



Colpa Matara, 07 de agosto del 2024.

C.O. N° 27-2024-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **“EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023”**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **LEYDI HUAMÁN MEJÍA y JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 12% excluyendo citas, bibliografía y fuentes que tengan menos de 10 palabras; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. N° 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.


Miguel Ángel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Ángel Silva Tarrillo
Jefe de la unidad de investigación
FCI-UNACH

EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	www.repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota Trabajo del estudiante	1%
5	portaluni.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	idoc.pub Fuente de Internet	<1%

9	Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante	<1 %
10	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
11	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	dspace.unila.edu.br Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

20	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
22	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
23	dehesa.unex.es Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to National University College - Online Trabajo del estudiante	<1 %
25	biblioteca2.ucab.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
26	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	repositorio.uss.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

32

assets.zyrosite.com

Fuente de Internet

<1 %

33

www.scilit.net

Fuente de Internet

<1 %

34

1library.co

Fuente de Internet

<1 %

35

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1 %

36

cimogsys.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

37

dspace.unach.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

38

qdoc.tips

Fuente de Internet

<1 %

39

dokumen.pub

Fuente de Internet

<1 %

40

Submitted to Universidad Ricardo Palma

Trabajo del estudiante

<1 %

41

Submitted to Universidad Santo Tomas

Trabajo del estudiante

<1 %

42

repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

43	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.unican.es Fuente de Internet	<1 %
45	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.upecen.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	Submitted to Corporación Universitaria Minuto de Dios, UNIMINUTO Trabajo del estudiante	<1 %
49	Junior Jeampier Guevara Camus, Jaime Villalobos Banda, Leopoldo Choque Flores. "Estudio comparativo de los aditivos químicos Consolid 444 y Con-Aid para el mejoramiento de la subrasante en suelos arcillosos", Gaceta Técnica, 2023 Publicación	<1 %
50	Submitted to Pontificia Universidad Católica de Chile Trabajo del estudiante	<1 %
51	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %

52	catalonica.bnc.cat Fuente de Internet	<1 %
53	dx.doi.org Fuente de Internet	<1 %
54	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
55	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
56	repository.ucc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
57	rsdjournal.org Fuente de Internet	<1 %
58	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
59	Submitted to unsaac Trabajo del estudiante	<1 %
60	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
61	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
62	www.ilo.org Fuente de Internet	<1 %
63	"Qualitative approaches to research on plurilingual education / Enfocaments	<1 %

qualitatus per a la recerca en educació plurilingüe / Enfoques cualitativos para la investigación en educación plurilingüe", Research-Publishing.net, 2017

Publicación

64

Submitted to Higher Education Commission Pakistan

Trabajo del estudiante

<1 %

65

es.wikihow.com

Fuente de Internet

<1 %

66

prezi.com

Fuente de Internet

<1 %

67

repository.unipiloto.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

68

www.proz.com

Fuente de Internet

<1 %

69

R. M. De Gutiérrez, S. Delvasto, R. Talero. "Una nueva puzolana para materiales cementicios de elevadas prestaciones", Materiales de Construcción, 2010

Publicación

<1 %

70

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

71

digibug.ugr.es

Fuente de Internet

<1 %

repositorio.unasam.edu.pe

72

Fuente de Internet

<1 %

73

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

74

repositorio.usmp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

75

ruidera.uclm.es

Fuente de Internet

<1 %

76

staging.itu.int

Fuente de Internet

<1 %

77

Submitted to uncedu

Trabajo del estudiante

<1 %

78

www.agromail.net

Fuente de Internet

<1 %

79

www.manfut.org

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Evaluación de subbase granular tratada con residuos de concreto de
demolición, cantera El Suro, comunidad San Juan del Suro, Chota, 2023

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Presentado por:

LEYDI HUAMÁN MEJÍA

JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE

Asesor:

Mg. Ing. CLAUDIA EMILIA BENAVIDEZ NÚÑEZ

Chota – Perú

2024



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL – UNACH

1. DATOS DEL AUTOR:

Apellidos y nombres: Leydi Huamán Mejía

Josue Liler Ydrogo Colunche

Código del alumno: 2015052021

2015052039

Teléfono: 910820322

Correo electrónico: huaman28.96@gmail.com

DNI: 71568279

ydrogocolunche@gmail.com

DNI: 74658254

2. MODALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

Tesis

3. TÍTULO PROFESIONAL O GRADO ACADÉMICO:

Bachiller

Licenciado

Título

Magister

Segunda especialidad

Doctor

4. TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

Evaluación de subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición, cantera El Suro, comunidad San Juan del Suro, Chota, 2023

5. FACULTAD DE: CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

6. ESCUELA PROFESIONAL DE: INGENIERÍA CIVIL

7. ASESORA:

Apellidos y Nombres: Mg. Ing. Claudia Emilia Benavidez Núñez

Teléfono: 959008297

Correo electrónico: cebenavidezn@unach.edu.pe

D.N.I: 70609688

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Autónoma de Chota publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNACH, versión digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

DNI: 71568279

DNI: 74658254

**EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA
CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN,
CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL
SURO, CHOTA, 2023**

POR:

LEYDI HUAMAN MEJÍA

JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE

**Presentada a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Chota para optar el título
de
INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR



Mg. Ing. Cristhian Saul López Villanueva

PRESIDENTE



Dr. Ing. Elmer Natividad Chávez Vásquez

SECRETARIO



Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los miembros del jurado de tesis que suscriben, reunidos en la sala de docentes de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería del Campus Universitario- Colpamatara, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los Bachilleres: **Leydi Huamán Mejía y Josue Liler Ydrogo Colunche**, denominado: **“EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023”**; escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO

CON EL CALIFICATIVO (*)

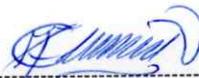
14 (CATORCE)

En consecuencia, se le declara **EXPEDITO** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al coordinador de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo., en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 15 de agosto del 2024



Mg. Cristhian Saúl López Villanueva
PRESIDENTE



Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez
SECRETARIO



Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales
VOCAL

Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez
ASESORA

(*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: (20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la Tesis denominada: **“EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023”**; presentado por los Bachilleres: **Leydi Huamán Mejía y Josue Liler Ydrogo Colunche**, sustentada el día de 15 de agosto del 2024, por Resolución de Coordinación N°226-2024-FCI/UNACH, la declaramos **CONFORME**.

Chota, 09 de setiembre del 2024


Mg. Cristhian Saúl López Villanueva
PRESIDENTE


Dr. Elmer Natividad Chávez Vásquez
SECRETARIO


Dra. Carmen Rosa Cardenas Rosales
VOCAL


Dra. Claudia Emilia Benavidez Núñez
ASESORA

DEDICATORIA

A nuestra querida familia y amigos,

Con todo nuestro amor y gratitud, les dedicamos esta tesis que representa el fruto de nuestro esfuerzo y dedicación. Gracias por su apoyo incondicional, por creer en nosotros y por brindarnos su apoyo. Su amor y apoyo nos han sido fundamentales en este camino de aprendizaje y crecimiento académico.

¡Gracias por ser nuestra fuente de inspiración y motivación!

Con cariño,

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo, queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Dios por brindarnos la fortaleza y la sabiduría necesaria para llevar a cabo este estudio de manera exitosa.

A nuestra asesora, la Mg. Ing. Claudia Emilia Benavidez Nuñez, le agradecemos por su invaluable guía, apoyo y enseñanzas que fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Al propietario de la cantera El Suro, extendemos nuestro sincero agradecimiento por facilitarnos el acceso a las instalaciones y colaborar con la información necesaria para la realización de esta investigación.

Al jurado evaluador, les agradecemos por sus correcciones oportunas y pertinentes que contribuyeron a enriquecer el contenido de la tesis y mejorar su calidad académica.

A nuestros familiares y amigos, les agradecemos por su constante apoyo, comprensión y motivación durante todo este proceso.

Por último, a todas las personas e instituciones que de alguna manera colaboraron en este estudio, les expresamos nuestro más sincero agradecimiento por su valiosa contribución al éxito de esta investigación. Sin su ayuda y participación, este trabajo no hubiera sido posible. ¡Muchas gracias!

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Planteamiento del problema	15
1.2. Formulación del problema	17
1.3. Justificación	17
1.3.1. Justificación científica	18
1.3.2. Justificación técnica.....	19
1.4. Delimitación de la investigación	20
1.5. Limitaciones	21
1.6. Objetivos	22
1.6.1. Objetivo general.....	22
1.6.2. Objetivos específicos	22
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes	23
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	23
2.1.2. Antecedentes nacionales	31
2.1.3. Antecedentes regionales	34
2.2. Bases teórico – científicas	38
2.2.1. Teoría del desarrollo sostenible para la reutilización de residuos de construcción y demolición (RCD)	38
2.2.2. Mejoramiento de pavimentos utilizando subbases granulares y bases granulares con RCD	39
2.2.3. Teoría de mezclas de materiales para la producción de subbase granular.....	41
2.2.4. Comportamiento de un afirmado/ cambios de la cohesión de materiales con carbonatos de los RCD e influencia en sus propiedades físico químicas y mecánicas ..	45
2.2.5. Limitaciones para el uso de RCD en pavimentos	53
2.3. Marco conceptual	54

2.3.1. Residuos de construcción y demolición	54
2.3.2. Residuos de concreto de demolición	60
2.3.3. Estudio de mecánica de suelos	61
2.3.4. Estudio de canteras de suelo	64
2.3.5. Propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo	67
2.3.6. Capas de la carpeta de rodadura	72
2.3.7. Subbase granular: definición y requisitos técnicos.....	75
2.3.8. Base granular: definición y requisitos técnicos	78
2.3.9. Subbase y/o base granular tratada.....	79
2.4. Hipótesis	80
2.5. Operacionalización de variables	80
2.5.1. Variable independiente: Residuos de concreto de demolición	80
2.5.2. Variable dependiente: Subbase granular tratada.....	81
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	83
3.1. Tipo y nivel de investigación	83
3.2. Diseño de investigación	84
3.3. Métodos de investigación.....	85
3.4. Población, muestra y muestreo	88
3.4.1. Población	88
3.4.2. Diseño muestral	89
3.4.3. Muestra	89
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	90
3.5.1. Técnicas de recolección de los datos	90
3.5.2. Instrumentos para la recolección de los datos	91
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	92
3.6.1. Proceso de obtención de los datos	92
3.6.2. Procesamiento de datos.....	118
3.6.3. Análisis de datos	118
3.7. Aspectos éticos	119
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	120

4.1. Descripción de resultados	120
4.1.1. Propiedades físicas de la subbase granular con residuos de concreto	120
4.1.2. Propiedades químicas de la subbase granular con residuos de concreto	134
4.1.3. Propiedades mecánicas de la subbase granular con residuos de concreto.....	136
4.1.4. Análisis de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la subbase granular con residuos de concreto.....	145
4.1.5. Verificación del cumplimiento de la subbase granular con residuos de concreto con la EG-2013 (MTC, 2015).....	148
4.2. Contrastación de hipótesis.....	154
4.3. Discusión de resultados.....	156
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	163
5.1. Conclusiones	163
5.2. Recomendaciones y/o sugerencias	165
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	167
CAPÍTULO VII. ANEXOS	181
Anexo A. Matriz de consistencia.....	181
Anexo B. Panel fotográfico	182
Anexo C. Combinación granulométrica método analítico	192
Anexo D. Resultado de ensayos de laboratorio.....	193
Anexo E. Plano de ubicación.....	194

