de laboratorio.

BRUNO YADIN
RAMÍREZ PONCE
INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 222887

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	REVISIÓN: 01
		Fol. 02 de 01

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ARRIBAADO CON MEZCLA DE SUELO CALINHO Y AGRIGADO DE RHO. SECTOR MICROCOMUNA-ARIZONA

UNIDAD EJECUTORA: DISTRITO DE MOYU

REGIÓN: CARIACO

FECHA: 15/03/2023

Lugar: DISTRITO VALERO (COMUNA-ARIZONA)

FORMA:

15/03/2023

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

NORMAS: NTC 1.330 / 4.111 / ASTM 4246 / AASHTO T 85 / T 90

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:

CANTERA: CANTERA DE SUELO CALINHO EN EL RHO

MUESTRA: 1

DESCRIPCIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	A-01	A-06	A-02	1-2	1-6
Número de caídas	36	36	36	—	—
Número de azules	36	36	36	—	—
Peso de la muestra = suelo húmedo (g)	39.74	39.61	37.96	39.89	31.99
Peso de la muestra = suelo seco (g)	33.37	35.72	35.99	39.35	29.49
Peso del agua (g)	6.37	3.89	1.97	0.54	12.50
Peso de la muestra (g)	36.99	36.90	39.67	34.29	34.55
Peso del suelo seco (g)	33.96	33.81	33.82	33.72	33.82
Porcentaje de humedad (%)	14.11	15.11	17.05	10.49	15.95

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



Nota:

- Ensayo efectuado al momento de la muestra N° 01

LÍMITE LÍQUIDO = 15 %
LÍMITE PLÁSTICO = 10 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 5 %

Observaciones:

- Muestra e identificación de muestra realizada por el personal de laboratorio.


 BRUNO YADIN
 RAMÍREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 222987



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

FORMACIÓN 01

Pág. 03 de 03

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO CON MEZCLA DE SUELO SALINO Y AGREGADO DE RÍO, SECTOR MACACONIA-ARUJUNA"
LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE MACON
CLIENTE: DIEGO VALERIO CONDÉ MUÑOZ

PROVINCIA: CARAHUAY
FECHA: 20/03/2022

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2 700 Kn-m/m³ (56000 ple-lb/pie³)).
NORMA: MTC E 115 / NTP 339.141 / ASTM D 1557

REFERENCIA DE LA MUESTRA:

CANTERA: CANTERA DE SUELO SALINO KM. 04-050
APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

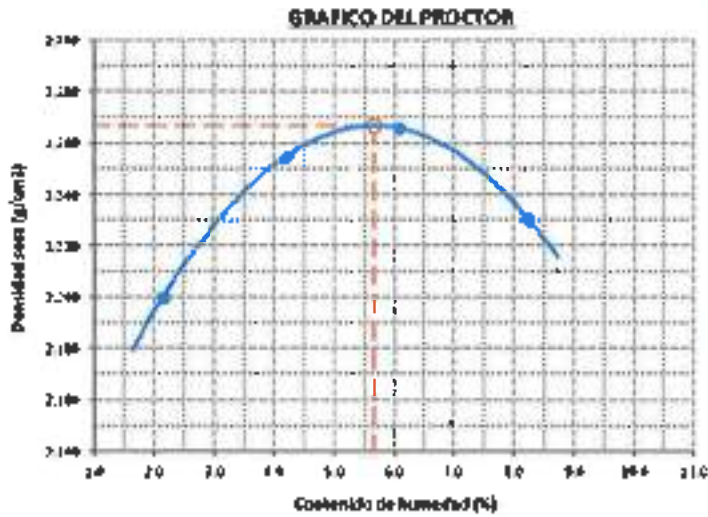
MUESTRA: 1

DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1	2	3	4	DATOS DEL TAMEZADO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO (A, B & C) EMPLEADO.				
					TAMIZ	PESO	% RET.	% RET. NOM.	% EL PASA
Peso del suelo + molde (g)	11414	11632	11748	11771	2"	0.0	0.0	0.0	100.0
Peso del molde (g)	6626	6626	6626	6626	3/8"	1358	16.1	16.1	83.9
Peso del suelo húmedo compactado (g)	4788	5006	5122	5145	3/8"	1376.0	16.3	17.4	82.6
Volumen del molde (cm ³)	2131	2131	2131	2131	#10	1095.0	13.0	15.1	84.9
Peso del volumen húmedo (g/cm ³)	2.247	2.349	2.404	2.414	#20	459.4	5.6	10.0	94.4
CONTENIDO DE AGUA (%) (w)	1	2	3	4	PESO: 8427.4 g				
Peso del suelo húmedo + tara (g)	865.7	922.7	916.7	931.6	MÉTODO DE COMPACTACIÓN: "D"				
Peso del suelo seco + tara (g)	847.5	885.6	864.1	860.7	MÁQUINA EMPLEADA (g/seg): -5				
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	NÚMERO DE GOLPES: 54				
Peso de agua (g)	18.2	37.1	52.6	70.9	NÚMERO DE CAPAS: -5				
Peso de agua (cm ³)	847.5	885.6	864.1	860.7	MÉTODO PREPARACIÓN UTILIZADO: Húmedo				
Contenido de agua (%)	2.1	4.2	6.1	8.2	DESCRIPCIÓN DEL PESÓN UTILIZADO: Manual				
Peso volumétrico seco (g/cm ³)	2.200	2.255	2.266	2.231					

CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL USADO EN LA PRUEBA (ASTM D 2490 - NTP 339.184)

CLASIFICACIÓN:
GRANULOMETRÍA: A-1-BIN
SUCS: GC-GM
DESCRIPCIÓN: Lodo fino arcilloso con arena

RESULTADOS DEL ENSAYO	
DENSIDAD MÁXIMA SECA:	2.267 g/cm ³
OPT. CONT. DE HUM.:	5.7 %



Observaciones:
 - Análisis e identificación realizados por el personal de laboratorio.

[Signature]
BRUNO YADIN
FAMREZ PONCE
INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 222687



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INFORME N°

Pág.: 61 de 62

PROYECTO: **RECONSTRUCCIÓN DE UNA CARRETERA EN EL DISTRITO DE SAN JUAN DE LOS RÍOS, SECTOR MARACAY, DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LOS RÍOS**

UBICACIÓN DEL OBJETO: **PERÚ - DISTRITO DE SAN JUAN DE LOS RÍOS**

PROYECTANTE: **CEMINTEL**

CLIENTE: **PERÚ VIALIDAD CONSULTORES**

FECHA: **20/06/2012**

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

NORMA: ENTE E.132, Basado en la Norma ASTM D-1586 y PASADU T-190

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

CARRERA: **INGENIERÍA CIVIL - OBRAS DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA**

SEMESTRE: **VI**

ESPECIALIDAD: **FORMACIÓN DE INGENIEROS - ANÁLISIS DE SUELOS**

COMPACTACIÓN														
Nº Muestra	A		B		C									
Nº Cava	5		5		5									
Nº Cavales por Cava	56		15		82									
CUMPLIMIENTO LA NORMA ENTE	SA Saturado	Saturado	SA Saturado	Saturado	SA Saturado	Saturado								
Peso molde + Bulto húmedo	13297	23898	13631	47768	13015	13108								
Peso de molde (g)	7111	7183	7080	7689	8718	8716								
Peso del suelo húmedo (g)	5066	5379	4982	5061	4399	4392								
Volumen del molde (cc)	2817	2783	2737	2155	3317	2117								
Humedad (Porcentaje)	2.398	2.427	2.536	2.577	2.267	2.351								
% de saturación	5.7	7.1	5.7	7.4	5.7	7.8								
Densidad seca (g/cc)	2.247	2.267	2.189	2.280	2.144	2.244								
CONTENIDO DE HUMEDAD														
Tamaño	-		-		-									
Peso de Suelo Húmedo (g) - 1	7846	51250	6949	6882	7439	4892								
Peso de Suelo Húmedo (g) - 2	7420	79880	7911	4982	7161	4936								
Peso del agua (g) - 1	426	60	45	79	41	60								
Peso del agua (g) - 2	0	0	0	0	0	0								
Peso del suelo seco (g) - 1	7420	4780	7418	4784	7222	4536								
Porcentaje de humedad (%)	5.7	1.1	5.7	1.4	5.1	1.3								
EXPANSIÓN														
FORMA	NOCHA	TIEMPO (hr.)	CVL (mm/s)	DILATACIÓN		DILATACIÓN		DILATACIÓN		DILATACIÓN				
				mm	%	mm	mm/s	%	mm	mm/s	%			
16/05/2012		0	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00			
22/05/2012		24	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00			
18/06/2012		48	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00			
24/05/2012		72	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00			
26/05/2012		96	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00			
Alfara del molde en Polv.			4.48	Total	0.00	4.48	Total	0.00	4.48	Total	0.00			
RESERVA														
Módulo de Elasticidad		Espesor (mm)	Módulo E'				Módulo E''				Módulo E'''			
mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm		
0.080	0.003	0.100"	0	0		0	0		0	0				
0.440	0.025	0.300"	69	53		35	47		42	20				
1.170	0.050	0.100"	195	147		84	130		131	17				
3.030	0.075	0.300"	590	356		252	190		213	101				
3.540	0.100	1.100"	880	607	1003.2	1003.2	369	273	652.9	45.1	344	269	451.7	45.6
3.170	0.125	1.300"	847	623			795	446			509	421		
3.630	0.150	1.100"	1197	699			843	484			337	469		
5.140	0.170	1.100"	1540	810	2195.5	145.7	1294	827	1374.4	89.0	889	819	1021.3	68.3
3.620	0.400	6.100"	3547	2429			1290	1093			871.3	828		
10.160	0.800	3.100"	4980	3434			1808	2115			1270	872		
12.740	0.500	1.070"	4795	3749			5000	2514			2094	1872		

Observaciones:

1. Muestra en el laboratorio de análisis por el personal de laboratorio.

BRUNO YADIN
RAMÍREZ PONCE
INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 222847



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

INSTRUMENTOS
 No. 41
 No. 41

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

FORMA: MTC E 152. Basado en la Norma ASTM D-1557 y AASHTO T-193

EMPRESA DE LA OBRA:

Contrato: PAVIMENTO UNICO CANTON EL CARMO

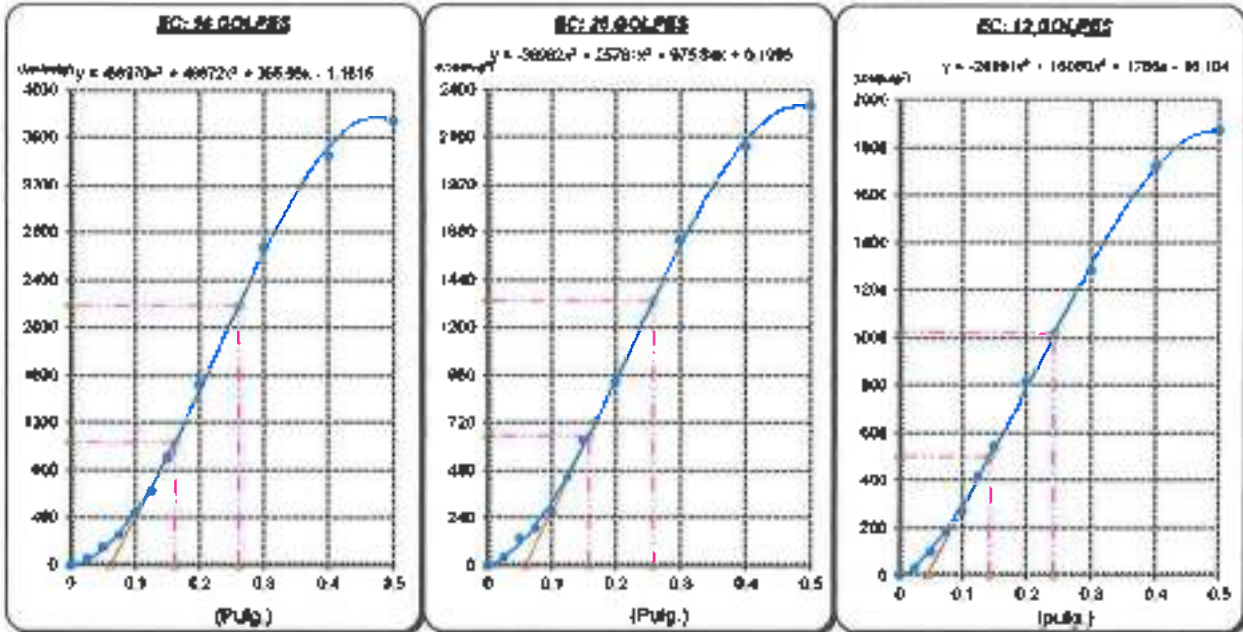
MEZCLA: 1

Aplicación: PAVIMENTACIÓN DE SUJETA - BASE DE SUELOS

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL USADO EN LA PRUEBA (ASTM D 1557 - MTC 302.134)

AASHTO: A-3-B(2)	SUCS: GC-GH	DESCRIPCIÓN: Grava fina y Lúla con arena
------------------	-------------	--

GRÁFICO CARGA - PENETRACIÓN



CARGA TUNN lb/inch ²	PENETRACION		36 GOLPES CORRECCION		20 GOLPES CORRECCION		12 GOLPES CORRECCION	
	mm	inch	lb/inch ²	%	lb/inch ²	%	lb/inch ²	%
1000	2.34	0.1	1000	100.0	975.84	97.5	494.7	49.5
2000	5.08	0.2	2154.5	215.4	2154.8	215.5	1021.1	102.1

GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA MÁXIMA : 2.47 g/cm³
 HIGIENDA SECA A 95% : 1.97 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMEDAD : 5.7 %

DATOS DEL C.B.R.