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Gradación de los Materiales a Combinar	44
Tabla 2	Mezclas de Materiales para Base Granular	44
Tabla 3	Clasificación SUCS.....	62
Tabla 4	Sistema de Clasificación AASHTO	63
Tabla 5	Categoría del Suelo de Acuerdo al EA.....	68
Tabla 6	Clasificación según el Índice de Plasticidad	69
Tabla 7	Categoría de Subrasante	74
Tabla 8	Clasificación de las Subbases Según el Tipo de Pavimento.....	76
Tabla 9	Gradación para Subbase Granular	78
Tabla 10	Características Técnicas de una Subbase Granular	78
Tabla 11	Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular	79
Tabla 12	Matriz de Operacionalización	82
Tabla 13	Tipo de Investigación.....	84
Tabla 14	Muestras para Pruebas en la Subbase Tratada con Residuos de Concreto.....	90
Tabla 15	Características Generales de la Cantera El Suro	93
Tabla 16	Dosificaciones para Subbase Granular Tratada.....	110
Tabla 17	Tabla Granulométrica del Suelo Natural.....	111
Tabla 18	Porcentaje que Pasa en Peso para la Gradación B.....	111
Tabla 19	Porcentaje de Mezcla de Suelo con 10% de Residuos de Concreto.....	112
Tabla 20	Porcentaje de Mezcla de Suelo con 30% de Residuos de Concreto.....	114
Tabla 21	Porcentaje de Mezcla de Suelo con 50% de Residuos de Concreto.....	115
Tabla 22	Granulométrica de la Subbase Granular con Residuos de Concreto	121
Tabla 23	Granulométrica de los Residuos de Concreto de Acuerdo al Porcentaje de Combinación con el Suelo Natural.....	121
Tabla 24	Contenido de Humedad del Material Granular con Residuos de Concreto.....	123
Tabla 25	Límites de Plasticidad del Suelo Natural con Residuos de Concreto.....	124
Tabla 26	Límite Líquido del Suelo Natural con Residuos de Concreto.....	126
Tabla 27	Límite Plástico del Suelo Natural con Residuos de Concreto.....	127
Tabla 28	Índice de Plasticidad del Suelo Natural con Residuos de Concreto.....	128
Tabla 29	Clasificación del Suelo Combinado con Residuos de Concreto	129
Tabla 30	Equivalente de Arena del Suelo con Residuos de Concreto.....	130
Tabla 31	Partículas Chatas y Alargadas del Suelo con Residuos de Concreto	132
Tabla 32	Sales Solubles en el Suelo con Residuos de Concreto	134
Tabla 33	Porcentaje de Desgaste del Suelo con Residuos de Concreto	136

Tabla 34	Compactación del Suelo con Residuos de Concreto	138
Tabla 35	Máxima Densidad Seca del Suelo con Residuos de Concreto	139
Tabla 36	Óptimo Contenido de Humedad del Suelo con Residuos de Concreto	140
Tabla 37	Capacidad de Soporte (CBR) del Suelo con Residuos de Concreto	142
Tabla 38	CBR al 100% MDS del Suelo con Residuos de Concreto	143
Tabla 39	CBR al 95% MDS del Suelo con Residuos de Concreto	144
Tabla 40	Propiedades Físicas, Químicas y Mecánicas de la Subbase Granular con Residuos de Concreto	147
Tabla 41	Verificación del Cumplimiento de la Subbase Granular con Residuos de Concreto con la EG-2013 (MTC, 2015).....	150
Tabla 42	Análisis ANOVA de las Propiedades de una Subbase Granular con Residuos de Concreto	155
Tabla 43	Análisis t-student de una Subbase Granular con 50% de Residuos de Concreto	155
Tabla 44	Efecto de los Residuos de Concreto en la Subbase Granular con Suelo de El Suro	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Dimensiones, Principios y Criterios del Desarrollo Sustentable en el Hábitat	39
Figura 2	Proceso de Disposición de Residuos de Demolición.....	55
Figura 3	Clasificación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)	56
Figura 4	Constitución de los RCD (%)	58
Figura 5	Proceso de Disposición de Residuos de Construcción	60
Figura 6	Cantera a Cielo Abierto	64
Figura 7	Tipos de Canteras	65
Figura 8	Exploración, Muestreo y Muestra.....	66
Figura 9	Tipos de Pavimento	73
Figura 10	Capas de una Vía Pavimentada.....	75
Figura 11	Esquema del Diseño de Investigación Descriptivo Causal Simple	87
Figura 12	Cantera El Suro, Distrito de Chota	88
Figura 13	Cantera El Suro, Distrito de Chota	94
Figura 14	Geología de la Cantera El Suro	95
Figura 15	Geomorfología de la Cantera El Suro.....	95
Figura 16	Vista de la Cantera El Suro de Chota	96
Figura 17	Proceso de Muestreo del Suelo de El Suro	97
Figura 18	Realización de Ensayos de Laboratorio en el Suelo Granular.....	107
Figura 19	Vivienda Demolida de la que se Obtuvieron los Residuos de Concreto	109
Figura 20	Curva de Distribución Granulométrica Teórica para el 10% de Residuos de Concreto	113
Figura 21	Curva de Distribución Granulométrica Teórica para el 30% de Residuos de Concreto	114
Figura 22	Curva de Distribución Granulométrica Teórica para el 50% de Residuos de Concreto	116
Figura 23	Curva Granulométrica de la Subbase Granular de Suelo de El Suro con Residuos de Concreto	122
Figura 24	Curva Granulométrica de los Residuos de Concreto de Acuerdo al Porcentaje de Combinación con el Suelo Natural.....	122
Figura 25	Curva de Plasticidad del Suelo Natural con Residuos de Concreto.....	124
Figura 26	Límite Líquido del Suelo Natural con Residuos de Concreto	126
Figura 27	Límite Plástico del Suelo Natural con Residuos de Concreto	127
Figura 28	Índice de Plasticidad del Suelo Natural con Residuos de Concreto	128
Figura 29	Equivalente de Arena del Suelo con Residuos de Concreto	131

Figura 30	Partículas Chatas y Alargadas del Suelo con Residuos de Concreto	133
Figura 31	Sales Solubles en el Suelo con Residuos de Concreto.....	135
Figura 32	Porcentaje de Desgaste del Suelo con Residuos de Concreto.....	137
Figura 33	Curva de Compactación del Suelo con Residuos de Concreto	138
Figura 34	Máxima Densidad Seca del Suelo con Residuos de Concreto.....	140
Figura 35	Óptimo Contenido de Humedad del Suelo con Residuos de Concreto	141
Figura 36	CBR al 100% MDS del Suelo con Residuos de Concreto.....	143
Figura 37	CBR al 95% MDS del Suelo con Residuos de Concreto.....	144
Figura 38	Comparación del Límite Líquido del Suelo con Residuos de Concreto	150
Figura 39	Comparación del Límite Plástico del Suelo con Residuos de Concreto	151
Figura 40	Comparación del Equivalente de Arena del Suelo con Residuos de Concreto.....	151
Figura 41	Comparación de las Partículas Chatas y Alargadas del Suelo con Residuos de Concreto	152
Figura 42	Comparación de las Sales Solubles del Suelo con Residuos de Concreto.....	152
Figura 43	Comparación del Porcentaje de Desgaste por Abrasión del Suelo con Residuos de Concreto	153
Figura 44	Comparación del CBR del Suelo con Residuos de Concreto	153

SIGLAS Y ABREVIATURAS

CBR	Capacidad de soporte
EA	Equivalente de arena
EG-2013	Especificaciones técnicas generales de la construcción
IP	Índice de plasticidad
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
MDS	Máxima densidad seca
OCH	Óptimo contenido de humedad
RCD	Residuos de construcción y demolición
RCD-C	Residuos de concreto de demolición

RESUMEN

La tesis tuvo como objetivo evaluar la subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición en la cantera El Suro de la comunidad San Juan del Suro, distrito de Chota, empleando un enfoque cuantitativo y un diseño descriptivo causal simple. La muestra consistió en cuatro combinaciones de residuos de concreto y suelo de la cantera El Suro en proporciones de 0%-100%, 10%-90%, 30%-70% y 50%-50%. Se llevaron a cabo pruebas de laboratorio para determinar las propiedades físicas, mecánicas - químicas y verificar si cumplían con la EG-2013 (MTC, 2015). Determinaron que los residuos de concreto mejoraron las propiedades físicas de la subbase granular, cumpliendo con el huso granulométrico B y reduciendo el límite líquido (30.35%) e índice de plasticidad (7.92%). Además, aumento el equivalente de arena (19.17%) y se disminuyó las partículas aplanadas y alargadas (0.87%) al utilizar 50% de residuos de concreto. Sin embargo, el contenido de sales solubles aumentó proporcionalmente al porcentaje de residuos añadido. En cuanto a las propiedades mecánicas, se registró un aumento significativo en la capacidad de soporte (CBR), alcanzando 78% al 100% de MDS, con 50% de residuos de concreto. A pesar de cumplir con los requisitos de capacidad de soporte, la subbase granular tratada no alcanzó los criterios de plasticidad y equivalente de arena establecidos en la EG-2013. Por lo tanto, su uso queda limitado a aplicaciones específicas, por no cumplir totalmente los requisitos de la EG-2013, pero si se ha logrado mejorar las propiedades mecánicas del material de cantera al adicionar residuos de concreto.

Palabras clave: capacidad de soporte (CBR), propiedades físicas, mecánicas, químicas.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to evaluate the granular subbase treated with concrete demolition waste in the El Suro quarry in the community of San Juan del Suro, district of Chota, using a quantitative approach and a simple causal descriptive design. The sample consisted of four combinations of concrete waste and soil from the El Suro quarry in proportions of 0%-100%, 10%-90%, 30%-70% and 50%-50%. Laboratory tests were carried out to determine the physical, mechanical - chemical properties and verify if they complied with the EG-2013 (MTC, 2015). They determined that the concrete residues improved the physical properties of the granular subbase, complying with the granulometric spindle B and reducing the liquid limit (30.35%) and plasticity index (7.92%). In addition, the sand equivalent increased (19.17%) and the flattened and elongated particles decreased (0.87%) by using 50% of concrete waste. However, the content of soluble salts increased proportionally to the percentage of waste added. In terms of mechanical properties, a significant increase in bearing capacity (CBR) was recorded, reaching 78% at 100% MDS, with 50% concrete waste. Despite meeting the bearing capacity requirements, the treated granular subbase did not meet the plasticity and sand equivalent criteria established in the EG-2013. Therefore, its use is limited to specific applications, since it does not fully meet the requirements of the EG-2013, but it has been possible to improve the mechanical properties of the quarry material by adding concrete waste.

Key words: bearing capacity (CBR), physical, mechanical and chemical properties.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La demolición y reconstrucción de edificios generan enormes volúmenes de residuos de construcción y demolición (RCD), lo que significa un desafío significativo para la gestión de estos desechos (Mehrjardi et al., 2020). Estos residuos no solo ocupan espacio en vertederos, sino que también conducen a la degradación ambiental, la creación de paisajes desagradables y el desperdicio de materiales de construcción valiosos. A pesar de que el reciclaje es una solución prometedora, ha recibido menos atención en la industria de la construcción en comparación con otros sectores industriales (Saberian et al., 2020).

En la construcción de carreteras, una parte considerable de los áridos utilizados como base y subbase puede provenir de restos reciclados de demolición (Aboutalebi, 2020). Los residuos de concreto de demolición en la producción de subbases granulares ofrece una solución sostenible para estos desafíos, ya que el cemento presente en estos residuos puede estabilizar el suelo, disminuir su plasticidad e incrementar su capacidad de carga (CBR), como señalan Sanchez (2022) y Ochoa & Bizarreta-Ortega (2020). Sin embargo, Hidalgo et al. (2023) advierten que los compuestos ligantes del cemento reciclado pueden haber perdido su capacidad de endurecimiento, actuando solo como un fino en la mezcla sin mejorar las características mecánicas del material, por ello, se debe verificar previamente las propiedades de la subbase granular tratada.

En Perú, las “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción” (EG-2013) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2015) establecen los estándares de calidad para los materiales extraídos de canteras

usados en capas base y subbase de carreteras. No obstante, las carreteras de Chota en la región Cajamarca son frecuentemente intransitables o se deterioran rápidamente debido al limitado CBR del sustrato de las capas base, subbase, afirmado y/o subrasante (Fernández & Ticlla, 2020). Esto se debe a que, aunque las canteras en Chota cumplen con los estándares para material de afirmado, no son adecuadas para bases o subbases granulares (Ticlla, 2021).

El afirmado de la cantera El Suro, localizada en la comunidad de San Juan del Suro, es usado como material de subbase y/o base granular; pero, las características físico-mecánicas de estos suelos no han sido evaluadas en detalle, lo que impide asegurar que cumplan con la EG-2013 (MTC, 2015).

El MTC (2014) señala que las bases o subbases pueden ser tratadas para mejorar sus propiedades y cumplir con los requisitos de su uso. Pero, tradicionalmente, estos tratamientos utilizan productos químicos como cal, cemento o asfalto, cuya producción tiene un gran impacto ambiental, por la liberación de CO₂. Ante esta situación, se propuso tratar el material de la cantera El Suro utilizando residuos de concreto de demolición de la localidad de Chota.

La Constructora Reyes y Flor S.A.C., de la ciudad de Chota, informa un aumento anual en la cantidad de RCD, habiendo desechado aproximadamente 6,491 m³ en 2018 (Vásquez J. J., 2022). La creciente cantidad de desechos ha generado una escasez de sitios idóneos para su disposición (Mehrjardi et al., 2020), llevando a su depósito en vertederos no autorizados y en lugares no regulados cerca de la ciudad. La urgencia de fomentar una economía circular en el sector de la construcción (Silva et al., 2019) resalta la necesidad de reutilizar los residuos de concreto de demolición para elaborar una subbase granular tratada, conforme a la EG-2013 (MTC, 2015) para vías de Chota.

Por tanto, el uso de residuos de concreto para la producción de subbases granulares puede reducir significativamente la huella de carbono, disminuir la necesidad de extracción de recursos naturales y evitar la acumulación de desechos en vertederos. Esta práctica no solo promueve una economía circular, sino que también contribuye a la conservación del medio ambiente, al transformar un residuo problemático en un recurso útil (Saberian et al., 2020).

1.2. Formulación del problema

¿Cómo la subbase granular tratada modifica su comportamiento cuando se mezcla con residuos de concreto de demolición y suelo de la cantera El Suro, comunidad San Juan del Suro?

1.3. Justificación

La necesidad de encontrar opciones ecológicas y factibles para la edificación de subbases en vías de comunicación ha fundamentado el desarrollo de la investigación. El empleo de desechos de concreto provenientes de demoliciones como recurso constructivo no solo reduce la cantidad de desechos generados, contribuyendo así a la conservación del medio ambiente, sino que también puede representar una solución técnica en comparación con los materiales tradicionales utilizados en subbases.

Además, se evaluó la calidad y capacidad de resistencia de esta subbase tratada con residuos de concreto, asegurando así su adecuado desempeño y conocimiento científico inédito para el mejoramiento del material granular.

Esta investigación busca brindar información técnica y pertinente para guiar la toma de decisiones en el ámbito de construcción vial y de edificaciones, promoviendo prácticas más sostenibles y eficientes.

1.3.1. Justificación científica

Contribuye al campo de la ingeniería civil y ambiental al proporcionar datos acerca de la aplicación de desechos de concreto de demolición en la mejora de subbases granulares. Esta contribución teórica se materializa al explorar cómo diferentes porcentajes de desechos de concreto impacta en las características mecánicas, químicas y físicas de las subbases, ampliando así el conocimiento sobre técnicas de reutilización de residuos de construcción.

El vacío del conocimiento que se llena se relaciona con la falta de estudios exhaustivos sobre el uso de residuos de concreto en la mejora de subbases granulares en contextos específicos, como la cantera El Suro, Chota. Esta investigación contribuye a cerrar esa brecha al proporcionar datos empíricos sobre las características físicas, mecánicas y químicas de las mezclas de suelo con diferentes cuantías de residuos de concreto.

Este estudio se fundamenta en los principios y teorías de ingeniería civil y ambiental que abordan la optimización de suelos y la gestión de desechos. Se respalda en conceptos de mecánica de suelos, ingeniería de materiales y conservación del medio ambiente.

A pesar de que los hallazgos de este estudio se derivan del análisis de una locación particular (la cantera El Suro), proporcionan información relevante para proyectos similares en otras ubicaciones con características geológicas y climáticas comparables. Sin embargo, la generalización de los resultados debe realizarse con precaución y considerando las condiciones específicas de cada sitio.

La investigación contribuye al incremento del conocimiento científico al proporcionar datos empíricos sobre el rendimiento de subbases granulares tratadas

con residuos de concreto. Además, fomenta la reformulación de las prácticas de gestión de residuos, promoviendo enfoques más sostenibles.

Siendo muy poco lo que, se ha investigado del tema a nivel local, debido a que, existen investigaciones que han analizados las características de los materiales de cantera (Ticlla, 2021), pero no han buscado plantear su tratamiento para que cumpla con lineamientos mayores a los de un afirmado. Por consiguiente, la relevancia de este estudio reside en la urgencia de encontrar alternativas sostenibles y técnicamente viables en la construcción, así como en la posibilidad de impulsar el reciclaje de residuos de concreto.

Así mismo, la investigación aborda una problemática actual y relevante ambientalmente, ofreciendo datos concretos sobre el empleo de desechos de concreto en la edificación de infraestructuras viales. Este enfoque pertinente se alinea con las necesidades de promoción de la sostenibilidad y el manejo responsable de recursos.

1.3.2. Justificación técnica

Se realizó por la necesidad de hallar opciones ecológicas para manejar y desechar los desechos de concreto de demoliciones, así como para encontrar soluciones que mejoren la calidad de las subbases granulares.

A pesar de la existencia de estudios anteriores acerca de la utilización de desechos de concreto en la construcción, este estudio es original en su enfoque específico en la cantera El Suro y su comunidad, así como en la evaluación de diferentes porcentajes de residuos de concreto en la subbase granular.

Aborda la falta de información específica sobre el rendimiento y la viabilidad técnica de utilizar residuos de concreto en la mejora de subbases granulares en la cantera El Suro de Chota. Resuelve la incertidumbre sobre cómo

este material afecta las propiedades de las subbases y su aplicabilidad en proyectos de construcción.

La investigación es conveniente debido a que permite encontrar una solución sostenible para el tratamiento materiales de concreto provenientes de la demolición, así como mejorar la calidad de las subbases granulares utilizadas en infraestructuras.

Los favorecidos de este estudio son la comunidad científica con información acerca de la combinación por gradación de un material de afirmado y producto residual para generar un material de subbase o base granular; además, los beneficiarios directos serán los ingenieros civiles, autoridades locales, empresas constructoras y la comunidad en general de San Juan del Suro y Chota. Se tendrá información práctica sobre el uso de residuos de concreto en la construcción, lo que puede resultar en proyectos más sostenibles y de mayor calidad.

1.4. Delimitación de la investigación

Tiempo: Se llevó a cabo durante el año 2023, lo que establece el periodo de estudio y recolección de datos.

Espacio: En la cantera El Suro, situada en la localidad de San Juan del Suro, en Chota, Cajamarca. Por lo tanto, el espacio geográfico de la investigación estuvo limitado a esta cantera específica en dicha localidad.

Población:

- Criterios de inclusión: La muestra considerada en la investigación comprende el terreno de la cantera El Suro y los desechos de concreto provenientes de la demolición de una estructura en Chota.

- Criterios de exclusión: No se incluyen otras canteras o fuentes de material de afirmado que no sean los generados en la cantera El Suro, tampoco se incluyen otros tipos de residuos de demolición que no sean únicamente residuos de concreto.

Profundidad temática:

- Aspectos a estudiar: La evaluación de la subbase granular modificada por la mezcla de residuos de concreto provenientes de demoliciones.
- Hasta dónde: La investigación se enfocó en examinar cómo diferentes porcentajes de residuos de concreto (0%, 10%, 30% y 50%) en la subbase granular. Esto incluye la evaluación de propiedades físicas, como tamaño de las partículas, los límites de consistencia, el equivalente de arena, la forma de las partículas (ya sea aplanada o alargada) y aspectos químicos como la presencia de sales solubles; y mecánicas, como resistencia al desgaste, compactación, CBR de laboratorio. La investigación aborda también aspectos de viabilidad técnica de utilizar residuos de concreto en la mejora de subbases granulares de acuerdo con las exigencias de la de la EG-2013 (MTC, 2015).

1.5. Limitaciones

Existen escasas investigaciones que describan los métodos de combinación granulométrica para encontrar los porcentajes de mezcla al unir dos materiales de afirmado para formar una base granular, pero ninguno relacionado con la mezcla granulométrica de material de afirmado y residuos de concreto, siendo así, se han adaptado las teorías existentes al desarrollo temático del estudio, para formular la curva granulométrica del concreto residual, con el que se puede utilizar los porcentajes definidos en la profundidad temática.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar una subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición utilizando la cantera El Suro de la comunidad San Juan del Suro, distrito de Chota.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, equivalente de arena, partículas aplanadas y alargadas) de la subbase granular tratada con 0, 10, 30 y 50% de residuos de concreto de demolición, respecto al peso del suelo seco de la cantera El Suro.
- Determinar las propiedades químicas (sales solubles) de la subbase granular tratada con 0, 10, 30 y 50% de residuos de concreto de demolición, respecto al peso del suelo seco de la cantera El Suro.
- Determinar las propiedades mecánicas (resistencia al desgaste, compactación, CBR de laboratorio) de la subbase granular tratada con 0, 10, 30 y 50% de residuos de concreto de demolición, respecto al peso del suelo seco de la cantera El Suro.
- Comparar el comportamiento físico químico y mecánico del afirmado de la cantera El Suro con la inclusión en la mezcla de 0, 10, 30 y 50% de residuos de concreto de demolición para conformar una subbase granular tratada.
- Verificar si una subbase granular tratada con residuos de concreto cumple con los lineamientos de la EG-2013 (MTC, 2015).

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

En la revista *Indian Geotechnical Journal*, Sohu et al. (2024) en su exploración “Estudio experimental, utilizando materiales reciclados en la formulación de mezclas para una capa de subbase granular (GSB) Close Graded: Grading II Gradation” consideraron una combinación de diseño de capa de subbase granular (GSB) de grado cercano: grado II. La capa GSB es un estrato de material granular petrificado y se instala por debajo del nivel de la carretera para proporcionar una base estable para el pavimento. La mezcla de diseño consistió en agregados naturales (NA) de 40, 20 y 10 mm, 20 mm de agregados reciclados (RA) recolectados de edificios demolidos/residuos de concreto. Las propiedades del suelo arcilloso con plasticidad intermedia se mejoraron con la adición de polvo triturado para la preparación de BS. Los RA se utilizaron para reemplazar a los NA en la combinación de diseño. Se seleccionó la mejor combinación de áridos que cumplieran con las especificaciones del Ministerio de Transportes por Carretera y Carreteras. Los resultados mostraron que hasta el 60% de los áridos naturales de 20 mm podrían sustituirse por áridos reciclados sin comprometer el rendimiento de la capa GSB. Se encontró que la MDS y OCH ideal después del reemplazo eran 2.00 g/cm^3 y 10.37%. También encontraron que el CBR era 38.47. Estos resultados sugieren que la RA puede utilizarse como una alternativa sostenible a la NA en la construcción de capas GSB. Su aporte es a la comparación del porcentaje de agregados naturales y reciclados que se puede utilizar para producir una base granular adecuada.