No. de Pruebas	Densidad seca (g/cm ³)	C.B.R. (%)	
		0.1"	0.2"
10	2.267	103.0	144.9
11	2.280	61.5	81.0
12	2.244	49.8	61.5

GRÁFICO DEL PROCTOR

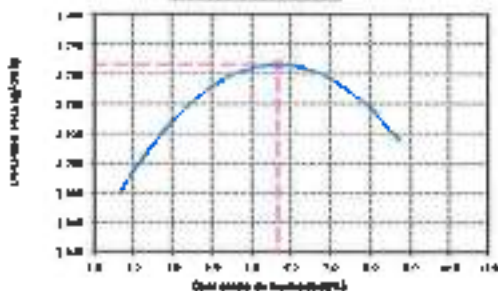
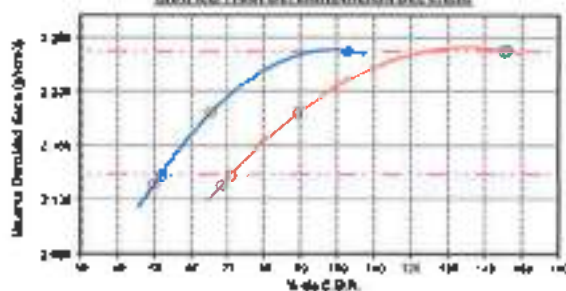


GRÁFICO PARA DETERMINACION DEL C.B.R.



RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Valor del CBR de Referencia	0.1" (2.54 cm)	0.2" (5.08 cm)
C.B.R. al 100% de la M.D.S. (%)	103.0	144.9
C.B.R. al 95% de la M.D.S. (%)	61.5	71.0
Condiciones del Ensayo	Tolvanado	

CONCLUSIONES:

Al ser el MTC E 152 un método de prueba para el control de la obra:

BRUNO YADIN RAMIREZ PONCE
BRUNO YADIN RAMIREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 222987

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES	
---	---	---

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ARRIBAADO CON AREJA DE SUELO SUAVIO Y ADECUADO DE RAS, SECTOR MAJACOMA (AYTO. IMA)

LUGAR DE ESTUDIO:
CLIENTE: DISTRITO DE JALIL
DISEÑO MAJACOMA COND. MAJAC.

PROVINCIA:
SECTOR:

DIRECCIÓN:
CALLE:

CORTE DIRECTO (CONSOLIDADO DRENADO)

(NORMA: NTC E-123 / ASTM D-3000)

REFERENCIA DE LA MUESTRA:

CANTERA: CANTERA DE SUELO SUAVIO en 01/11/18
ASIGNACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEDIO DE SUELO

MOISTURE: 11

Altura:	2.1	cm
Lado/diámetro:	6.00	cm
Máxima densidad seca:	2.297	g/cm ³
W anillo-muestra:	926	g.
Humedad Óptima:	5.7	%
W del anillo:	166	g.
Vol. del anillo:	75.6	cm ³

Lectura deformación horizontal		2 kg			Lectura deformación horizontal		4 kg			Lectura deformación horizontal		8 kg		
		Fuerza cortante		Esfuerzo cortante			Fuerza cortante		Esfuerzo cortante			Fuerza cortante		Esfuerzo cortante
Dia	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)	Dia	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)	Dia	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)
0	0.000	0	0	0.000	0	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0	0
3	0.030	26.0	2.66	0.374	3	0.030	30.0	3.06	0.39	3	0.030	44.5	4.51	0.15
6	0.060	35.0	3.57	0.399	6	0.060	62.0	6.31	0.75	6	0.060	76.5	7.81	0.22
12	0.120	46.5	4.74	0.432	12	0.120	73.0	7.50	0.21	12	0.120	93.0	9.49	0.26
18	0.180	56.0	5.71	0.769	18	0.180	82.5	8.42	0.23	18	0.180	114.5	11.68	0.32
30	0.300	77.5	7.91	0.220	30	0.300	143.5	14.64	0.41	30	0.300	192.0	19.59	0.54
45	0.450	71.5	7.30	0.203	45	0.450	182.0	18.57	0.52	45	0.450	310.5	31.68	0.88
60	0.600	72.0	7.35	0.204	60	0.600	204.0	20.82	0.58	60	0.600	385.5	39.34	1.09
75	0.750	97.0	9.90	0.275	75	0.750	221.0	22.56	0.53	75	0.750	462.0	46.12	1.26
90	0.900	119.0	12.14	0.357	90	0.900	241.5	24.64	0.68	90	0.900	524.5	53.52	1.49
105	1.050	134.0	13.67	0.380	105	1.050	271.5	27.70	0.77	105	1.050	588.5	59.85	1.66
120	1.200	165.0	16.84	0.468	120	1.200	292.0	29.80	0.80	120	1.200	628.0	64.06	1.78
150	1.500	199.0	19.97	0.316	150	1.500	328.0	33.47	0.98	150	1.500	711.0	72.55	2.02
180	1.800	213.5	21.79	0.505	180	1.800	369.5	36.38	1.01	180	1.800	728.5	73.72	2.05
210	2.100	220.0	22.40	0.624	210	2.100	383.5	39.13	1.09	210	2.100	735.0	75.00	2.08
240	2.400	210.0	21.43	0.496	240	2.400	395.5	40.36	1.12	240	2.400	745.0	76.02	2.11
270	2.700	198.0	20.20	0.481	270	2.700	473.5	48.32	1.34	270	2.700	754.0	76.94	2.14
300	3.000	193.5	19.74	0.548	300	3.000	436.0	44.49	1.24	300	3.000	702.0	71.63	1.99
360	3.600	165.0	16.88	0.424	360	3.600	443.0	45.20	1.26	360	3.600	695.0	69.90	1.94
420					420	4.200	433.0	44.18	1.23	420	4.200	682.0	69.59	1.93
480					480	4.800	433.0	44.18	1.23	480	4.8	690.0	69.98	1.93
540					540					540				
600					600					600				
660					660					660				



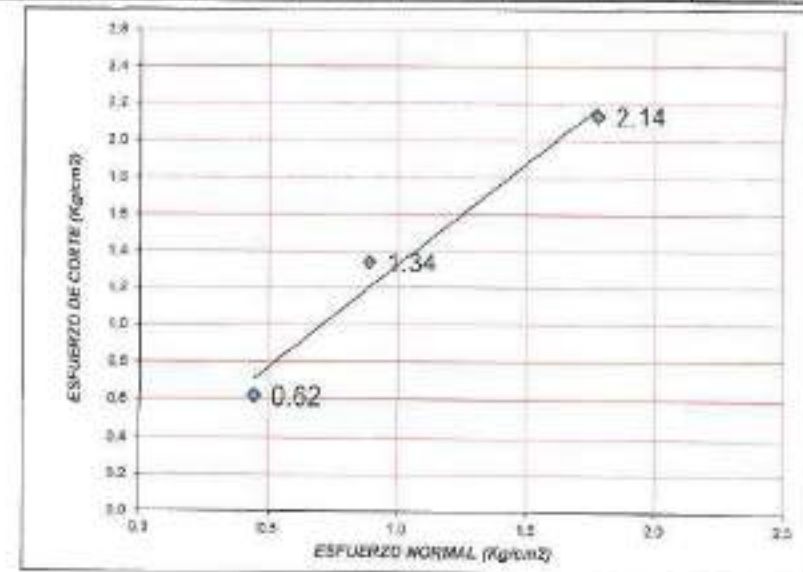
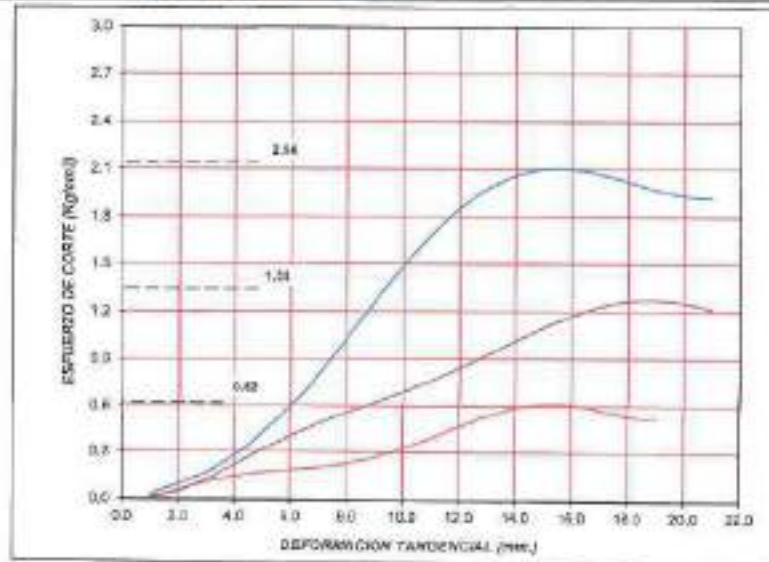
UNIVERSIDAD DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (CONSOLIDADO DRENADO)
(MTC E-123 / ASTM D-3080)

METODARIO:	SISO 0 VALLES LUNOS 19/781		
PROYECTO:	"SISTEMATIZACIÓN DE UNA FARRITA NA 8M ² DE AFERRADO CON REDJA DE SUELO SUELO Y ABRIGADO DE HIELO SUELO MAGNOLIA ARIQUITA"		
LUGAR DE ESTUDIO:	(DISTRITO DE LINDO, PROVINCIA CAHUZILLO, REGIÓN AREQUIPA)	FECHA:	31/08/2022
RESERVENA DE LA MUESTRA:			
CANTON:	DISTRITO DE SUELO SUELO km. 48-000	MUESTRA:	01
APLICACIÓN:	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - REDJA DE SUELO		

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES						
MUESTRA	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CONT. HUM. (%)	DOMS. SECA (g/100g)	ESFUERZO NORMAL (Kg/cm ²)	ESFUERZO CORTE (Kg/cm ²)
01	5.00	39.20	5.2	2.207	0.42	0.62
02	5.00	39.20	5.2	2.207	0.80	1.34
03	5.00	39.20	5.2	2.207	1.78	2.14



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (Kg/cm ²)	0.33	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	47.89

ESPECÍMENES ENSAYO DE COHESIÓN CON DEFORMACIÓN

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
EN SUELOS - FIC - UNCP
Perce
Edwin Perce Viscapoma

MEZCLA 01: AR 40% - CSS 60%


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

REVISIÓN 03

Pag - 01 de 01

MOTIVO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMACO CON MEZCLA DE SUELO SALMO Y AGREGADO DE PRO. SECTOR MACACOMA-ARICAUPA

LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE YACUP
CURVA: DIEGO VALERIO CONDE NUÑEZ

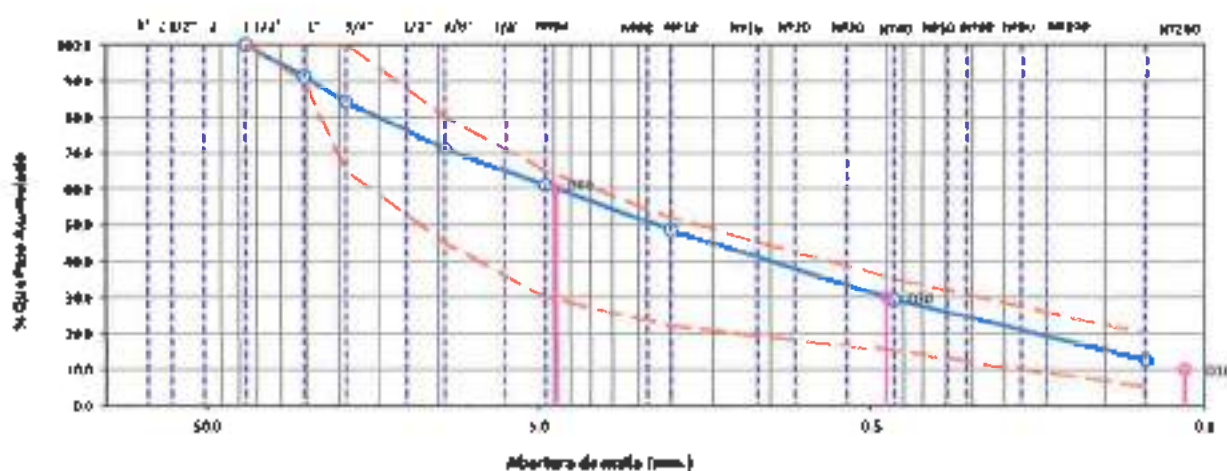
PROVINCIA: ARICAUPA
FECHA: 24/02/2021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.