En la revista *Materials in Civil Engineering*, Toka & Olgun (2023) presentaron su artículo “Evaluación mecánica y económica de agregados de concreto reciclado en forma de material de grano para el fundamento y la capa inferior de carreteras”, con el propósito de establecer la viabilidad del uso de agregados de concreto reciclado (RCA) junto con agregado triturado (CA) en capas de base de carretera granular (GRB) y subbase granular (GRSB) de carretera. Determinaron que, los valores de CBR para RCA puros fueron superiores al 100% y los valores de CBR disminuyeron para los diseños de mezcla. Concluyeron que, un 50% de RCA en GRB redujo el costo en 13% en comparación con el uso de CA puro, y no tuvo ningún efecto adverso considerando las propiedades del material.

En la revista *Construction and Building Materials*, Saberian et al. (2023) presentaron su artículo “Propiedades mecánicas del agregado de concreto reciclado reforzado con fibra de polipropileno para aplicaciones de base y subbase de carreteras sostenibles” en el que, se propusieron determinar, las características de una subbase y base de grava mejoradas con fibras de polipropileno (PP) en diferentes porcentajes (0%, 0.1%, 0.2% y 0.3%) en peso seco del agregado de concreto reciclado (RCA). Para ello, emplearon la metodología cuantitativa que les permitió analizar la capacidad de soportar carga, CBR y susceptibilidad a grietas. Determinaron que la inclusión de fibras de PP generó una mejora en las propiedades mecánicas estudiadas, así como un aumento del 7% en el módulo resiliente (M_r) cuando se incrementó el contenido de PP del 0% al 0.1%. Concluyeron que la adición del 0.1% de PP produjo la respuesta más favorable en términos de deformación permanente, lo que evidenció una mejora sustancial en

el comportamiento del RCA. De esta manera, el estudio proporciona valiosa información para el estudio en el campo de la edificación sostenible.

En la revista *Recent Advancements in Civil Engineering*, Krishna et al. (2022) presentaron su artículo científico traducido del inglés como “Reutilización de concreto triturado en subbase granular en pavimentos” con el objetivo reutilizar los agregados de concreto en la construcción de la subbase granular de una carretera. Determinaron que los agregados reciclados de concreto pueden usarse en capas de pavimento en vías normales y de bajo volumen. Concluyeron que, el comportamiento presentado por el modelo número tres el cual está distribuido en 50% CR 20% CB y 30% RCA es el que mejores resultados tiene, con un límite de fluencia de 102,733.577 kn/m y un esfuerzo cortante al 0.42%, que bien si podría ser menor con un porcentaje mayor de RCA. Este estudio aporta información relevante sobre la reutilización de agregados de uso de concreto reciclado en la edificación de la subbase.

En la revista *International Journal of Pavement Engineering*, Crucho et al. (2022) presentaron su artículo científico traducido del inglés como “Capas de pavimento tratadas con cemento que incorporan materiales de desecho de edificación y derribo y fibras de coco: una revisión” con el objetivo de estudiar las capas de pavimento tratadas con cemento que incorporan materiales de desecho de edificación y derribo y fibras de coco. Determinaron que, en la producción de una base tratada el cemento puede ser remplazado por agregado reciclado de RCD, ya que el mortero adherido puede contener cemento no hidratado y residuos de ladrillos de arcilla con potencial de actividad puzolánica. Concluyeron que, la fibra de coco puede agregar un efecto de refuerzo mejorando potencialmente las propiedades mecánicas. Este trabajo contribuye

significativamente a la promoción de prácticas de construcción más ecológicas y económicas, incentivando la innovación y el estudio en curso de la ingeniería de pavimentos.

En la Universidad Católica de Colombia, Escobar-Carranza & Pinzón-Leiva (2021) en su estudio “Revisión bibliográfica sobre la utilización de desechos de construcción y demolición (RCD) en la capa de asfalto, así como en la base y subbase de la estructura de carreteras flexibles” tuvieron como objetivo investigar el uso de RCD en capas de pavimentos flexibles. Para ello, utilizaron una metodología específica referente a una revisión bibliográfica y determinaron que los materiales más empleados fueron mármol y andesita, con una degradación de los ángeles de 27.44% y una estabilidad de flujo de 4.3%-4.68%. Además, concluyeron que el RCD no es un buen material para la capa asfáltica, pero si resulta apropiado para la base y la subbase de los pavimentos en combinación con suelo granular.

En la Universidad Santo Tomás, Castellanos (2021) en su investigación “Evaluación de desechos de construcción y demolición de piedra como aditivo para la mejora de carreteras secundarias en Piedecuesta, Santander” se plantearon analizar las características del suelo en el municipio de Piedecuesta. Para esto, utilizó la metodología de determinación de suelo predominante, LL, LP, IP y CBR. Determinaron que el suelo predominante era arena limosa, con LL 29.93, LP 25.66, IP 4.17, CBR al 95% y 100% MDS con 0.1” de 21.26% y 37.46%, y con 0.2” de 25.65% y 43.2%, correspondientemente, con una expansión entre 0.04% a 2%. Concluyeron que en la zona metropolitana de Bucaramanga no se aprovechan los RCD a pesar de generar 571.802 Ton/año. Sin embargo, estos residuos podrían ser utilizados en la elaboración de bases tratadas en suelos

arcillosos, limo arcillosos y arenosos, alcanzando hasta un 84.6% de CBR. El aporte radica en el reconocimiento de las propiedades del suelo en Piedecuesta y en la propuesta de aprovechar los RCD para mejorar las vías terciarias.

En la revista *Advances in Civil Engineering*, Yi et al. (2020) presento su artículo “Evaluación en laboratorio y diseño de residuos de reconstrucción y demolición para bases granulares” tuvieron como objetivo elaborar una base granular utilizando RCD. Determinaron que el uso de RCD como material independiente tiene deficiencias en la absorción de agua y abrasión de los ángeles debido a la alta proporción de piedras naturales y ladrillos. Sin embargo, al utilizar concreto o piedra caliza, la rigidez de la base (CBR) aumenta de 38.10% a 59.20%. Concluyeron que se puede aplicar como subbase en la construcción de carreteras. Este estudio contribuye al campo de investigación al demostrar la viabilidad de utilizar RCD para la preparación de subbases de grava.

En la revista *Journal of Cleaner Production*, Tavira et al. (2020) presento su artículo “Estudio a escala real de una carretera de tráfico pesado construida con residuos de demolición reciclados in situ” utilizaron áridos reciclados procedentes de dos fuentes distintas: un árido procede del concreto extraído de losas y cimentaciones (árido de concreto reciclado) y el segundo árido procede del resto de estructuras muros y cubiertas de concreto armado (árido mixto reciclado). Determinaron que, las deformaciones y rugosidad en la superficie durante un lapso de siete años, para estudiar el comportamiento y la durabilidad de los materiales reutilizados, así mismo, los áridos reciclados utilizados no cumplían todas las estipulaciones de la norma española para subbase/ base granular. A pesar de esta falta de cumplimiento, los resultados de las pruebas in situ a lo largo del tiempo, determinaron que el uso de RCD mejoró el comportamiento estructural y

menor deterioro superficial para un flujo medio diario de 371 vehículos por carril. El aporte a la investigación data del análisis en el entorno real para validar la aplicabilidad de subbases y bases granulares tratadas con RCD.

En la revista *Transportation Geotechnics*, Mehrjardi et al. (2020) en su artículo traducido del inglés como “Evaluación y mejora de las propiedades técnicas de los materiales de desecho de obras y derribos para su uso en la construcción de carreteras” evaluaron las características técnicas de los materiales de RCD para su uso en la edificación de vías de tránsito, específicamente como material de subbase. Determinaron que la capacidad de carga con RCD era un 20% menor al material estándar, pero también encontraron una disminución en la plasticidad, lo cual resultó favorable. Además, cumplieron con los criterios estándar para emplearse como componente de subbase en la edificación de carreteras. Por lo tanto, el estudio contribuyó a la investigación al proporcionar información técnica de los materiales desechados de obras y demolición y su aplicación en la construcción.

En la revista *Sustainability*, Tejón-López-Zuazo et al. (2020) presentaron su artículo traducido del inglés como “Uso de agregados reciclados obtenidos de desechos de obras y demolición en capas de base de carreteras sostenibles” tuvieron como objetivo analizar el uso de áridos reciclados en capas base, tanto en mezcla húmeda como en suelo cemento. Determinaron que, cumplen con los requisitos necesarios para una base vial y presentan un alto CBR. Concluyeron que, el alto valor del índice CBR permite considerar el uso de GARCer en infraestructuras viarias sostenibles, promoviendo la sostenibilidad y el reciclaje de CDWRCer. Por tanto, La contribución a la investigación implicó mostrar la viabilidad de usar áridos reciclados en carreteras sostenibles.

En la revista *Road Materials and Pavement Design*, Aboutalebi (2020) presentó su artículo científico traducido del inglés como “Evaluación de la viabilidad, utilidad y resistencia de los restos reciclados de cimentación y desplome en capas de base y subbase” con el fin de evaluar la viabilidad, usabilidad y resistencia de los RCD reciclados en cursos de base y subbase. Determinó que las proporciones de la mezcla para que se cumplieran los requisitos de AASHTO, para ello mezclaron diferentes porcentajes de RCD con materiales de la muestra control y evaluaron las especificaciones técnicas del resultado mediante pruebas de compactación, CBR y módulo resiliente. Concluyeron que, que la mezcla obtenida es adecuada para su utilización en capas base y subbase. Por tanto, esta investigación contribuye a la promoción de prácticas de edificación más sostenibles y relacionado con el manejo de desechos de obra.

En la revista *Journal of Cleaner Production*, Bassani et al. (2019) presento su artículo científico traducido del inglés como “Activación alcalina de finos de materiales pétreos provenientes de desechos de obras y derribos: Valorización con vistas a las aplicaciones de subbase de pavimentos de carreteras” con el objetivo de analizar el uso de áridos finos de 125 un procedentes de RCD en subbases de pavimentos. Determinaron que usar una solución para activar partículas finas de RCD no seleccionadas para estabilizar los agregados de RCD es viable. Concluyeron que, en aplicaciones a gran escala, los agregados RCD se pueden estabilizar sin la adición de ningún aglutinante. Por tanto, esta investigación representa un paso significativo hacia la reducción del impacto ambiental asociado con la edificación de vías, al promover el empleo de materiales reutilizados y mejorar la viabilidad de prácticas de construcción más ecológicas.

En la revista *Journal of Cleaner Production*, Silva et al. (2019) presento su artículo científico traducido del inglés como “Uso de agregados reciclados provenientes de desechos de construcción y demolición en nuevas construcciones” con el objetivo de aprovechar agregados reciclados obtenidos de RCD en nuevas aplicaciones. Utilizaron la metodología exploratoria para determinar los hallazgos de las pruebas físicas, mecánicas, y, los cuales demostraron la eficacia de los agregados reutilizados en la construcción. Concluyeron que, existe una infrautilización de los áridos reciclados debido a la falta de confianza en el material por parte de los contratistas y diseñadores. Este estudio aporta información valiosa a la investigación en este campo.

En la Universidad Piloto de Colombia, Fonseca & Sanchez (2019) presentaron la investigación “Análisis del rendimiento de desechos provenientes de obras y derribos como capa granular en la edificación de pavimentos” con el fin de evaluar el comportamiento de los RCD como base granular. Demostraron que un valor CBR superior al 123%, lo cual es superior al 95% requerido para las carreteras NT3. Además, debido a que el material ya pasó por el proceso de modificación, se encontró que el índice orgánico es casi nulo y los límites de plasticidad y aglomeración de la arcilla son muy bajos. Concluyeron que, el diseño 50CA 50RCA2 redujo el costo de GRB en un 13 % en comparación con el uso de CA puro. Como resultado, se determinó que un 50% de RCA en GRB redujo el costo y no tuvo ningún efecto adverso considerando las propiedades del material. Por lo tanto, el aporte de este estudio fue que en cuanto a la manera en que los desechos de demolición se desempeñan como material granular.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la “Universidad Peruana Los Andes”, Delgado (2021) presentó un estudio sobre el “Uso de asfalto reciclado para mejorar las características físicas y mecánicas de bases granulares en mal estado” para mejorar las propiedades de la base granular en la Avenida Andrés Avelino Cáceres, ubicada en Nueve de Julio. Determinó que para mezclas con 0%, 20%, 25% y 30% de CAR el límite de plasticidad se redujo era 23, 20, 19.5 y 18.2%, el IP era 4.1, 2.4, 1.9 y 0%, la MDS era 2.19, 2.23, 2.25 y 2.23 g/cm³, OCH era 7.00, 6.77, 6.43 y 6.33%, así mismo, las propiedades mecánicas de la base granular mejoraron significativamente el CBR al 100% MDS era 62.72, 73.56, 85.08 y 78.49%, correspondientemente. Concluyó que, con 25% de CAR se alcanzaban las características físicas de una base de grava. El aporte fue fundamental para la mejora y la rehabilitación de la base de grava en mal estado en dicha ubicación.

En la Universidad Privada Antenor Orrego, Guevara & Salazar (2021) presentaron la investigación “Análisis de la estabilización de la base granular utilizando cemento Portland tipo I y emulsión asfáltica para una carretera de bajo tráfico en la ruta LI-113, ubicada en el distrito de Charat, Usquil, Huaranchal, Otuzco, La Libertad” con el objetivo de analizar las ventajas del uso de cemento en el tratamiento del sustrato granular en comparación con el uso de emulsión bituminosa para la vía con tráfico de baja intensidad en la ruta LI-113. Para ello, usaron el enfoque cuantitativo cuasi experimental y determinaron que los resultados con el cemento eran superiores, tanto en términos técnicos como económicos. Concluyeron que, según el análisis técnico y económico realizado en suelo estabilizado con emulsión asfáltica y cemento, se observa que el uso de cemento proporciona una mayor resistencia a las cargas verticales y resulta más

económico. Por lo tanto, el aporte de este estudio fue la evidencia sólida sobre los beneficios del uso de cemento, siendo de utilidad para estudios posteriores.

Aguilar (2020) presentó la investigación de maestría “Incremento del índice de soporte CBR de los suelos extraídos de la cantera Taparachi mediante la utilización de piedra triturada con la gradación necesaria para la construcción de bases granulares de pavimentos en la ciudad de Juliaca” con el objetivo de determinar la necesidad de utilizar piedra triturada de dimensiones inferiores a 4.76 mm (arena gruesa) en proporciones superiores al 30% para satisfacer los requisitos de tamaño de partícula necesarios para bases de pavimentos utilizando el suelo de la cantera Taparachi. El enfoque metodológico adoptado en el estudio implicó ensayos al suelo natural y a las combinaciones con piedra triturada. Determinaron que, la combinación de estos materiales logró alcanzar valores de 97% del Índice de Soporte CBR, excediendo lo reglamentado en la EG-2013. Concluyó que, la combinación realizada alcanzó niveles de Índice de Soporte CBR de hasta el 97%, superando los requisitos de la EG – 2013 para bases granulares de pavimentos con bajo tráfico vehicular. Por lo tanto, el aporte de este estudio fue que contribuye al conocimiento sobre la mejora en la capacidad de carga de los suelos extraídos de la cantera para formar bases granulares.

Torres (2020) presentó la investigación “Utilización de RCD para la mejora de la base y subbase de pavimentos en la ciudad de Ayacucho, durante el año 2020” con el objetivo de identificar las propiedades del material de RCD y su viabilidad para su empleo en la subbase granular. Determinó que el material de RCD acrecentaba la capacidad de soporte de la grava bien graduada con sedimento arcilloso y granulado. Concluyó que se puede aprovechar el 100% de material reciclado en el diseño de la subbase granular, alcanzando un CBR de

90.5%. Por tanto, el aporte de esta investigación es significativo para el campo de estudio en cuestión.

En la Universidad San Pedro, Lopez (2019) presentó su investigación “Resistencia de la sub-base granular de carreteras flexibles con agregados reciclados mixtos seleccionados mediante la adición del 3% de cloruro de magnesio” con el objetivo de aumentar el CBR al agregar un 3% de cloruro de magnesio al agregado reciclado mixto utilizado en el firme para formar una subbase granular para pavimentos flexibles. Para lograr esto, utilizó la metodología cuasiexperimental enmarcada en ensayos de laboratorio y encontró que el CBR incrementó en un 14.45% y un 31.76% en comparación con la muestra base, cuando se adicionaba 3% agregar cloruro de magnesio al material reciclado mezclado con afirmado. Sin embargo, no alcanzó la capacidad de soporte suficiente (40%) para clasificar el uso de esta técnica dentro de las características mínimas de una subbase según la EG-2013. Concluyó que, su contribución a la investigación fue determinar que la combinación de un aditivo químico a una muestra reciclada de áridos acrecienta la capacidad de soporte, no obstante, no es suficiente para alcanzar los requisitos técnicos necesarios para su uso en vías.

En la Universidad Continental, Argumedo (2019) en su tesis “Carpeta asfáltica reciclada y base granular reciclada para la conformación de una subbase granular óptima en la Av. Próceres del distrito de Chilca, provincia de Huancayo” tuvo por propósito evaluar el impacto de la combinación 60% - 40% de reciclado de la capa de asfalto y la base granular reciclada en el CBR y el costo de una subbase de grava para la Avenida Próceres en Chilca, Huancayo. Para ello, usó la metodología cuantitativa aplicada para las combinaciones de agregados reciclados que fueron ensayados física y mecánicamente. Determinó que esta combinación

logra un CBR de 49.22% y reduce el costo en un 4.7%. Con estos resultados, concluye que satisface los requisitos de subbase, según la EG-2013, y se destaca su aporte a la construcción en la Av. Próceres – Chilca. Este estudio promueve prácticas sostenibles, destacando la innovación de materiales reciclados.

En la Universidad Nacional del Santa, Contreras & Herrera (2015) en su tesis “Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub-bases de estructura de pavimento en Nuevo Chimbote – Santa – Ancash” establecieron las características y desempeño de los agregados de residuos de concreto para las bases y sub-bases de pavimento, de acuerdo a la EG-2013. Para ello, emplearon la metodología cuantitativa de tipo aplicada caracterizada por realizar pruebas de laboratorio. Determinaron que, la proporción de mitad de agregado reciclado y mitad de agregado natural es óptima para conformar base y subbase granular, ya que cumple de acuerdo a los estándares establecidos en la EG-2013 y se desempeña de manera satisfactoria en la estructura de pavimento. Concluyeron que, al optimizar el material derivado de los desechos de construcción para las bases y subbases, se pueden alcanzar altos niveles de resistencia y propiedades mecánicas comparables a las del material convencional, lo que sugiere su viabilidad como una alternativa para su uso en proyectos de pavimentación. Por lo tanto, el aporte para la investigación fue proporcionar una opción viable y sostenible para utilizar agregados reutilizados en la edificación de bases y subbases para pavimentos

2.1.3. Antecedentes regionales

En la Universidad Nacional Autónoma de Chota, Ruiz (2023) presentó la investigación “Evaluación de la incorporación de polvo de piedra chancada en la subrasante deteriorada por deformación, carretera Chota – Shitacucho” con el

objetivo de evaluar el uso de residuos rocosos caliza molida en la base de la carretera Chota – Shitacucho en el tramo de 6+000 a 9+200. Determinó que, a mayor cantidad, se reduce la plasticidad y la expansión, pero se incrementa el CBR; sin embargo, la arenisca cuarzosa es más adecuada para pavimentos de carreteras. Concluyó que la arenisca cuarzosa presenta propiedades superiores para ser empleada en la subrasante; sin embargo, los residuos de roca caliza también presentan buenas características estabilizando la subrasante de la carretera Chota – Shitacucho. El aporte radica en que, marca el inicio de estudios de mejoramiento con desechos de construcción.

En la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Tamay (2022) en su tesis “Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, Cantera Chuyabamba, Chota, 2021” se propuso como objetivo de examinar una base granular utilizando suelo extraído de Chuyabamba en Chota y PET triturado. Determino que el suelo no satisface el MTC (2014) para ser considerado base granular. Sin embargo, al agregar PET reciclado, las características de la mezcla mejoraron, aunque el CBR seguía siendo inferior en 1.8% al mínimo dado en el MTC (2014). Concluyeron que, comparando el análisis de las propiedades técnicas entre la base tratada con un 20% PET y la base natural reveló que la primera exhibe mejoras significativas en sus características y también admite reducir el 90% del volumen de desechos plásticos en los vertederos y las vías urbanas.

En la “Universidad Privada del Norte”, Alvarez (2021) desarrolló el estudio “Propuesta de mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del material granular con la adición de 4 % y 6 % de residuos de construcción para su uso en afirmados según las EG-2013” con la finalidad de examinar cómo la

inclusión de desechos de construcción influencia las características de los materiales granulares destinados a ser usados en afirmados. Empleando una metodología cuantitativa, incorporó proporciones del 4% y 6% de RC al suelo granular, observando que el RC redujo el LL de 17.35% a 15.91% y 15.60%, respectivamente, y aumentó el CBR de 30% a 34.90% y 41.30% para cada proporción correspondiente. La investigación concluyó que, si bien la incorporación de RC mejora ciertas propiedades del material granular, haciéndolo parcialmente conforme con la EG-2013, la mezcla con un 6% de RC demostró ser la más efectiva. Su aporte radica en que, logró determinar los impactos de la inclusión de RC y demostró que la mezcla con un 6% de RC es la opción más apropiada para satisfacer los estándares de calidad establecidos

Ticlla (2021) presentó la investigación “Evaluación de las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota” con el objetivo de determinar la idoneidad de las canteras La Torre, Chuica, Pingobamba Bajo, Rejopampa Alto 1 y 2 en Chota para su uso en afirmado, de acuerdo a los criterios del MTC (2014). Determinó que, estas canteras cumplían parcialmente con las características requeridas, debido a altos LL e IP. Sin embargo, la cantera Pingobamba Bajo cumplía completamente con los requisitos técnicos, incluso para ser utilizada como subbase granular, con un CBR de 53.50%. Concluyó que las canteras pueden ser utilizadas para el afirmado de carreteras. Por tanto, contribuye al conocimiento sobre aquellas canteras que, deben mejorar sus propiedades.