(NORMA: NTC E-187 / ASTM D-422 / AASHTO T-88)

REFERENCIA DE LA MUESTRA:
CANTERA: MEZCLA APT-Agregado de R10 - 60% CANTERA DE SUELO SALMO
APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS
MUESTRA: 1

TAMIZES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
(Inch.)	(mm.)						peso (g.)	%
3"	76.200						PESO TOTAL SECO	11069.0 g.
2 1/2"	63.500						PESO DE FRACCIÓN FINA SECO	896.8 g.
2"	50.800	0.0	0.0	0.0			Tamaño Máximo (T.M.)	2 1/2"
1 1/2"	38.100	0.4	0.0	0.0	99.6	300 - 100	Tamaño Máximo Nominal (T.M.N.)	1"
1"	25.400	100.0	8.7	8.7	91.3	90 - 100	PORCENTAJE DE GRASA	21.0 %
3/4"	19.000	631.0	7.0	15.7	84.3	65 - 100	PORCENTAJE DE ARENA	44.4 %
1/2"	12.500	809.0	7.6	23.3	76.7		PORCENTAJE DE FINOS	12.6 %
3/8"	9.500	640.0	5.8	28.9	71.1	65 - 80	D60	4.43 mm.
1/4"	6.300	637.0			65.6		D30	0.425 mm.
Nº10	2.000	521.0	4.3	39.0	61.0	30 - 65	D10	0.075 mm.
Nº20	0.850	135.8	1.2	49.2	54.8		Cu	27.4
Nº40	0.425	46.0	0.4	51.3	48.7	25 - 51	Cc	6.8
Nº60	0.250	17.8	0.2	56.6	43.4		LÍMITE Líquido (ML) (NTE E-110)	49.0 %
Nº100	0.150	5.6	0.0	60.3	39.7		LÍMITE Plástico (MP) (NTE E-111)	49.0 %
Nº200	0.075	2.9	0.0	64.6	35.4		ÍNDICE PLASTICIDAD	49.0 %
Nº400	0.0425	0.9	0.0	70.7	29.3	15 - 35	% HUMEDAD (NTE E-108)	3.31 %
Nº600	0.250	0.0	0.0	74.1	25.9		Clasificación de SUELOS	
Nº800	0.177	0.0	0.0	80.1	19.9		AASHTO (ASTM D3082)	A-1-1(0)
Nº1000	0.106	0.0	0.0	82.8	17.2		Bueno	
Nº2000	0.075	0.0	0.0	87.8	12.2	5 - 20	PICS (ASTM D-2487)	S10
FOMBO		106.0	12.4	100.0	0.0		Agregado Directo con grava	

CURVA GRANULOMÉTRICA
**OBSERVACIONES:**

- Muestreo e identificación realizado por el personal de laboratorio.

BRUNO YADIN
RAMÍREZ PONCE
INGENIERO CIVIL
Reg. OIP N° 222987

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	REVISIÓN: 01
		Pág.: 01 de 03

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO CON MEZCLA DE SUELO SALINO Y AGRÉGADO DE RÍO, SECTOR NACIONAL - ARIQUIPA
LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE YACUA
FECHA: ARIQUIPA
CLIENTE: DISEÑO VALERIO CONDE PARRIL
PROYECTO: 26/03/2021

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

NORMAS: NTC E-320 / E-333 / ASTM D 4328 / AASHTO T 99 / T 90

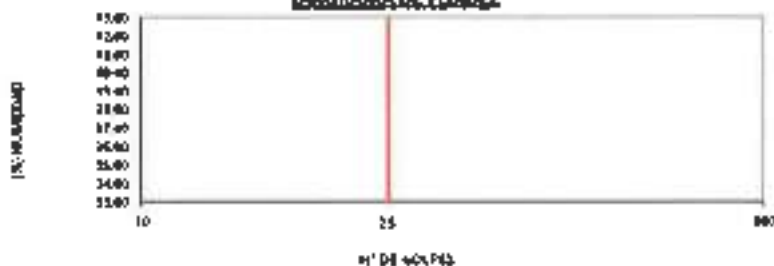
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

CANTERA: MEZCLA 40% CORREGIDO DE RÍO - 60% CARRETERA DE RÍO DE 14, 40%
APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

MUESTRA: 1

PARTES DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Número de ensayos					
Número de golpes					
Peso de muestra + suelo húmedo (g)					
Peso de muestra + suelo seco (g)					
Peso del Agua (g)					
Peso de la muestra (g)					
Peso del suelo seco (g)					
Porcentaje de humedad (%)					

DIAGRAMA DE LIQUEZ



NOTA:

Respecto a la forma de el material se usó la regla nº 08

N.L.P. N.P. N.P.

OBSERVACIONES

- Muestreo e identificación de muestra realizado por el personal de laboratorio.


 BRUNO YADIN
 RAMIREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 222987

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	REVISIÓN: 01
		Pág.: 01 de 01

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ARMADO CON MEZCLA DE SUELO SALINO Y AGREGADO DE RIO, SECTOR ANCOCOMA-AMBÓUBA

LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE UNCHI

PROVINCIA: AREQUIPA

CLIENTE: DIEGO VALERIO COMDE MURIEL

FECHA: 25/03/2022

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2 700 Kn-m/m³ {56000 ple-lb/pie³}). NORMA: MTC E.115 / NTP 539.141 / ASTM D 1557

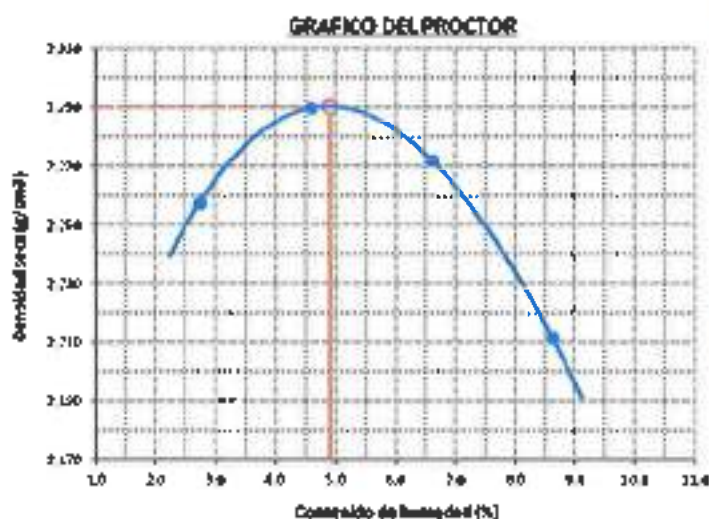
REFERENCIA DE LA MUESTRA:

CANTIDAD: MEZCLA 40% AGREGADO DE RIO 60% CANCHERA DE SUELO SALINO

MUESTRA: 1

APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1	2	3	4	DATOS DEL TAMIZADO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO (A, B ó C) EMPLEADO.				
					TAMIZ	PIESO	% RET.	% M.T. ACUM.	% Q. PASA
Peso del suelo + molde (g)	11094	11253	11310	11268	2"	0.0	0.0	0.0	100.0
Peso del molde (g)	6219	6219	6219	6219	3/4"	1802	15.7	15.7	84.3
Peso del suelo húmedo compactado (g)	4875	5034	5091	5049	3/8"	1509.0	13.2	28.9	71.1
Volumen del molde (cm ³)	2102	2102	2102	2102	Nº74	1153.0	10.1	39.0	61.0
Peso del volumen húmedo (g/cm ³)	2.319	2.395	2.422	2.402	Nº104	7000.0	69.0	100.0	0.0
Contenido de H ₂ O (%)	1	2	3	4	PIESO: 1849.0 g.				
Peso del suelo húmedo + tara (g)	659.1	537.0	935.4	756.4	MÉTODO DE COMPACTACIÓN: 1 "B"				
Peso del suelo seco + tara (g)	641.5	513.4	877.4	696.4	MOQUE UTILIZADO (g): 1 : 6				
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	NÚMERO DE GOLPES: 50				
Peso de agua (g)	17.6	23.6	58.0	60.0	NÚMERO DE CAPAS: 3				
Peso de suelo seco (g)	641.5	513.4	877.4	696.4	MÉTODO PREPARACIÓN UTILIZADO: Húmedo				
Contenido de agua (%)	2.7	4.6	6.6	8.6	DESCRIPCIÓN DEL PRÓN UTILIZADO: Manual				
Peso volumétrico seco (g/cm ³)	2.257	2.290	2.272	2.211	CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL USADO EN LA PRUEBA (ASTM D 1585 - NTP 539.141)				



CLASIFICACIÓN:
ASTM: A-1-a(1)
SUC: SM
DESCRIPCIÓN:
Aereo limosa compacta

RESULTADOS DEL PRONTO

DENSIDAD MÁXIMA SECA: 2.290 g/cm³
ÓPT. CONT. DE HUM. : 4.6 %

OBSERVACIONES:

- Aceptado e implementación registrada por el personal de laboratorio


 BRUNO YADIN
 RAMIREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 222987



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

REF: 0144-01

Pág: 01 de 02

PROYECTO: TRANSFORMACION DE (UNA CALI EN TUBO E HRT) EN ANILLO (CON) QUE SE LEYU TALADO E ALBERADO DE (S) TUBO EN (S) CALI EN TUBO

UBICACIÓN DEL ESTUDIO: LÍMITO DE CALI
 CLIENTE: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CALI EN TUBO

PROVINCIA: GUAYAS
 LOCALIDAD: GUAYAS

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

NORMA: NTC 6.2.1.2. Basado en el Método ASTM D 1556 y ANEXO 1.2.99



REPARTIDA DE LA MUESTRA:
 CANTIDAD: 48 (24 PARA COMPACTAR EN MUESTRAS Y 24 PARA CALI EN TUBO)
 UBICACIÓN: ESTACIONAMIENTO DE CALI EN TUBO

MUESTRA: 1

COMPACTACIÓN											
del suelo	1		2		3						
Nº Cose	5		4		6						
Wp (Cosepa con agua)	56		55		57						
Wp (Cosepa con agua) de la muestra	de 500 g de	de 500 g de	de 500 g de	de 500 g de	de 500 g de	de 500 g de					
Peso húmedo + Tarro + Horno	32900	32900	32900	32900	32900	32900					
Peso del tarro (al)	2795	2795	2795	2795	2795	2795					
Peso del tarro + muestra (al)	5215	5205	4945	5025	4947	4990					
Volúmenes del molde (cc)	2154	2154	2154	2154	2154	2154					
Densidad aparente (g/cm³)	2.404	2.416	2.291	2.337	2.296	2.318					
Grado de humedad	4.9	4.6	5.0	4.1	4.0	4.6					
Densidad seca (g/cm³)	2.287	2.287	2.202	2.202	2.170	2.279					
CONTENIDO DE HUMEDAD											
Tarros Wp	-	-	-	-	-	-					
Tarros + Suelo + Horno (g)	467.3	526.6	784.7	502.3	483.6	4966.6					
Tarros + Suelo + Horno (g)	822.5	579.6	721.4	497.3	780.2	4902.6					
Peso del tarro (g)	46.1	49.9	46.8	46.4	46.8	46.1					
Peso del tarro (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					
Peso del suelo seco (g)	677.4	493.1	722.5	452.1	789.2	4612.5					
Porcentaje de humedad (%)	4.9	3.6	3.0	4.1	3.0	4.6					
DIFUSIÓN											
FORMA	FORMA	TIPO DE	VAL. INICIAL	DIFUSIÓN		DIFUSIÓN		% (DIFUSIÓN)		DIFUSIÓN	
0/10/100	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
1/10/100	0.1	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.00	0.00	
2/10/100	0.2	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	1	0.00	0.00	
3/10/100	1.1	0	0.00	0.00	1	0.00	0.00	1	0.00	0.00	
4/10/100	0.5	0	0.00	0.00	1	0.00	0.00	3	0.00	0.00	
Muestra de 100 g de muestra			0.00	0.00	0.00	4.00	1.00	0.00	4.00	1.00	0.00
MUESTREO											
PROFUNDIDAD		TIPO	FORMA	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3			
mm	pie		FORMA	FORMA	FORMA	FORMA	FORMA	FORMA	FORMA		
0-100	0.000	0.75"	0	0	0	0	0	0	0		
0-40	0.005	0.75"	49	22	0	40	40	31	47		
1-70	0.050	0.75"	140	150	0	130	130	120	120		
1-100	0.075	0.75"	440	270	0	340	270	265	270		
1-140	0.100	0.75"	1000	490	1440.0	144.7	570	413	487.0	49.0	
1-170	0.125	0.75"	1400	670	0	0	300	580	170	5.32	
1-210	0.150	0.75"	1850	1340	0	0	1070	740	670	4.81	
1-240	0.200	0.75"	1760	2640	2920.0	195.0	1570	1580	1803.0	12.5	
1-320	0.300	0.75"	4000	2400	0	0	2880	1800	1780	12.40	
10-160	0.400	0.75"	6200	4500	0	0	3200	2395	2520	13.15	
12-200	0.500	1.000"	1000	5000	0	0	3950	1867	2620	13.00	

REVISIÓN: 01
 Elaborado en el laboratorio de Muestreo por el personal de laboratorio.