En la Universidad Nacional de Cajamarca, Vásquez (2019) en su tesis “Evaluación de la mezcla de agregados de las canteras El Guitarrero y Piedra Chancada del río Chonta para bases y sub bases de pavimentos en la ciudad de

Cajamarca” tuvo como propósito de analizar la combinación óptima de agregados provenientes de la Cantera El Guitarrero y la piedra triturada del Río Chonta para utilizar en las subbases y bases de los pavimentos en Cajamarca. Determinó que de la combinación de 60% de suelo El Guitarrero y 40% de piedra triturada cumple con los estándares técnicos establecidos (EG-2013), excepto en el valor del CBR que está por debajo del mínimo necesario para la base granular (80%). La mezcla presenta LL 16%, IP igual a 0, gradación B, abrasión de 38.8% y CBR de 70.10%. Concluyó que, la mezcla de suelo de dos canteras cajamarquinas cumple con las características de una subbase granular. Siendo el aporte a la investigación, el lineamiento para la combinación de material de cantera en porcentajes que, se complementen para cumplir una gradación específica dada en la EG-2013.

Chalán (2018) presentó la investigación “Estudio sobre la reducción del grosor de un pavimento de concreto mediante la estabilización de la subbase con cemento” con el fin de analizar el efecto de estabilizar la subbase de la cantera del Río Chonta. Determinó que, una disminución en el costo de construcción en un 3.47%. Basándonos en esos descubrimientos, pudo concluir que el aporte de la investigación fue significativo para reducir costos y garantizar la calidad técnica del pavimento por medio del reforzamiento de los estratos granulares (base y subbase) en la conformación del asfalto rígido.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Teoría del desarrollo sostenible para la reutilización de residuos de construcción y demolición (RCD)

La teoría del desarrollo sostenible busca equilibrar las necesidades económicas, sociales y ambientales, ofrece un marco integral para abordar este desafío. Particularmente, la reutilización de RCD en la producción de material granular para capas base de pavimentos y capas de relleno en edificaciones emerge como una solución prometedora y multifacética (Vallini et al., 2023).

Se cimienta en la premisa de que el progreso actual no debe comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Este principio de equidad intergeneracional es crucial cuando se considera la cantidad masiva de residuos generados por la industria de la construcción. La eficiencia en el uso de recursos es otro pilar fundamental, promoviendo la reducción, reutilización y reciclaje de materiales para minimizar el desperdicio y maximizar la utilidad de los recursos existentes (Castiblanco-Prieto et al., 2019).

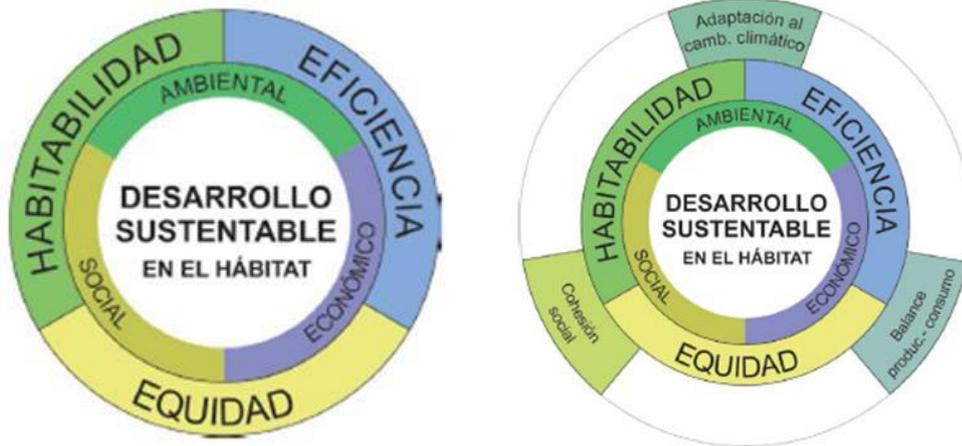
Además, la protección ambiental es esencial, ya que los residuos de construcción no gestionados adecuadamente pueden contaminar suelos y cuerpos de agua, afectar la biodiversidad y contribuir a las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otro lado, el desarrollo económico sostenible sugiere que la reutilización de RCD puede generar nuevas oportunidades de negocio y empleo, fomentando la innovación tecnológica y mejorando la competitividad del sector de la construcción. La justicia social, finalmente, implica que estas prácticas deben ser equitativas y beneficiar a todas las partes involucradas, sin perjudicar a las comunidades vulnerables (Castiblanco-Prieto et al., 2019).

Figura 1

Dimensiones, Principios y Criterios del Desarrollo Sustentable en el Hábitat

Dimensiones y principios del desarrollo sustentable en el hábitat

Criterios para el desarrollo sustentable derivados de la articulación de los principios de habitabilidad, eficiencia y equidad



Nota: Se detalla los principios generales del desarrollo sustentable basados en las dimensiones social, ambiental y económico, siendo la habitabilidad, eficiencia y equidad mismos que a la vez presentan criterios de cohesión, balance y adaptación al hábitat (Castiblanco-Prieto et al., 2019).

La reutilización de RCD en la producción de material granular para capas base de pavimentos y capas de relleno en edificaciones es un ejemplo tangible de cómo se pueden equilibrar las necesidades económicas, ambientales y sociales. Adoptar y expandir estas prácticas no solo contribuirá a un entorno más sostenible, sino que también generará beneficios económicos y sociales significativos (Vallini et al., 2023).

2.2.2. Mejoramiento de pavimentos utilizando subbases granulares y bases granulares con RCD

El mejoramiento de pavimentos con RCD es una práctica cada vez más común en la ingeniería de carreteras y pavimentación. Los RCD consisten en materiales generados durante la construcción, renovación o demolición de estructuras, como hormigón, ladrillos, tejas, asfalto, madera y otros materiales de construcción. Estos residuos pueden ser reutilizados y reciclados en la

construcción de carreteras como una alternativa sostenible y económica a los materiales tradicionales. Los desechos de concreto son componentes de los residuos sólidos urbanos y podrían incluir restos de compuestos de cemento que pueden ayudar a estabilizar química y mecánicamente los suelos.

El proceso de mejoramiento de pavimentos con RCD implica la trituración y procesamiento de estos materiales. Este enfoque ofrece varias ventajas, como la reducción de la cantidad de desechos enviados a vertederos.

Los agregados reciclados provenientes de RCD pueden utilizarse como capa base, subbase o material de relleno. Sin embargo, es fundamental asegurar que los agregados reciclados cumplan con las especificaciones técnicas requeridas para garantizar la durabilidad y resistencia del pavimento.

Ochoa (2019) propuso una solución lógica al problema de qué hacer con los residuos de concreto, reutilizándolos para mejorar las carreteras. Para lograr esto, se adquirieron residuos derivados de la construcción y demolición de concreto fino (RCD-C) con un tamaño de partículas menor a 2 mm. Se realizaron pruebas de caracterización, compactación, expansión y CBR, variando el porcentaje en peso de RCD de concreto. Los valores de expansión y CBR satisficieron las especificaciones requeridas reglamentarios para la estabilización del suelo. En conclusión, emplear RCD de concreto fino como agente estabilizador de suelos arcillosos es prometedor y técnicamente viable, y contribuye a reducir el impacto ambiental asociado con su uso en carreteras.

A medida que el contenido de RCD-C fino aumenta, se produce un aumento en la compacidad de la mezcla una mayor sequedad y una reducción en el nivel óptimo de humedad (Ochoa S. R., 2019). De manera similar, la detección de elementos químicos del cemento en los desechos de concreto indica que pueden

ser utilizados como estabilizadores químicos del suelo al reemplazar parcialmente el cemento. Además; pueden utilizarse con cemento para estabilizar los suelos de los pavimentos de carreteras.

El mejoramiento de pavimentos con RCD contribuye a la sostenibilidad ambiental, así como a la eficiencia económica al aprovechar recursos disponibles y reducir los costos de eliminación de desechos. Además, puede mejorar la calidad y rendimiento de los pavimentos, siempre que se realice de manera adecuada y se sigan las buenas prácticas de ingeniería.

2.2.3. Teoría de mezclas de materiales para la producción de subbase granular

2.2.3.1. Técnica de homogeneización para mezcla de materiales

La técnica de homogeneización para la mezcla de materiales con el fin de formar bases granulares implica la combinación de dos o más materiales de manera que se logre la cohesión y estabilidad del conjunto. Basada en dividir problemas complejos en dos escalas diferentes: macroscópica y microscópica. La estructura interna o microestructura de los composites se analiza a escala microscópica para obtener las variables micromecánicas. Se utilizan para definir las variables de estructura del problema. Si el compuesto se considera homogéneo, se utiliza la macro escala para analizar el problema global (Car et al., 2000).

La homogeneización de los materiales se lleva a cabo mediante la combinación de dos componentes principales: el suelo natural y los agregados pétreos, como la grava y la arena. El suelo natural proporciona la matriz arcillosa o limosa que actúa como aglutinante, mientras que los agregados pétreos aportan la resistencia para soportar las cargas del tráfico.

La homogeneización adecuada es esencial para garantizar la uniformidad en la base granular resultante. Esto incluye la distribución uniforme, la

compactación adecuada del material y la optimización de la resistencia al desgaste y la capacidad de soporte del pavimento.

El proceso de homogeneización implica la mezcla íntima de estos materiales en proporciones específicas, que pueden variar según los requisitos de diseño del pavimento. Se utilizan maquinarias como motoniveladoras, excavadoras o palas mecánicas para la homogeneización.

2.2.3.2. Teoría de mezclas serie/paralelo

Neamtu et al (1995) generalizan la teoría clásica de la mezcla a pequeñas deformaciones para describir materiales compuestos en los que los constituyentes participan según una combinación de comportamiento secuencial/paralelo. Esta teoría se basa en que los componentes están distribuidos uniformemente y los materiales componentes tienen la misma deformación en direcciones paralelas (bajo la condición de tensión equivalente) (Car et al., 2000).

En el contexto de la formación de bases granulares mediante la combinación de dos materiales, la teoría de mezclas serie/paralelo considera dos escenarios principales: (Car et al., 2000)

Mezcla en Serie: En este caso, los materiales se disponen uno tras otro en capas sucesivas dentro de la base granular. Cada material contribuye de manera secuencial a la resistencia total de la mezcla. Por ejemplo, una capa de suelo natural puede ser seguida por una capa de agregados pétreos. En este escenario, la resistencia total de la base granular será influenciada principalmente por las propiedades del material que se encuentra en la parte superior.

Mezcla en Paralelo: Aquí, los materiales se mezclan de forma homogénea para formar una sola capa compuesta. Cada material contribuye de manera simultánea a la resistencia total de la mezcla. Por ejemplo, el suelo natural y los

agregados pétreos se mezclan íntimamente para formar una base granular uniforme. En este caso, la resistencia total de la base granular será una combinación de las propiedades de ambos materiales.

2.2.3.3. Mezclas por combinación granulométrica

La mezcla granulométrica implica la combinación de dos o más materiales con distintas propiedades con el fin de formar una capa única de material combinado que exhiba características técnicas mejoradas. Existen diversos enfoques para llevar a cabo este proceso, entre los cuales destaca el método analítico, ampliamente utilizado y de relativa simplicidad. Este método permite determinar los porcentajes de dos materiales, A y B, necesarios para lograr una gradación específica. El método analítico sigue un proceso definido por: (Ticlla, 2021)

$$P = aA + bB + cC + \dots + nN \quad (1)$$

Para determinar el porcentaje ideal para la combinación de agregados, P porcentaje de un material que pasa un tamiz dado resultante de la combinación de los agregados; A, B, C, ..., N porcentaje de material que pasa un tamiz dado, para cada uno de los agregados empleados en la combinación, y a, b, c, ..., n proporciones expresadas en forma decimal, resultantes de la combinación para cada uno de los materiales empleados y cuya suma es igual a 1.00.

$$a + b + c + \dots + n = 1.00 \text{ ó } 100\% \quad (2)$$

La suma de las proporciones de materiales para la combinación debe ser 100%.