BRUNO YADIN
 RAMIREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 222087

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES	
---	---	---

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ARRIVADO CON MEZCLA DE SUELO SALINO Y AGRIANADO DE RÍO, SECTOR MACACCHA AREOLURA*	PROVINCIA:	CAYASHU
LUGAR DE ESTUDIO:	DISTRITO DE HUILO	SECTOR:	2/9501003
FUENTE:	DISEÑO VALERO CONDOR HUASO		

CORTE DIRECTO (CONSOLIDADO DRENADO)

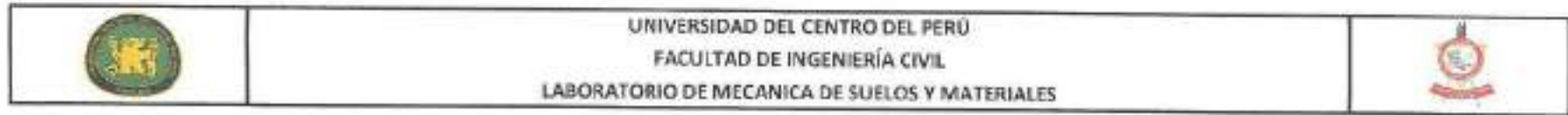
(NORMA: MTC E-313 / ASTM D 3080)

MUESTRA: 01

REFERENCIA DE LA MUESTRA:
 CARRERA: MEZCLA DE SUELO AGRIANADO DE RÍO - RÍO QUINTERA DE SUELO SALINO
 APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

Altura :	2.1	cm
Lado/diámetro :	8.00	cm
Máxima densidad seca :	2.79	g/cm ³
W en el muestreo :	326	%
Humedad Óptima :	4.0	%
W del anillo :	266	%
Vol. Del anillo :	75.0	cm ³

Lectura deformación horizontal		2 kg			Lectura deformación horizontal		4 kg			Lectura deformación horizontal		8 kg		
		Fuerza cortante		Esfuerzo cortante			Fuerza cortante		Esfuerzo cortante			Fuerza cortante		Esfuerzo cortante
Dial	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)	Dial	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)	Dial	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)
0	0.000	0	0	0.000	0	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0	0
3	0.030	21.0	2.14	0.060	3	0.030	31.6	3.21	0.09	3	0.030	60.3	6.17	0.17
6	0.060	35.0	3.57	0.099	6	0.060	56.0	5.71	0.16	6	0.060	80.0	8.16	0.25
12	0.120	46.0	4.90	0.136	12	0.120	75.0	7.66	0.21	12	0.120	126.5	12.91	0.35
18	0.180	53.5	5.46	0.152	18	0.180	89.0	9.08	0.26	18	0.180	160.0	16.33	0.46
30	0.300	63.5	6.48	0.180	30	0.300	133.5	13.62	0.36	30	0.300	218.6	22.06	0.61
45	0.450	67.0	6.96	0.247	45	0.450	162.0	16.53	0.46	45	0.450	342.0	34.90	0.97
60	0.600	68.5	6.74	0.271	60	0.600	251.0	25.61	0.71	60	0.600	449.0	45.02	1.27
75	0.750	122.5	12.50	0.347	75	0.750	315.0	32.14	0.89	75	0.750	527.0	53.78	1.49
90	0.900	157.0	16.07	0.449	90	0.900	369.5	36.36	1.12	90	0.900	579.0	58.08	1.64
105	1.050	186.0	18.88	0.524	105	1.050	446.5	45.56	1.27	105	1.050	618.0	63.06	1.75
120	1.200	203.0	20.71	0.575	120	1.200	480.5	50.55	1.39	120	1.200	780.0	78.59	2.21
150	1.500	217.0	22.14	0.615	150	1.500	470.0	47.96	1.33	150	1.500	615.0	62.76	1.74
180	1.800	227.0	23.16	0.643	180	1.800	480.0	48.32	1.36	180	1.800	682.0	68.90	1.88
210	2.100	233.5	23.83	0.662	210	2.100	420.0	42.86	1.18	210	2.100	657.0	66.84	1.83
240	2.400	230.0	23.47	0.652	240	2.400	424.0	43.27	1.20	240	2.400	691.0	67.24	1.89
270	2.700	210.0	21.43	0.585	270	2.700	400.5	40.97	1.14	270	2.700	697.0	67.86	1.81
300	3.000	205.0	20.92	0.581	300	3.000	380.5	40.98	1.11	300	3.000	657.0	66.84	1.83
360	3.600	205.0	20.92	0.581	360	3.600	390.0	39.90	1.11	360	3.600	653.0	66.43	1.87
420	4.200	205.0	20.92	0.581	420	4.200	378.0	38.27	1.05	420	4.200	598.0	61.02	1.70
480	4.800	205.0	20.92	0.581	480	4.800	375.0	38.27	1.05	480				
540					540					540				
600					600					600				
660					660					660				

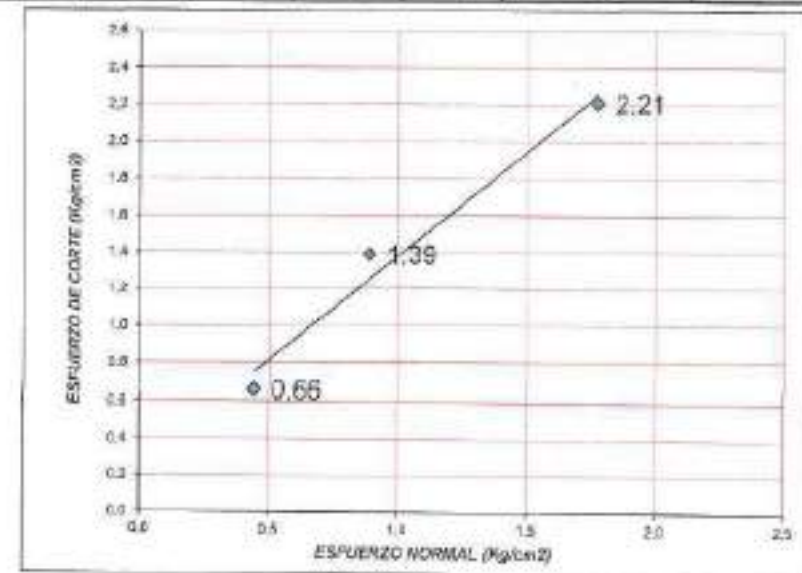
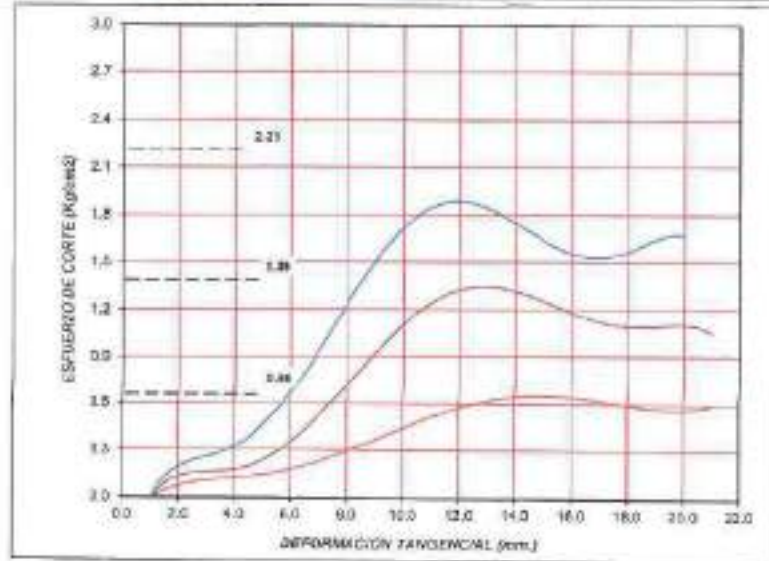


UNIVERSIDAD DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (CONSOLIDADO DRENADO)
(MTC E-123 / ASTM D-3080)

ACTOR/AYUDANTE:	DEJAO VALDIVIAO GONZALEZ VILLALBA		
PROYECTO:	"INSTALACIÓN DE UN ALMACÉN PARA EL ALMACENAMIENTO DE MATERIALES DE SUELO SANCAYO - DISTRITO DE SAN CARLOS DE CHOTA, DISTRITO SAN CARLOS DE CHOTA"		
LUGAR DE ESTUDIO:	DISTRITO DE LAZAR, PROVINCIA CAJAMARCA, PERÚ	FECHA:	3/06/2022
REFERENCIA DE LA MUESTRA:			
CANTIDAD:	MUESTRA RESERVA DE NO - 005 - LABORATORIO DE SUELOS	MUESTRA:	01
APLICACIÓN:	ESTRUCTURACIÓN DE SUELOS - MECÁNICA DE SUELOS		

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES						
MUESTRA	DIÁMETRO	ÁREA	CONT. HUM.	DENS. SECA	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTE
N°	(cm)	(cm ²)	(%)	(g/cm ³)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
01	6.00	28.00	6.9	2.290	0.44	0.66
02	6.00	28.00	6.9	2.290	0.89	1.39
03	6.00	28.00	6.9	2.290	1.78	2.21



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (kg/cm ²)	0.25	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	48.50

CONDICIONES: DISEÑO EN CONDICIONES CONSOLIDADO DRENADO

LABORATORIO DE INVESTIGACION
EN SUELOS - FIC - UNCP
Ma. *Peréz*
Edwin Pérez Villabamba

MEZCLA 02: AR 50% - CSS 50%


LABORATÓRIO DE MECÂNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

NÚMERO: 01

Pág.: 01 de 01

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO CON MEZCLA DE SUELO SALINO Y AGREGADO DE #40. SECTOR MANCORA-MACHUPAY.

LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE AGUA
CANTÓN: DISTRITO VIEJO O COCHE NUEVO

PROVINCIA: AREQUIVA
FOLIO: 10/037/2022

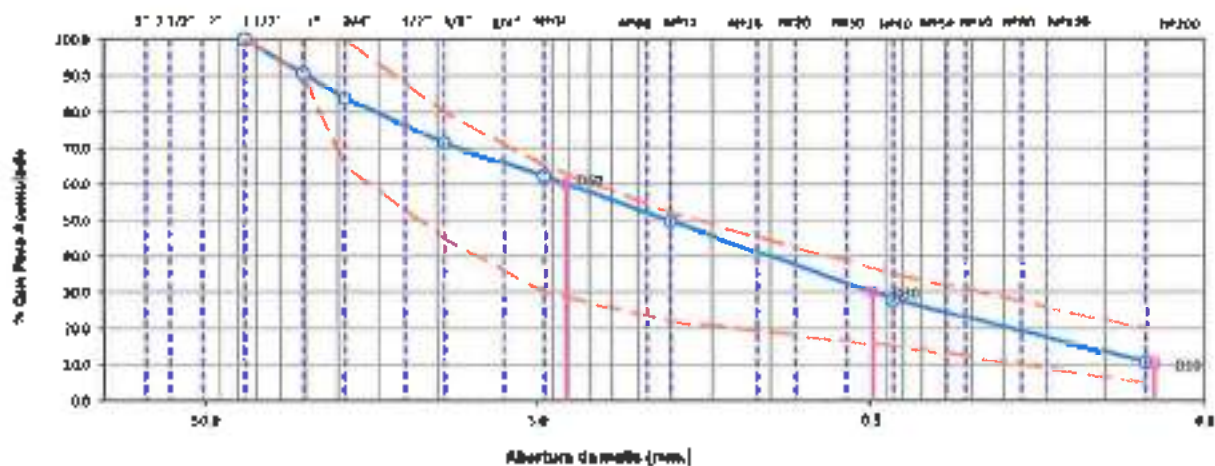
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.

(NORMA: NTC 6-107 / ASTM D-622 / AASHTO T 89)

REFERENCIA DE LA MUESTRA:
CANTERA: MEZCLA 50% AGREGADO DE #40 - 50% CANTERA DE SUELO SALINO
APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

MUESTRA: 1

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
(mm.)	(mm.)							
1"	75.000						PESO TOTAL SECO	10029.1 g.
2 1/2"	63.500						PESO DE FUNDICIÓN FERRA SECO	911.7 g.
2"	50.800	0.0	0.0	0.0			Tamaño Máximo (T.M.)	2 1/2"
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	100 - 100	Tamaño Máximo NOMINAL (T.M.N.)	1"
1"	25.400	94.4	9.4	9.4	98.6	90 - 100	PORCENTAJE DE GRAYA	37.9 %
3/4"	19.000	675.0	6.7	16.1	83.9	66 - 100	PORCENTAJE DE ARENA	51.5 %
1/2"	12.500	711.0	7.1	23.2	76.8		PORCENTAJE DE FINOS	18.6 %
3/8"	9.500	542.0	5.4	28.6	71.4	45 - 80	D60	4.11 mm.
1/4"	6.300	511.0			66.3		D30	0.49 mm
#40	4.100	418.0	4.1	27.9	62.1	30 - 65	D15	0.07 mm
#30	2.360	142.4	9.7	47.6	52.4		Cu	53.2
#10	2.000	40.4	2.8	50.4	49.6	22 - 52	Cc	0.8
#16	1.100	81.4	5.8	58.9	41.1		LÍMITE LÍQUIDO (LÍMITE L 100)	NP %
#70	0.840	55.4	3.8	59.7	48.3		LÍMITE PLÁSTICO (LÍMITE L 10)	NP %
#30	0.500	78.3	5.0	64.6	35.2		ÍNDICE PLASTICIDAD	NP %
#40	0.425	106.7	7.3	71.0	29.0	25 - 35	% HUMEDAD (NTE 6-100)	2.8 %
#60	0.250	38.6	3.7	78.7	24.3		CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
#80	0.180	0.8	0.0	80.0	24.9		AASHTO (ASTM D3282)	A-1 (40)
#100	0.150	99.7	6.8	82.5	17.5		USDA	
#200	0.075	66.3	4.5	89.1	10.6	5 - 20	SUCS (ASTM D 2487)	SP-SM
FÓRMO		155.6	20.6	108.0	0.0		arena polivalente granulada con limo y grava	

CURVA GRANULOMÉTRICA

DECLARACIONES:

- Muestra identificada revisado por el personal de laboratorio.


 BRUNO YADIN
 RAMIREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 222967

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	REVISIÓN: 01
		Pág.: 01 de 01

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ARMADO CON MEZCLA DE PAVO SARIÑO Y AGRÉGADO DE B.O. SECTOR NACA LUMAY AREQUIPA.
LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE ALCAZAR
CUIDADO: Dpto VALLE DEL CACHI
PROVINCIA: AREQUIPA
FECHA: 30/03/2022

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

(NORMAS: NTC E-322 / E-331 / ASTM D-4915 / AASHTO T-99 / T-99)

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN: MUELA DE BLENADO EN BLO - 80% CARRETERA DE PAVO SARIÑO
APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

MUESTRA: 1

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Número de espiras						
Número de golpes						
Peso de casaca + suelo húmedo (g)						
Peso de casaca + suelo seco (g)						
Peso del agua (g)						
Peso de la casaca (g)						
Peso del suelo seco (g)						
Porcentaje de humedad (%)						



Nota:

- El valor de LL (o el) depende de la muestra.

LLP.
LLP.
LLP.

Observaciones:

- Referencia a identificación de muestra realizada por el personal de laboratorio.


 BRUNO YADIN
 RAMÍREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 222967


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

REVISIÓN 01

Pag.: 01 de 01

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ALIBRAMIENTO CON MEZCLA DE SUELO SECO Y AGREGADO DE BBO, SECTOR MUNICIPAL-ARICQUIPE"

LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE MOQUI

PROYECTUAL: NRE01/PA

CUANTE: DIEGO VALEPIO CONDE MUÑOZ

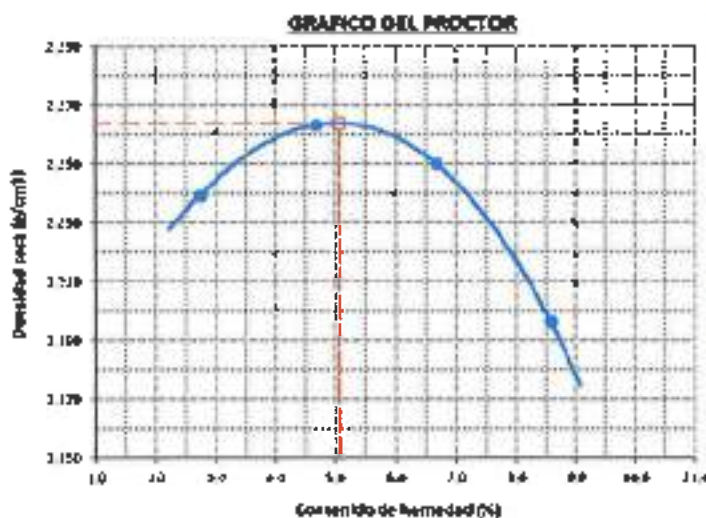
FECHA: 31/03/2022

**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA
{2 700 Kn-m/m³ (56000 pie-lb/pie³)}.**
NORMA: NTC 6 135 / NTP 329.141 / ASTM D 1557
REFERENCIA DE LA MUESTRA
CANTIDAD: MEZCLA 50% AGREGADO DE BBO - 50% CANTERA DE SUELO SECO

MUESTRA: 1

APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1	2	3	4	DATOS DE TABLADO DEL SUELO PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÉTODO (SAB O C) EMPLEADO.				
					TAMIZ	PESO	% RET.	% RET. A(%)	% CL. PASA
Peso del molde + molde (g)	11054	11199	11264	11231	2"	0.0	0.0	0.0	100.0
Peso del molde (g)	6219	6219	6219	6219	3/4"	16.19	16.1	16.1	83.9
Peso del suelo húmedo compactado (g)	4835	4980	5045	5012	3/8"	1253.0	12.6	28.6	71.4
Volumen del molde (cm ³)	2102	2102	2102	2102	Nº10	929.0	9.3	37.3	62.1
Peso del volumen húmedo (g/cm ³)	2.300	2.369	2.400	2.384	Nº20	6228.1	62.1	100.0	0.0
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Peso del suelo húmedo + tara (g)	659.1	833.7	886.1	857.6	PESO:	1000.0	g		
Peso del suelo seco + tara (g)	641.6	796.4	830.7	789.9	MÉTODO DE COMPACTACIÓN	: "G"			
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	MOLDE UTILIZADO (cm ³)	: 6			
Peso de agua (g)	17.5	37.3	55.4	67.7	NÚMERO DE GOLPES	: 75			
Peso de suelo seco (g)	641.6	796.4	830.7	789.9	NÚMERO DE CAPAS	: 5			
Contenido de agua (%)	2.7	4.7	6.7	8.6	MÉTODO PREPARACIÓN UTILIZADO	: Manual			
Peso volumétrico seco (g/cm ³)	2.239	2.263	2.250	2.196	DESCRIPCIÓN DEL PISÓN UTILIZADO	: Manual			


CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL USADO EN LA PRUEBA (ASTM D 2490 - NTP 329.141)
CLASIFICACIÓN

AASTHO: A-3-A(4)

SUCS: SP-SM

DESCRIPCIÓN:

Arena polígonomegrada con limo y grava

RESULTADOS DEL ENSAYO
DENSIDAD MÁXIMA SECA: 2.264 g/cm³
ÓPT. CONT. DE HUM.: 5.3 %

OBSERVACIONES:

- Muestra e identificación realizada por el personal de laboratorio.

BRUNO YADIN
 RAMÍREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 222967



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Nº de Orden

Página de 02

PROYECTO: TERMINACION DE LA CARRETERA A MANA DE ANIMADO CON MEZCLA DE SUELO SAURO (AGREGADO DE NO. 3) TIPO BACACOMA JERICÓN V

Lugar de Estudio: DISTRITO DE WASHI
Cajalí: DISTRITO WASHI CONCEJALES

PROYECTA: JALCUMBA
FECHA: 06/04/2012

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO
NORMAS: NTC E 312, 4000-01-01 de la Norma ASTM D-1557 y AASHTO T-99

PREPAREDADO POR: AMELIA SANCHEZ GARCIA DE MORALES
CARGO: INGENIERA DE CONTROL DE CALIDAD
AFILIACIÓN: INGENIERA DE CONTROL DE CALIDAD

MUESTRA: 1

COMPACTACIÓN														
Nº Muestra	4		5		6									
Nº Cose	5		5		5									
Nº Colores por cose	55		35		L2									
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Mo Saturated	Saturado	Mo Saturated	Saturado	Mo Saturated	Saturado								
Peso húmedo + peso húmedo	179.90	179.90	154.95	154.95	113.84	113.84								
Peso de molde (st)	77.70	77.70	74.73	74.73	75.40	75.40								
Peso del molde húmedo (st)	53.12	53.23	49.90	49.90	48.44	49.06								
Volúmenes molde (cc)	28.94	28.94	28.94	28.94	28.94	28.94								
Humedad (H%)	2.80	2.80	2.22	2.22	2.29	2.29								
% de humedad	5.1	5.0	5.0	4.3	5.0	7.0								
Umbral seco (cc)	2.79	2.79	2.79	2.79	2.89	2.79								
COMPRESIÓN DE HUNDIMIENTO														
grupos	-	-	-	-	-	-								
Terza + Suelo saturado (gr.)	175.2	185.0	180.5	185.0	130.9	135.0								
Terza + Suelo seco (gr.)	79.4	83.0	83.4	88.0	47.0	48.0								
Peso del agua (gr.)	95.8	102.0	97.1	97.0	83.9	87.0								
Peso del terzo (gr.)	8.0	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0								
Umbral seco (cc)	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79								
Porcentaje de humedad (%)	5.1	5.0	5.0	4.3	5.0	7.0								
EXPANSIÓN														
MUESTRA	NOTA	TIEMPO (hr)	DMS (mm)	EXPANSIÓN		DMS	EXPANSIÓN		DMS (mm)	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
0/0/0/0		0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00			
1/1/1/1		24	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00			
2/2/2/2		48	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00			
3/3/3/3		72	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00			
4/4/4/4		96	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00			
Promedio del molde en 96 h =			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
PENETRACIÓN														
PROFUNDIDAD	Módulo	Módulo (kg/cm²)	Módulo 10'				Módulo 15'				Módulo 20'			
			Carga		Penetración		Carga		Penetración		Carga		Penetración	
			kg/cm²	mm	kg/cm²	mm	kg/cm²	mm	kg/cm²	mm	kg/cm²	mm	kg/cm²	mm
0.200	0.000	0.30	0	5		0	0		0	0		0	0	
0.400	0.025	0.70	1.30	0		200	75		20	0		0	0	
0.700	0.050	1.30	200	370		370	202		221	154		154	104	
1.000	0.075	1.70	325	510		510	347		347	232		232	154	
2.500	0.100	2.70	1170	880	1368.0	158.0	81.8	480	1000.2	300.0	180	457	440.8	44.1
5.000	0.125	3.70	1550	1062		1200	202		700	385		385	300	
7.500	0.150	4.70	2000	1062		1600	1270		800	720		720	500	
10.000	0.200	5.70	3000	1510	2760.5	284.3	1420	1010	1994.7	572.0	1505	970	500.0	44.0
15.000	0.300	6.70	4000	2150		3500	1661		2500	1400		1400	1000	
20.000	0.500	10.00	6500	4050		6000	2000		3800	2211		2211	1500	

Observaciones:
- Al momento de la realización de la prueba se utilizó el método de la norma.

BRUNO YADIN RAMIREZ PONCE
BRUNO YADIN RAMIREZ PONCE
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 222087



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

N°
MM5074-01
Reg: 02 de 02

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

Normas: ASTM D 1557, Método de Penetración ASTM D 1586 y AASHTO T 193

Elaboración del expediente en:

Caratula: [ver documento](#)

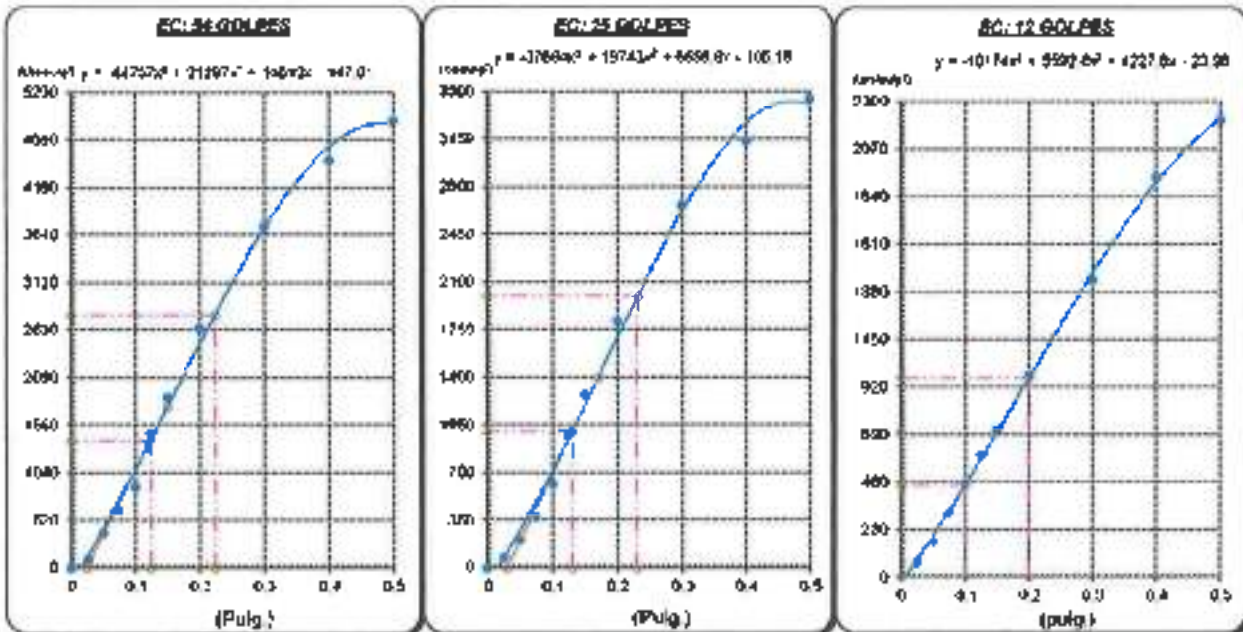
MUESTRA: 1

aprobación: [ver documento](#)

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL USADO EN LA PRUEBA (ASTM D 2486 - NTP 339.134)

AASHTO: # 1 (H)	TUCS: SP SM	DESCRIPCIÓN: Arena pobremente graduada con limo y grava
-----------------	-------------	---

GRÁFICO CARGA - PENETRACIÓN



CARGA POND. (lb/inch ²)	PROPORCIÓN		36 GOLPES CORRECCIÓN		25 GOLPES CORRECCIÓN		12 GOLPES CORRECCIÓN	
	Área	Pulg.	Área (cm ²)	%	Área (cm ²)	%	Área (cm ²)	%
3000	1.54	0.1	3888.8	131.8	3008.2	108.0	488.8	41.8
1500	5.88	0.2	1784.5	134.5	1594.0	132.9	515.8	64.5

GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DEBIDO A LA LEONIA: 1.264 g/cm³
 DEBIDO A LA PUN: 2.651 g/cm³
 OPTIMO CONT. DE HUMEDAD: 5.1 %

DATOS DEL C.B.R.