Ejemplo analítico: Se busca cumplir con los requisitos tipo III, para ello se cuenta con: Material “A” piedra picada y material “B” arena de río (Landeta, 2010).

Tabla 1*Gradación de los Materiales a Combinar*

Tamiz	¾"	½"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200
Esp.	100	80	70	50	35	18	13	8	4
A	100	90	59	16	3.2	1.1	0	0	0
B	100	100	100	96	82	51	36	21	9.2

Nota: (Landeta, 2010).

$$P = A \times (1 - b) + B \times b \rightarrow P = A - A \times b + B \times b \rightarrow b = \frac{P-A}{B-A} \quad (3)$$

Considerando tamiz N°8:

$$P = 42.5\% \left\{ \begin{array}{l} \text{porcentaje pasante que se desea obtener para el tamiz N° 8} \\ P = \frac{35+50}{2} = 42.50 \end{array} \right. \quad (4)$$

$$A = 3.2\% \text{ (porcentaje que pasa el tamiz N° 8 del material A)} \quad (5)$$

$$B = 82\% \text{ (porcentaje que pasa el tamiz N° 8 del maerial B)} \quad (6)$$

$$b = \frac{42.50-3.2}{82-3.2} = 0.50 \text{ \% que B participará en la combinación} \quad (7)$$

$$a = 1 - 0.50 = 0.50 \text{ (Aporte del material A en la combinación)} \quad (8)$$

Luego de calcular “a” y “b”, se multiplica cada material en cada fila proporcionada. Luego se verifica sino cumple la gradación se debe realizar otra interacción seleccionando diferente “a” y “b”, recordando que a + b= 1

Tabla 2*Mezclas de Materiales para Base Granular*

Tamiz	¾"	½"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200
Axa	50	45	29.5	8	1.6	0.6	0	0	0
Bxb	50	50	50	48	41	25.5	18	10.5	4.6
Total	100	95	79.5	56	42.6	26.1	18	10.5	4.6

Nota: (Landeta, 2010).

En el caso del ejemplo de Landaeta (2010) calculan el porcentaje de dosificación de cada material para la elaboración de una base granular, pero se realizó el proceso inverso para determinar la gradación del material “Residuos de concreto de demolición” para las dosificaciones dadas.

2.2.4. Comportamiento de un afirmado/ cambios de la cohesión de materiales con carbonatos de los RCD e influencia en sus propiedades físico químicas y mecánicas

En los suelos tratados con mortero de cemento, el tipo de aglutinante no es tan importante como la cantidad y la densidad obtenidas durante la compactación. La mayoría de los tipos de cemento que están disponibles en el mercado pueden ser empleados. Sin embargo, algunos aspectos pueden mejorarse mediante una serie de recomendaciones prácticas. Por un lado, el hidrato de calcio actúa como aglutinante de grava, arena y limo y cumple la misma función que el concreto. En segundo lugar, cuando el cemento hace contacto con el agua, el hidrato de calcio se forma y libera iones de calcio. Los iones de calcio tienen una afinidad muy alta por el agua, por lo que eliminan parte de las partículas de agua atrapadas entre las dos capas de tierra. El efecto observado es una disminución de la porosidad y flexibilidad, junto con un incremento de la resistencia y longevidad. Aunque es posible emplear diversos tipos de cemento, usualmente se prefiere el cemento de fraguado normal. Ocasionalmente se sugiere el uso de cemento de alta resistencia, y en condiciones de baja temperatura, se recomienda el uso de cemento de fraguado rápido o adición de cloruro cálcico (Beltrán, 2019). El comportamiento del concreto es influenciado por el cemento, el cual está compuesto por ingredientes primarios como piedra caliza, sílice, alúmina y óxido de hierro, que reaccionan y se solidifican en presencia de agua. La reducción de la expansión y el aumento de la cohesión pueden sugerir una estabilización química del RCD-C de grano fino. Esto se explica porque el cemento remanente se hidrata y reacciona con la arcilla limosa, endureciéndola. A medida que ocurre este proceso de endurecimiento, la expansión disminuye.

2.2.4.1. Variaciones de los tamaños máximos (TM) de los agregados de afirmados y su incidencia en el CBR

Uno de los parámetros que afecta la calidad del agregado es el tamaño máximo (TM), que se refiere al tamaño de partícula más grande en la mezcla. Los cambios en el tamaño máximo de los agregados pueden afectar significativamente las propiedades mecánicas del material y, por tanto, el índice de capacidad de carga (CBR) en California (Silva et al., 2019).

Silva et al. (2019) afirman que las combinaciones con una dispersión de partículas más uniforme, es decir, con una composición más homogénea, facilitan una disposición más efectiva de los gránulos durante el proceso de compactación, lo que reduce el espacio vacío entre ellos. Este fenómeno conlleva a una mejora en la estabilización mecánica.

Así mismo, Ochoa (2019) también señala que, el impacto del tamaño máximo de los agregados en CBR es un aspecto de gran relevancia en la ingeniería de pavimentos. Estos autores señalaron que la selección del TM de los agregados debe realizarse cuidadosamente para garantizar un buen desempeño del pavimento. En sus estudios, encontraron que el aumento del TM de los agregados de afirmados estaba asociado con la reducción en la deformabilidad de la capa de afirmado, lo que a su vez se reflejaba en un incremento en el CBR.

Por otro lado, Aboutalebi (2020) determinó que uno de los parámetros que afecta la calidad del agregado es el tamaño máximo (TM), que se refiere al tamaño de partícula más grande en la mezcla. Los cambios en el tamaño máximo de los agregados pueden afectar significativamente las propiedades mecánicas del material y, por tanto, el índice de capacidad de carga (CBR) en California.

2.2.4.2. Variaciones de los tamaños máximos (TM) de los RCD y su incidencia en el CBR del suelo

La incorporación de RCD en el suelo puede alterar su estructura y propiedades mecánicas, lo que a su vez afecta su capacidad de soporte. La variación en el TM de los RCD puede influir en la distribución del tamaño de partícula en la mezcla suelo-RCD. Si el TM es demasiado grande, puede provocar una distribución heterogénea de las partículas y dificultar la compactación adecuada del suelo. Por otro lado, si el TM es demasiado pequeño, puede no proporcionar la estabilidad necesaria, lo que también afectaría negativamente al CBR.

Kerni et al. (2015) emplearon partículas de escombros con un tamaño inferior a 1.18 mm para estabilizar un suelo arcilloso. Esta selección de tamaño de partículas contenía una cantidad adecuada de cemento y arena para la composición del suelo, mejorando su densidad aparente y capacidad de carga. Sin embargo, este último cambio podría haber sido debido a la reacción química entre los gránulos de escombros de concreto (cemento) y el suelo. Por su parte, Paul & Cyrus (2016) investigaron el mejoramiento del suelo mediante residuos de concreto con un tamaño inferior a 20 mm, empleando hasta 60% de materiales cementosos y Lovedeep et al. (2017) también examinó la influencia de los residuos de concreto con dimensiones inferiores a 1.76 mm en el Índice de Soporte CBR utilizando hasta 40% de residuos de concreto.

Además, el TM de los RCD puede influir en la capacidad de drenaje del suelo. Un TM más grande puede obstaculizar el flujo de agua a través del suelo, lo que puede resultar en una capacidad de drenaje reducida y, por lo tanto, afectar negativamente al CBR (Ochoa S. R., 2019).

2.2.4.3. Variación de las cantidades de RCD y su influencia en los aportes de humedad

La variación en las cantidades de RCD puede tener un impacto significativo en los aportes de humedad al suelo. Cuando se incorporan cantidades variables de RCD al suelo, se introduce un componente adicional que puede retener o liberar humedad dependiendo de su composición y grado de compactación.

La influencia de las cantidades de RCD en los aportes de humedad al suelo puede estar determinada por varios factores, como la porosidad de los RCD, su capacidad para retener agua, y la interacción entre los RCD y el suelo circundante. Por otro lado, si la cantidad de RCD agregada es baja es posible que no tengan un impacto significativo en los aportes de humedad al suelo. En algunos casos, los RCD pueden incluso actuar como drenajes al permitir que el agua se filtre más fácilmente a través del suelo (Ochoa S. R., 2019).

La interacción entre los materiales de RCD, especialmente los más finos, con los componentes naturales del suelo provoca cambios en el equilibrio hídrico del material compuesto. A medida que la proporción de RCD fino en la mezcla aumenta, se nota una reducción tanto en la humedad natural como en la humedad óptima requerida para alcanzar la densidad máxima durante el proceso de compactación (Ochoa S. R., 2019). Este fenómeno se debe a la menor cabida de retención de agua de los bastos de RCD en comparación con los suelos finos tradicionales, lo cual es crucial en contextos donde la optimización del contenido de humedad es fundamental para la estabilidad y durabilidad del pavimento.

2.2.4.4. Variación de las cantidades de RCD y su influencia en la granulometría del suelo

La variación en las cantidades de RCD puede tener una influencia significativa en la granulometría del suelo cuando se agregan a una mezcla de suelo. Cuando se añaden cantidades variables de RCD al suelo, se introduce un material adicional que puede modificar la distribución. La granulometría de los RCD puede ser diferente a la del suelo natural, lo que puede afectar la composición general de la mezcla (Silva et al., 2019).

Silva et al. (2019) demuestra cómo la inclusión de RCD afecta la curva granulométrica del suelo, indicando un incremento en la fracción de partículas gruesas a medida que se aumenta el RCD. Esta alteración en la granulometría es significativa puesto que una mayor presencia de partículas gruesas puede mejorar el CBR, una propiedad deseable para la capa de subbase. Así mismo, la alteración de la distribución del tamaño de las partículas del suelo mediante la inclusión de RCD fomenta una mayor interconexión de las partículas, lo que podría conducir a una disminución en la susceptibilidad a la deformación bajo cargas aplicadas.

Si los RCD tienen una granulometría similar a la del suelo natural, es posible que no haya un cambio significativo en la granulometría de la mezcla. Sin embargo, si los RCD tienen tamaños de partículas diferentes, esto puede resultar en una modificación de la gradación en la mezcla final. Pero, por ejemplo, si los RCD contienen fragmentos más grandes, pueden aumentar el tamaño máximo de partículas en la mezcla, lo que afectaría la curva granulométrica general. Por otro lado, si los RCD contienen fragmentos más pequeños, pueden llenar los vacíos del suelo y afectar la compacidad y la porosidad de la mezcla (Silva et al., 2019).

2.2.4.5. Variación de las cantidades de RCD y su efecto en el IP del suelo

La adición de RCD a suelos con altos índices de plasticidad puede resultar en una disminución significativa de este índice. Alvarez (2021) indicó que la mezcla de suelos arcillosos con RCD reduce su plasticidad debido a la dilución del contenido de arcilla y al incremento en material granular, lo que mejora la trabajabilidad y reduce la susceptibilidad a cambios volumétricos debido a la humedad. Esta reducción en el índice de plasticidad es particularmente beneficiosa en la construcción de subbases, donde un menor índice de plasticidad implica un mejor comportamiento del material frente a la variabilidad de la humedad, aumentando así la estabilidad y durabilidad de la infraestructura.