N° de golpes	Carga (lb/inch ²)	CBR (%)	
		0.1"	0.3"
36	1.500	131.8	134.7
25	1.220	108.0	132.9
12	1.100	48.8	64.5

GRÁFICO DEL PROCTOR

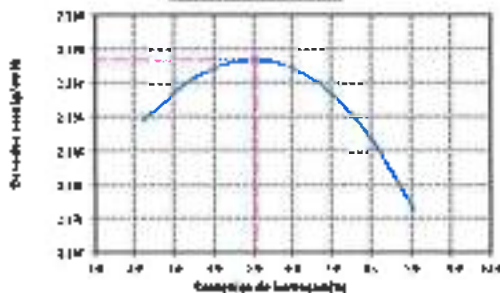
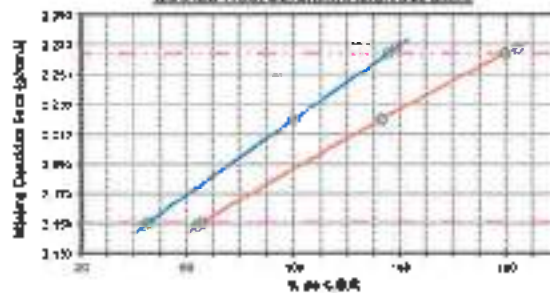


GRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DEL C.B.R.





RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Valor del CBR de Penetración	0.1" (2.54 cm)	0.3" (7.62 cm)
C.B.R. al 300% de la M.O.S. (H)	135.8	134.7
C.B.R. al 95% de la M.O.S. (H)	85.7	66.3
Condiciones del Suelo	Secado	

Observaciones:

- Informar a la institución evaluada por el examen de laboratorio.

Bruno
 BRUNO YAÑIN RAMÍREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 222947

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES	
---	---	---

PROYECTO: ESTABLECIMIENTO DE UNA CARRETERA A NIVEL DE AFERRADO EN LA MEDIDA DE SUELO SAUMO Y AGRIBANDEO DE RÍO, SECTOR SAGUAYO EN AREQUIPA.

LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE PULLI
 CLIMATE: DISTRITO VALCABON CONSERVACION

PROVINCIA:
 ZONA:

CARTEL:
 ELEVACION:

CORTE DIRECTO (CONSOLIDADO DRENADO)

(NORMA: NTC E-123 / ASITR O 3080)

REFERENCIA DE LA MUESTRA:

CANTIDAD: MEDIDA MIN. AGRIBANDEO DE RÍO - SUB-CARRETERA DE SUELO SAUMO
 APLICACION: ESTABILIZACION DE SUELOS - MEDIDA DE SUELO

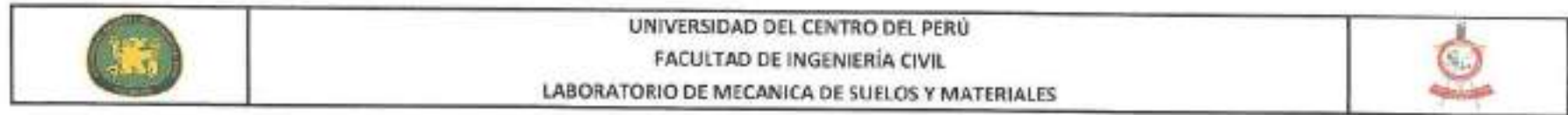
MUESTRA: 02

Altura :	2.1	cm
Lado/diámetro :	6.00	cm
Máxima densidad seca :	2.264	g/cm ³
W en/lo-muestra :	375	%
Humedad Optima :	5.1	%
W del anillo :	166	%
Vol. del anillo :	75.6	cm ³

Lectura deformación horizontal		2 kg			Lectura deformación horizontal		4 kg			Lectura deformación horizontal		8 kg		
		Fuerza constante		Esfuerzo cortante			Fuerza constante		Esfuerzo cortante			Fuerza constante		Esfuerzo cortante
Dist	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)	Dist	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)	Dist	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)
0	0.000	0	0	0.000	0	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0	0
3	0.036	19.3	1.88	0.047	3	0.030	28.0	2.88	0.08	3	0.030	58.0	5.82	0.16
6	0.090	38.3	3.86	0.079	6	0.080	50.5	5.15	0.14	6	0.080	84.0	8.57	0.24
12	0.120	43.3	4.38	0.122	12	0.120	76.5	8.11	0.23	12	0.120	110.0	11.22	0.31
15	0.180	58.3	5.87	0.188	18	0.180	97.5	9.95	0.28	18	0.180	147.5	14.74	0.41
30	0.300	72.3	7.40	0.205	30	0.300	138.5	14.15	0.39	30	0.300	172.0	17.55	0.49
45	0.450	86.3	8.74	0.271	45	0.450	148.0	15.10	0.42	45	0.450	215.0	21.94	0.61
60	0.600	121.0	12.35	0.343	60	0.600	191.0	19.49	0.54	60	0.600	251.5	25.89	0.75
75	0.750	150.0	15.31	0.425	75	0.750	221.5	22.60	0.63	75	0.750	338.0	34.49	0.96
90	0.900	186.0	18.63	0.528	90	0.900	254.0	26.94	0.75	90	0.900	412.5	42.09	1.17
105	1.050	220.5	22.30	0.625	105	1.050	327.8	33.42	0.93	105	1.050	495.5	50.56	1.40
120	1.200	227.5	23.21	0.646	120	1.200	351.0	36.87	1.00	120	1.200	556.5	56.68	1.57
150	1.500	241.5	24.64	0.685	150	1.500	378.0	38.37	1.07	150	1.500	624.0	63.67	1.77
180	1.800	245.0	25.00	0.694	180	1.800	398.0	41.65	1.05	180	1.800	699.5	71.38	1.98
210	2.100	253.8	24.33	0.668	210	2.100	361.0	38.84	1.02	210	2.100	580.0	58.39	1.83
240	2.400	255.0	23.88	0.666	240	2.400	365.0	35.71	0.99	240	2.400	654.0	66.73	1.86
270	2.700	227.0	23.16	0.643	270	2.700	360.0	36.71	0.99	270	2.700	635.0	64.80	1.80
300	3.000	220.0	22.45	0.624	300	3.000	345.0	35.20	0.98	300	3.000	630.5	64.34	1.78
360	3.600	215.3	21.88	0.611	360	3.600	342.0	34.90	0.97	360	3.600	620.0	64.29	1.76
420					420	4.200	340.0	34.69	0.96	420	4.200	630.0	64.29	1.76
480					480					480				
540					540					540				
600					600					600				
660					660					660				

LABORATORIO DE INVESTIGACIONES
 EN SUELOS - FIC - UNCP

 Edwin Pérez Villapoma

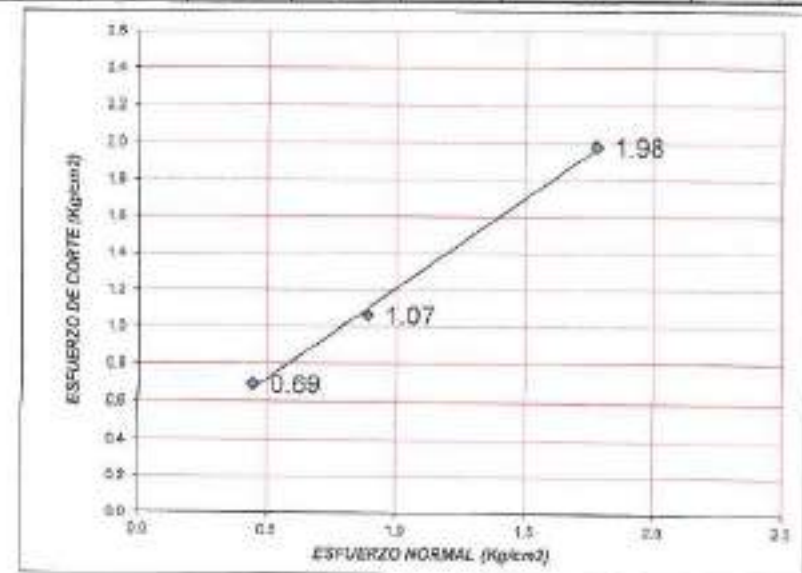
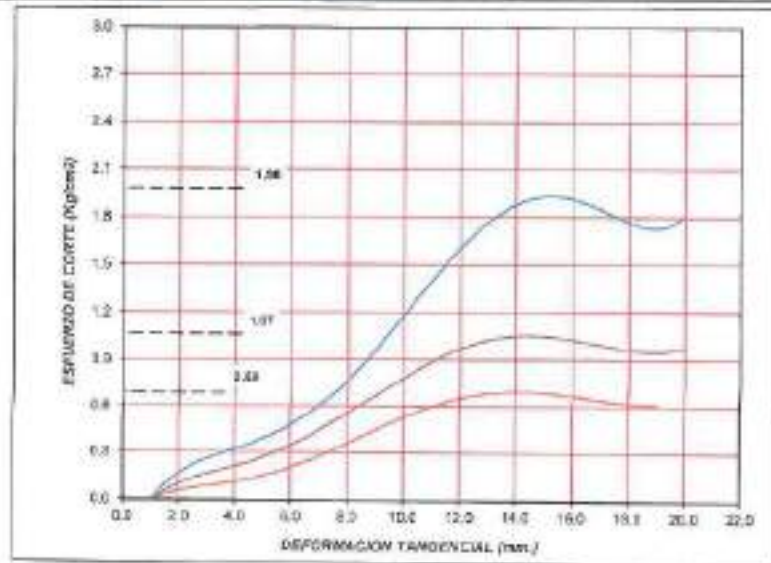


UNIVERSIDAD DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (CONSOLIDADO DRENADO)
(MTC E-123 / ASTM D-3080)

PETICIONARIO:	SERVICIO NACIONAL DE AGRIPECUARIA		
PROYECTO:	TOTALIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ARENADO CON MEZCLA DE ROLLO CALDO Y AGREGADO DE PULV. DE CEMENTO (COSA-ARICAPITA)		
LUGAR DE ESTUDIO:	PARTE DE AGUEL, PROVINCIA CAJAVIL, REGION AREQUIBA	TIPO DE SUELO:	CL
REFERENCIA DE LA MUESTRA:			
CANTERA:	MEZCLA SOBREGRASADA DE 10% - SIN CANTERA DE SUELO SUJO	INSTRUMENTO:	DL
APLICACIÓN:	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS		

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES						
MUESTRA	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (cm ²)	CONT. HUM. (%)	DENS. SECA (g/cm ³)	ESFUERZO NORMAL (kg/cm ²)	ESFUERZO CORTE (kg/cm ²)
01	6.04	29.00	5.1	2.204	0.84	0.69
02	6.04	29.00	5.1	2.204	0.89	1.07
03	6.04	29.00	5.1	2.204	1.78	1.98



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (kg/cm ²)	0.23	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	44.41

ENSAYO CONSTRUÍDO EN EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LABORATORIO DE INVESTIGACION
EN SUELOS - FIG - UNCP
Edwin Pérez Vilca

MEZCLA 03: AR 60% - CSS 40%


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

FENÓMENA 01

Pág: 01 de 01

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ARRIMADO CON MEZCLA DE SUELO SALMO Y AGREGADO DE FHO, SECTOR MALACÓN-AREQUIPA

LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE JAQUE
CANTÓN: DIEGO VIALDO CONDÉ ALVAREZ

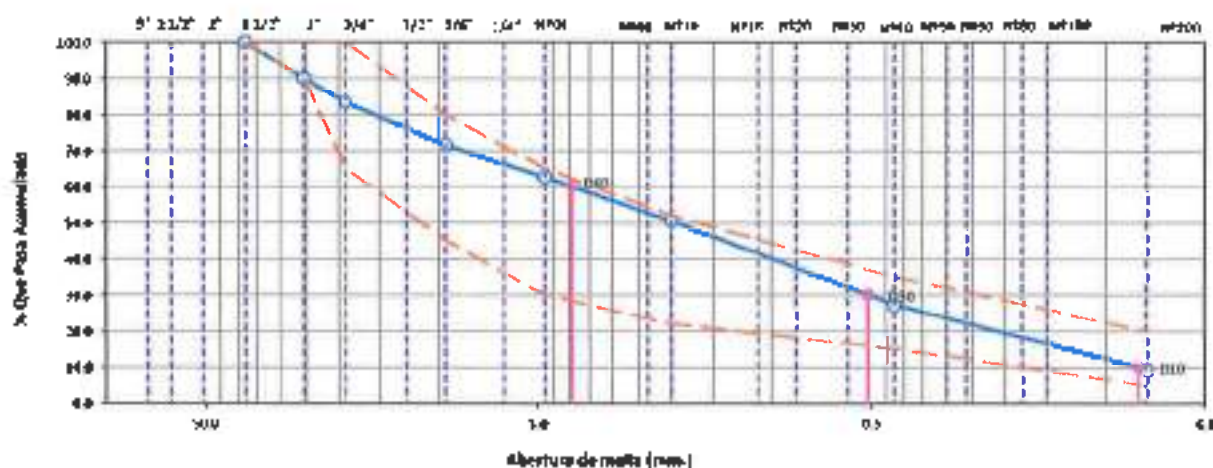
PROVINCIA: AREQUIPA
FECHA: 06/04/2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.

(NORMA: NTC E-307 / ASTM D-422 / AASHTO T 88)

REFERENCIA DE LA MUESTRA:
CANTIDAD: MEZCLA CON AGREGADO DE FHO - 40% CANTERA DE SUELO SALMO
APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS
MUESTRA: 1

TAMICES		PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
(mm.)	(mm.)						
3"	75.000						PESO TOTAL SECO : 12733.5 g.
2 1/2"	63.500						PESO DE FRACCIÓN FINA SECO : 2005.0 g.
2"	50.800	0.0	0.0	0.0			Tamaño Máximo (T.M.) : 2 1/2"
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	100 - 100	Tamaño Máximo Nominal (T.M.N.) : 1"
1"	25.400	1265.0	10.0	10.0	90.0	90 - 100	PORCENTAJE DE GRASA : 37.4 %
3/4"	19.000	641.0	5.0	15.0	85.0	65 - 100	PORCENTAJE DE ARENA : 53.2 %
1/2"	12.500	869.0	6.8	23.4	76.6		PORCENTAJE DE FINOS : 9.8 %
3/8"	9.500	647.0	5.1	28.5	71.5	45 - 80	D60 : 3.94 mm.
1/4"	6.300	589.0			66.8		D30 : 0.51 mm.
Nº4	4.750	531.0	4.1	27.4	62.6	30 - 65	D10 : 0.08 mm.
Nº10	2.000	42.9	0.3	46.8	53.2		Cu : 49.8
Nº20	0.840	2.9	0.02	49.8	50.2	22 - 52	Cc : 3.8
Nº40	0.425	0.4	0.003	50.0	49.0		LÍMITE LÍQUIDO (NTC E 189) : N.P. %
Nº60	0.250	0.1	0.0008	50.1	49.9		LÍMITE PLÁSTICO (NTC E 182) : N.P. %
Nº100	0.150	0.05	0.0004	50.2	49.8		ÍNDICE PLÁSTICO : N.P. %
Nº200	0.075	0.02	0.00015	50.3	49.7	15 - 35	% HUMEDAD (NTC E 88) : 2.10 %
Nº400	0.037	0.005	0.00004	50.4	49.6		
Nº600	0.025	0.001	0.000008	50.5	49.5		
Nº840	0.018	0.0002	0.0000015	50.6	49.4		
Nº1060	0.015	0.00005	0.0000004	50.7	49.3		
Nº1490	0.010	0.00001	0.0000001	50.8	49.2		
Nº2000	0.0075	0.000005	0.00000004	50.9	49.1		
REDONDO		151.5	1.2	100.0	0.0		
							CLASIFICACIÓN DE SUELOS
							AASHTO (ASTM D3282) : A-1-000
							Bueno
							SUCS (ASTM D 2487) : SP SM
							Material apto para ser usado con limo y arena

CURVA GRANULOMÉTRICA
**OBSERVACIONES:**

- Muestra e identificación realizada por el personal de laboratorio


 BRUNO YADIN
 RAMIREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 222967

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	REVISIÓN: 01
		Pág. 01 de 01

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE ANIVADO CON MEZCLA DE SUELO SALINO + AGREGADO DE RPO, SECTOR MARAVALONA-AREQUIPA

LÍNEA DE ESTUDIO: DISTRITO DE HUALA

PROVINCIA: AREQUIPA

LÍMITE: DIEGO VALDEO CONDE ARÍZ

FECHA: 06/04/2022

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

(MÉTODOS: LÍMITE LÍQUIDO / LÍMITE PLÁSTICO / ESTABILIZACIÓN DE SUELOS / AGREGADO DE RPO Y R90)

REPLICAÇÃO DE LA MUESTRA

CANTIDAD: MEZCLA EN AGREGADO DE RPO + R90 - CARRETERA DE SUELO SALINO

MUESTRA: 1

APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

DATOS DEL ENSAYO	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Número de círculos						
Número de golpes					---	---
Peso de muestra + suelo húmedo (g)						
Peso de muestra + suelo seco (g)						
Peso del agua (g)						
Peso de la muestra (g)						
Peso del suelo seco (g)						
Porcentaje de humedad (%)						



Nota:

- El ensayo se realizó al material pasado la malla N° 40

LL P. PL P. I.P.

Observaciones:

- Diversos ensayos de muestras realizadas por el personal de laboratorio



 BRUNO YADIN
 RAMIREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 222907

	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	REVISIÓN: 01
		Pág. 01 de 01

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE AFIRMADO CON MEZCLA DE SUELO SANTIÑO Y AGREGADO DE RÍO, SECTOR MACACOCHA-ARQUIFA"

LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE JAQUI

PROVINCIA: AREQUIPA

CIENTE: DIEGO VALENO CDN DE INJENIERO

FECHA: 07/04/2022

COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2 700 Kn-m/m³ (56000 pie-lb/pie³)). NORMA: MTC E 135 / MTP 339.341 / ASTM D 1557

REFERENCIA DE LA MUESTRA:

CANTERA: MEZCLA CON AGREGADO DE RÍO - 80% CANTERA DE SUELO SANTIÑO

MUESTRA: 1

APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MEZCLA DE SUELOS

DATOS DE LA COMPACTACIÓN	1	2	3	4	DATOS DEL TABLIZADO DEL SUELO PARA LA OBTENCIÓN DE LA OBTENCIÓN DEL MÉTODO (A, B & C) EMPLEADO.				
					TAM. Z	PESO	% RET.	% RET. ACUM.	% CL. PASA
Peso del molde + molde (g)	11436	11612	11710	11694	2"	0.0	0.0	0.0	100.0
Peso del molde (g)	6626	6626	6626	6626	3/4"	2397	16.5	16.6	83.4
Peso del suelo húmedo compactado (g)	4810	4986	5084	5068	3/8"	1930.0	42.9	29.5	71.5
Volumen del molde (cm ³)	2131	2131	2131	2131	Nº 40	1130.0	8.9	37.8	62.6
Peso del volumen húmedo (g/cm ³)	2.257	2.340	2.386	2.378	Nº 100	7965.3	62.9	100.0	4.8
CONTENIDO DE HUMEDAD					1	2	3	4	
Peso del suelo húmedo + tara (g)	924.6	934.1	955.5	922.4	PESO:	12738.8	0.		
Peso del suelo seco + tara (g)	898.7	891.7	894.6	848.5	MÉTODO DE COMPACTACIÓN:		10"		
Peso de tara (g)	0.0	0.0	0.0	0.0	MOLE UTILIZADO (g/m ³):		16		
Peso de agua (g)	25.9	42.4	60.9	73.9	NÚMERO DE GOLPES:		56		
Peso de suelo seco (g)	898.7	891.7	894.6	848.5	NÚMERO DE CAPAS:		3		
Contenido de agua (%)	2.9	4.8	6.8	8.7	MÉTODO PREPARACIÓN UTILIZADO:		Húmedo		
Peso volumétrico seco (g/cm ³)	2.194	2.234	2.234	2.188	DESCRIPCIÓN DEL PISÓN UTILIZADO:		Manual		

CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL USADO EN LA PRUEBA (ASTM D 2487 - MTC E 135)

CLASIFICACIÓN

AASHTO: A-3 (48)

UNCS:

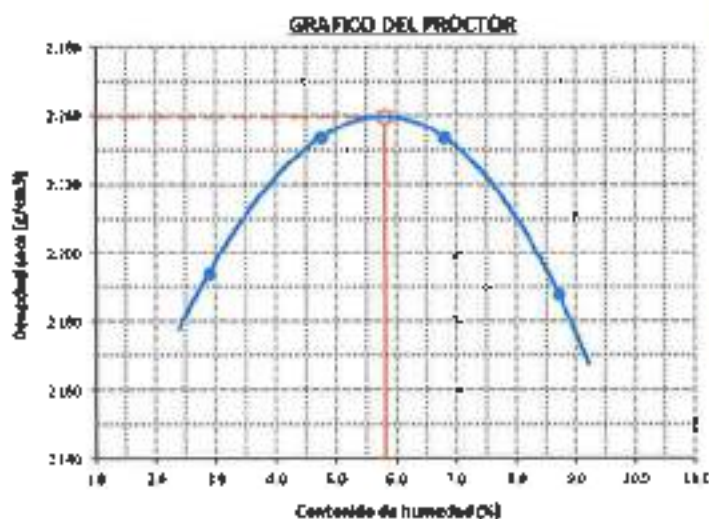
SP-5M

DESCRIPCIÓN:

Arena políenemé graduada con RíO y grava

RESULTADOS DEL ENSAYO

DENSIDAD MÁXIMA SECA: 2.340 g/cm³
OPT. CONT. DE HUM. : 5.8 %



CONSIDERACIONES:

- Medición e identificación realizada por el personal de laboratorio.


 BRUNO YADIN
 RAMIREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 222987



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

U
BOYDOLU
PAJ BU-04-01

CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO
 NORMA: MEC 1.121, basado en la norma ASTM D 1587 y AASHTO T-191

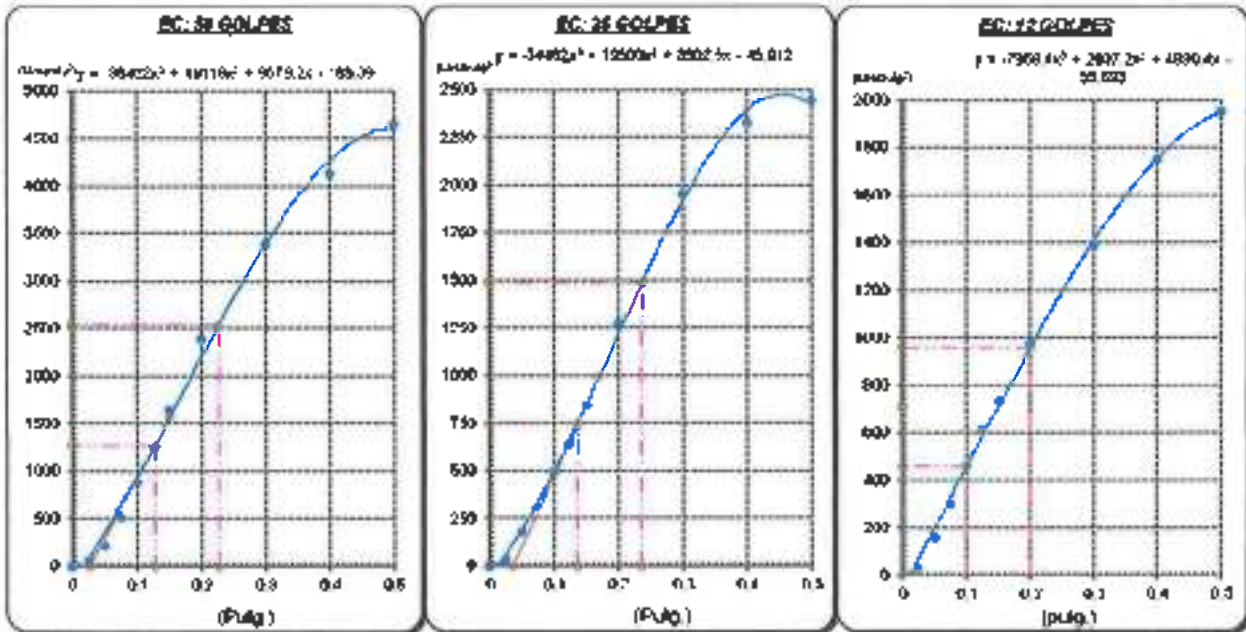
GERENCIA DE LA OBRA: MTC/ALCANTARILLAS DE LA CARRETERA DE LA SIERRA
 CLIENTE: MTC/ALCANTARILLAS DE LA CARRETERA DE LA SIERRA
 APLICACIÓN: DISEÑO DE PAVIMENTOS ALTAMENTE SUELOS

MEZCLA: 1

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL USADO EN LA PRUEBA (ASTM D 1587 - NTP 199.124)

AACIÓ: A-1-H(1)	SUCT: SP-5M	DESCRIPCIÓN: Arena pobremente graduada con limo y grava
-----------------	-------------	---

GRÁFICO CARGA - PENETRACIÓN



CARGA SUELO (kg/cm²)	PENETRACIÓN		33 GOLPES CORRECCIÓN		25 GOLPES CORRECCIÓN		12 GOLPES CORRECCIÓN	
	mm	cm	mm/psd	%	mm/psd	%	mm/psd	%
1000	2.54	0.1	1777.1	177.2	744.6	74.5	458.6	45.8
1500	5.08	0.2	2537.7	253.8	1087.5	108.8	669.0	66.9

GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

ESPESOR SUELO 94%: 2.286 g/cm³
 DENSIDAD SUELO 95%: 2.218 g/cm³
 HUMEDAD ÓPTIMA 95%: 5.8 %

DATOS DEL C.B.R.

nº de Golpes	Densidad seca (g/cm³)	C.B.R. (%)	
		0.1"	0.2"
48	2.268	177.2	166.9
25	2.192	74.5	69.3
12	2.128	45.8	42.9

GRÁFICO DEL PROCTOR

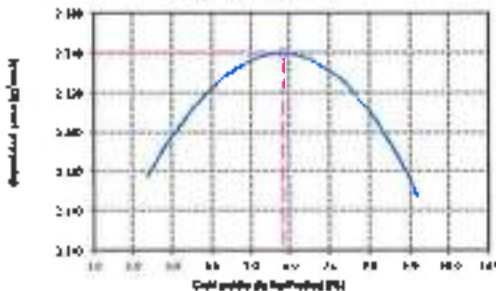
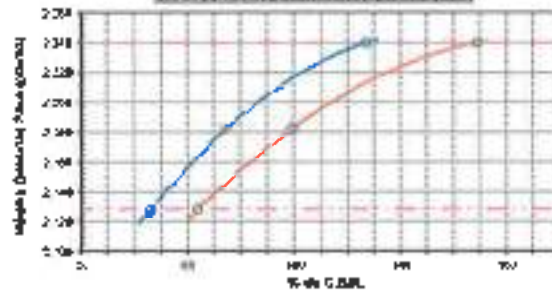


GRÁFICO PARA DETERMINACIÓN DEL C.B.R.





RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS

Valor del CBR de Penetración	0.1" (2.54 cm)	0.2" (5.08 cm)
C.B.R. al 80% de la M.O.S. (74)	177.1	166.1
C.B.R. al 95% de la M.O.S. (94)	75.9	69.0
Coefficiente del ensayo	Satisfactorio	

Observaciones:
 - Referirse a manuales de referencia por el personal de laboratorio

Bruno Yadin
 BRUNO YADIN
 RAMÍREZ PONCE
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP Nº 222367

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES	
---	---	---

PROYECTO: EVALUACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE AFERCIÓN CONVENIDA DE SECCIONES Y ARRIBOS DE EL SECTOR ANCAHUELA - AUCUN

LUGAR DE ESTUDIO: DISTRITO DE ANCA
CANTÓN: DISTRITO VALERO CONDOR UNO

PROVINCIA: CAJAMA
CANTÓN: SAN VITO

CORTE DIRECTO (CONSOLIDADO DRENADO)

(NORMA: MTCE-123 / ASTM D 3080)

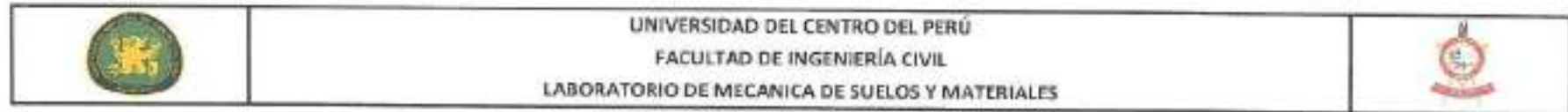
REFERENCIA DE LA MUESTRA:

CANTÓN: MUELA EN ARRIBADO DE 10 - 400 CAPAS DE SUELO SUAVES
APLICACIÓN: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - MUELA DE SUELOS

MUESTRA: 03

Altura :	2.1	cm
Lado/diámetro :	6.00	cm
Máxima densidad seca :	1.24	g/cm ³
W en la muestra :	326	g
Humedad Óptima :	5.8	%
W del anillo :	366	g
Vol. Del anillo :	75.6	cm ³

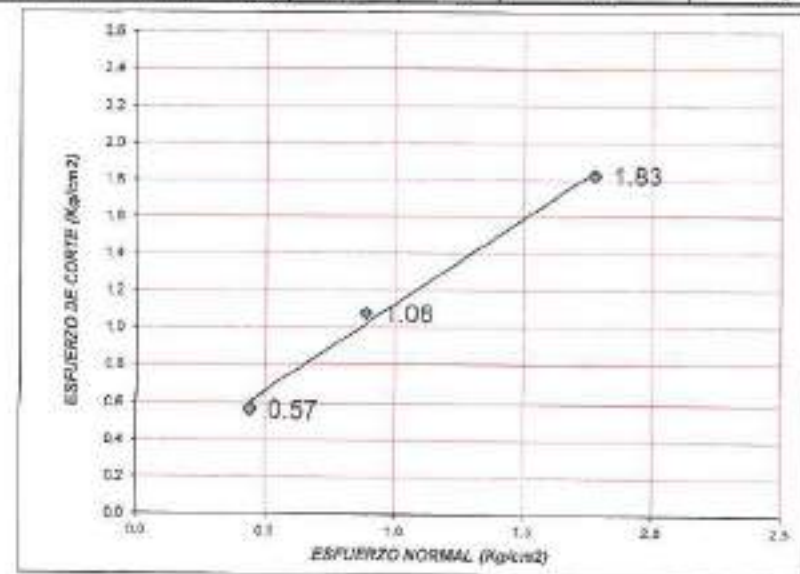
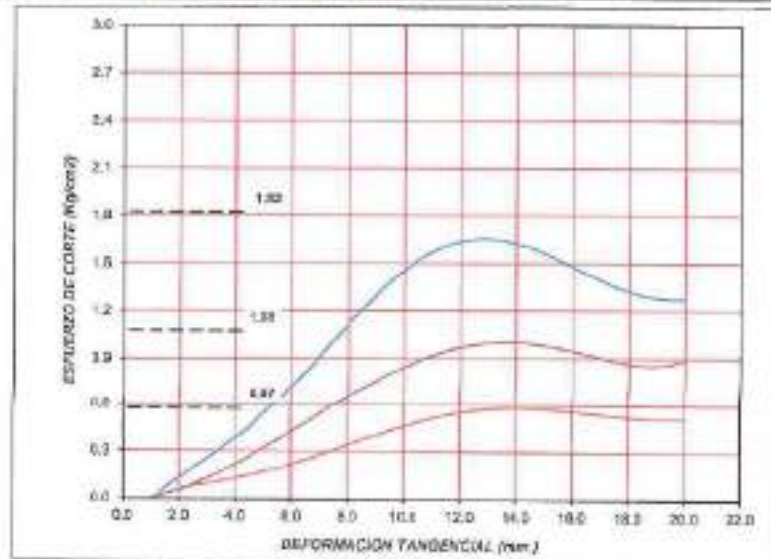
Lectura deformación horizontal		2 kg			Lectura deformación horizontal		4 kg			Lectura deformación horizontal		8 kg		
		Fuerza cortante		Esfuerzo cortante			Fuerza cortante		Esfuerzo cortante			Fuerza cortante		Esfuerzo cortante
Dial	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)	Dial	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)	Dial	mm	(N)	(kg)	(kg/cm ²)
0	0.000	0	0	0.000	0	0.000	0	0	0	0	0.000	0	0	0
3	0.030	14.3	1.43	0.040	3	0.030	20.3	2.03	0.08	3	0.030	45.0	4.50	0.13
6	0.060	27.5	2.91	0.078	6	0.060	37.5	3.83	0.11	6	0.060	68.5	6.85	0.17
12	0.120	51.0	5.20	0.145	12	0.120	71.3	7.30	0.20	12	0.120	144.0	14.40	0.41
18	0.180	71.5	7.30	0.203	18	0.180	114.0	11.63	0.32	18	0.180	205.5	20.55	0.54
30	0.300	82.0	8.37	0.232	30	0.300	155.5	15.57	0.44	30	0.300	280.0	28.00	0.75
45	0.450	93.0	9.48	0.264	45	0.450	195.0	20.20	0.56	45	0.450	351.5	35.15	0.94
60	0.600	110.8	11.30	0.313	60	0.600	235.0	22.86	0.64	60	0.600	371.5	37.15	1.05
75	0.750	128.6	13.21	0.367	75	0.750	275.0	28.08	0.78	75	0.750	431.0	43.10	1.16
90	0.900	156.0	16.34	0.471	90	0.900	280.0	28.57	0.79	90	0.900	500.0	50.00	1.42
105	1.050	198.0	20.20	0.561	105	1.050	308.5	31.26	0.87	105	1.050	555.5	55.55	1.57
120	1.200	202.5	20.86	0.574	120	1.200	350.0	35.71	0.99	120	1.200	602.0	60.20	1.71
150	1.500	201.0	20.51	0.570	150	1.500	380.5	38.85	1.08	150	1.500	644.5	64.45	1.83
180	1.800	200.0	20.41	0.567	180	1.800	353.0	36.02	1.00	180	1.800	688.5	68.85	1.81
210	2.100	198.0	20.20	0.557	210	2.100	341.0	34.80	0.97	210	2.100	616.0	61.60	1.66
240	2.400	198.0	20.20	0.551	240	2.400	320.0	32.55	0.91	240	2.400	495.0	49.50	1.40
270	2.700	192.0	19.50	0.544	270	2.700	315.0	32.14	0.89	270	2.700	486.0	48.60	1.38
300	3.000	180.0	19.35	0.539	300	3.000	310.0	31.63	0.88	300	3.000	484.0	48.40	1.40
360	3.600	164.0	16.78	0.522	360	3.600	310.0	31.63	0.88	360	3.600	482.5	47.18	1.31
420	4.200	181.5	18.52	0.514	420	4.200	310.0	31.63	0.88	420	4.200	440.5	44.05	1.25
480					480					480				
540					540					540				
600					600					600				
660					660					660				



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (CONSOLIDADO DRENADO)
(MTC E-123 / ASTM D-3080)

PETICIONARIO:	DIEGO VALERIO CENDE SUÑEZ		
PROYECTO:	"ESTABILIZACIÓN DE UNA CARRETERA A NIVEL DE AFRENTADO CON MEZCLA DE SUELO SUELO Y AGREGADO DE ROLLO, SECTOR VASCOGOLA ANDQUEVA"		
LUGAR DE ESTUDIO:	3. STRATO DE JANDU, PROV. MOY. CAMPO BELLO, REGIÓN AREQUIBA	Flota:	1/30/2018
REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN:			
CATEGORÍA:	MEZCLA SUELO AGREGADO DE ROLLO - BOLA CRITICA DE SUELO SUELO	ANÁLISIS:	CL
APLICACIÓN:	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS - PIEDRA DE SUELOS		

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPÉCIMENES						
INVESTIGA	DIÁMETRO	ÁREA	CORTE, H. UN.	DENS. SECA	ESFUERZO NORMAL	ESFUERZO CORTE
#	[cm]	[cm ²]	[#]	[g/cm ³]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
01	6.00	28.00	5.8	1.243	0.44	0.57
02	6.00	28.00	5.8	1.243	0.89	1.06
03	6.00	28.00	5.8	1.243	1.28	1.53



RESULTADOS DE ENSAYOS			
COHESIÓN (kg/cm ²)	0.20	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	42.96

RESULTADOS DE ENSAYOS EN CONSOLIDADO DRENADO

LABORATORIO DE INVESTIGACION
EN SUELOS - FIC - UNCP
Edwin Pérez Viquez

PANEL FOTOGRAFICO

DEPOSITO DE MATERIAL DEL AGREGADO DE RÍO KM.
01+000



DEPOSITO DE MATERIAL DE LA CANTERA DE SUELO
SALINO KM. 48+950



RED VIAL VECINAL RUTA N° AR-504 – SECTOR
MACACONA



LIMITES DE CONSISTENCIA DEL AGREGADO DE RÍO



LIMITES DE CONSISTENCIA CANTERA DE SUELO SALINO



ENSAYO DE DESGASTE DE ABRASIÓN EN LA MAQUINA
DE LOS ANGELES DEL AGREGADO DE RÍO Y LA
CANTERA DE SUELO SALINO





ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE LAS 03
MEZCLAS DE LAS PROPORCIONES PLANTEADAS DEL
AGREGADO DE RÍO DEL KM. 01+000 Y DE LA CANTERA
DE SUELO SALINO DEL KM. 48+950

PROPORCIÓN 40% AR-60% CSS



PROPORCIÓN 50% AR-50% CSS



PROPORCIÓN 60% AR-40% CSS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



ENSAYO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE RELATIVO CBR



ENSAYO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE RELATIVO CBR



ENSAYO DE CBR DE LA CANTERA DE SUELO SALINO Y EL AGREGADO DE RÍO





ENSAYO DE CORTE DIRECTO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