Por otro lado, Singh et al. (2022) han destacado que el efecto de los RCD en el índice de plasticidad no es meramente una cuestión de dilución, sino también de la interacción físico-química entre los componentes del RCD y las partículas de suelo. Los materiales cementantes presentes en el RCD pueden reaccionar con la humedad y las partículas de suelo, alterando la estructura y composición química del suelo y, por ende, su comportamiento plástico. Estas reacciones pueden contribuir a la estabilización del suelo, reduciendo su plasticidad y mejorando sus propiedades mecánicas.

2.2.4.6. Variación de las cantidades de RCD y su influencia en el contenido de sales solubles del suelo

La variación en las cantidades de RCD agregadas al suelo tiene un impacto significativo en la concentración de sales disueltas, un factor que puede influir en la durabilidad de las estructuras y la estabilidad del suelo. Los RCD, especialmente aquellos provenientes del concreto demolido, pueden contener una cantidad variable de sales solubles, residuos de los procesos de construcción o

incluso de la degradación de los materiales a lo largo del tiempo (Bassani et al., 2019). Cuando estos materiales se reincorporan al suelo como parte de una subbase granular, las sales presentes pueden disolverse en el suelo. Esta alteración es de particular interés en la ingeniería geotécnica y ambiental, dado que un aumento en la concentración de sales puede afectar tanto a la vegetación como a la integridad estructural de las construcciones cercanas.

2.2.4.7. Variación de las cantidades de RCD y su influencia en la compactación del suelo

Ochoa (2019) señaló que a medida que aumenta el RCD fino en una mezcla, disminuyen tanto el contenido de humedad natural como el OCH requerido para lograr la MDS. Por otro lado, Prentice et al., (2023) respalda esta idea al demostrar que variar las cantidades de RCD puede afectar significativamente la cabida de carga del suelo resultante.

Cañola et al. (2021) encontraron que la variación en las cantidades de RCD afecta la capacidad del suelo para resistir el corte, destacando la necesidad de una cuidadosa consideración de estos aspectos en la planificación y edificación de estructuras. Además de la cantidad de RCD, es esencial tener en cuenta la calidad de estos materiales. Según los estudios de Huang et al. (2021), la granulometría, el tipo y el grado de contaminación de los RCD también tienen una función fundamental en la compactación del suelo.

El diseño de mezclas de suelo-RCD debe ser integral, considerando no solo la humedad y la compactación, sino también otros factores críticos. Vieira & Pereira (2015) matizan la importancia de abordar el CBR, permeabilidad y resistencia a la congelación-descongelación en el análisis y diseño detallado de estas mezclas

2.2.4.8. Variación de las cantidades de RCD y su influencia en la abrasión (resistencia al desgaste) del suelo

La variación en las cantidades de RCD no solo impacta la compactación del suelo, sino que también tiene una influencia importante en el desgaste, es decir, la resistencia al desgaste del suelo. Según Saberian et al. (2020), la abrasión de la estructura del suelo se ve influenciada por la cantidad de RCD presente en la mezcla. En sus experimentos, observaron que la proporción de RCD, la resistencia al desgaste del suelo disminuía, lo que sugiere una correlación inversa a la relación entre la cantidad de RCD y la capacidad del suelo para resistir la abrasión.

Este hallazgo se respalda por Cardoso et al. (2016), quienes también examinaron cómo las variaciones en las cantidades de RCD influyen en la abrasión del suelo. Su estudio reveló que la granulometría de los RCD desempeña un papel crucial, y al ajustar la proporción de partículas finas y gruesas, se pueden lograr mejoras en la resistencia al desgaste del suelo. Estos resultados destacan la relevancia no reside únicamente en la cantidad, sino también en la calidad de los RCD en relación con la abrasión del suelo.

La abrasión del suelo, influenciada por las cantidades de RCD, tiene implicaciones directas en la durabilidad de las infraestructuras. Según los hallazgos de Herrador et al. (2012), la resistencia al desgaste del suelo puede influir en la durabilidad del pavimento y la exigencia de labores de mantenimiento. En su investigación, identificaron que una cuidadosa selección de las cantidades de RCD puede contribuir a aumentar la durabilidad del pavimento, minimizando los efectos de la abrasión y reduciendo la necesidad de intervenciones frecuentes.

2.2.4.9. Variación de las cantidades de RCD y su influencia en el equivalente de arena

(EA) del suelo

Ochoa (2019) señala que la cantidad de RCD en las mezclas afecta la disposición de las dimensiones de las partículas, lo que, a su vez, influye en el equivalente de arena del terreno conforme aumenta la proporción de RCD, se observa una modificación en la composición granulométrica, lo que puede afectar la finura y la textura del suelo resultante.

Colangelo et al. (2021) respaldan este punto al demostrar que la variación en las cantidades de RCD puede alterar significativamente el contenido de partículas finas en el suelo. Sus investigaciones indican que un aumento en la proporción de RCD puede disminuir el equivalente de arena.

Singh et al. (2022) profundiza en este aspecto al destacar que el equivalente de arena del suelo. Su estudio revela que la variación en las cantidades de RCD impacta en la porosidad del suelo, factores directamente relacionados con el equivalente de arena.

La calidad de los RCD también juega un papel importante en esta relación. Remolina (2018) destacan que la granulometría y el tipo de RCD influyen directamente en la composición del suelo y, por ende, en su equivalente de arena. La selección cuidadosa de RCD, teniendo en cuenta su calidad, se vuelve crucial para mantener o mejorar las propiedades del suelo en términos de equivalente de arena, es decir de acuerdo a la gradación de RCD se puede aumentar el EA.

2.2.5. Limitaciones para el uso de RCD en pavimentos

El uso común del concreto en la construcción lo convierte en una importante fuente de residuos. Por lo tanto, es crucial gestionar adecuadamente estos residuos para aprovechar sus ventajas. Sin embargo, el principal obstáculo

para ello es la falta de regulaciones que establezcan normas para su reutilización. Esta ausencia de normas afecta negativamente la confianza y dificulta la conceptualización de los proyectos desde etapas tempranas. Además, una vez que se decide utilizar estos residuos de construcción, es necesario que cumplan con la calidad. Los límites en el uso de estos residuos en pavimentos se deben a la falta de estudios que describan las recomendaciones y directrices técnicas necesarias para su correcta aplicación (Jimenez & García, 2016).

Una de las principales limitaciones es la variabilidad en la calidad de los RCD, que puede afectar significativamente el desempeño estructural de los pavimentos. Según Silva et al. (2019), la heterogeneidad de estos materiales, derivada de fuentes diversas, complica la estandarización de sus propiedades mecánicas y físicas, lo cual es crucial para asegurar la durabilidad y resistencia del pavimento. Esta variabilidad demanda un análisis detallado y clasificación rigurosa antes de su aplicación, incrementando los costos operativos y logísticos.

Además, existe incertidumbre sobre el desempeño a largo plazo de los pavimentos contruidos con RCD. Zhang et al. (2022) indican que, aunque los resultados a breve plazo son prometedores, la falta de estudios de largo plazo sobre la durabilidad y comportamiento bajo cargas de tráfico pesado genera dudas sobre su viabilidad a largo plazo. Esta incertidumbre puede disuadir a los tomadores de decisiones de optar por RCD en proyectos de infraestructura crítica.

2.3. Marco conceptual

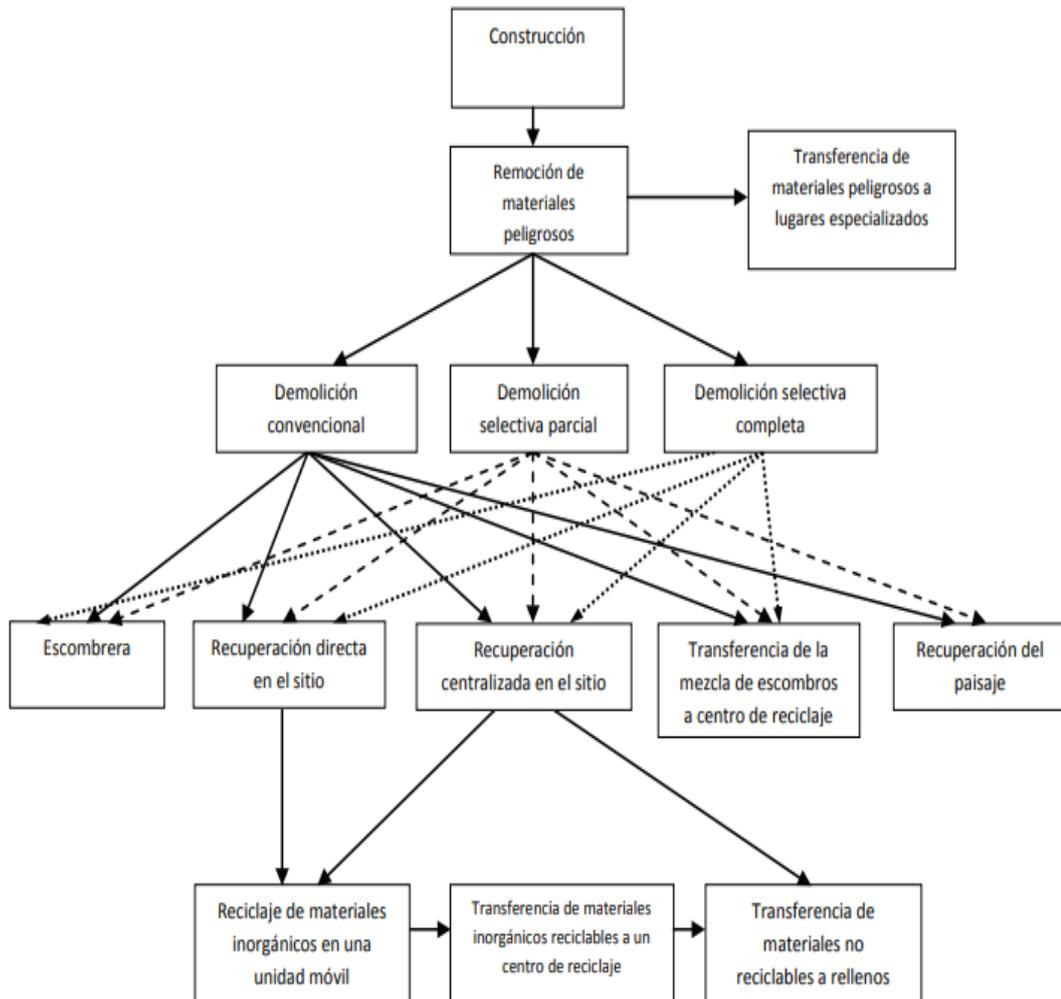
2.3.1. Residuos de construcción y demolición

Los desechos generados por la demolición son residuos producidos durante la construcción, reparación, renovación y desplome de propiedades (incluidas viviendas, edificaciones, trenes, pavimentos, carreteras) y otros proyectos de

ingeniería civil, así como residuos de excavación, inyección, urbanización y otras obras que alteran sustancialmente la forma del suelo o del subsuelo (Rocha, 2020).

Figura 2

Proceso de Disposición de Residuos de Demolición



Nota: El gráfico detalla el proceso de generación de RCD y como estos se pueden recuperar por medio del reciclaje a través de procesos combinados. Tomado del artículo científico de (Mejía et al., 2013).

2.3.1.1. Clasificación según la NTP 400.050

Esta norma establece los criterios para la clasificación de los residuos de concreto y las especificaciones base para su uso en infraestructuras viales en el contexto peruano. En esencia, esta norma busca proporcionar directrices claras y precisas para el manejo adecuado de los residuos de concreto, con el objetivo de promover

su reutilización en carreteras y otras obras viales. Los residuos de la actividad de la construcción se clasifican: (INACAL, 2017)

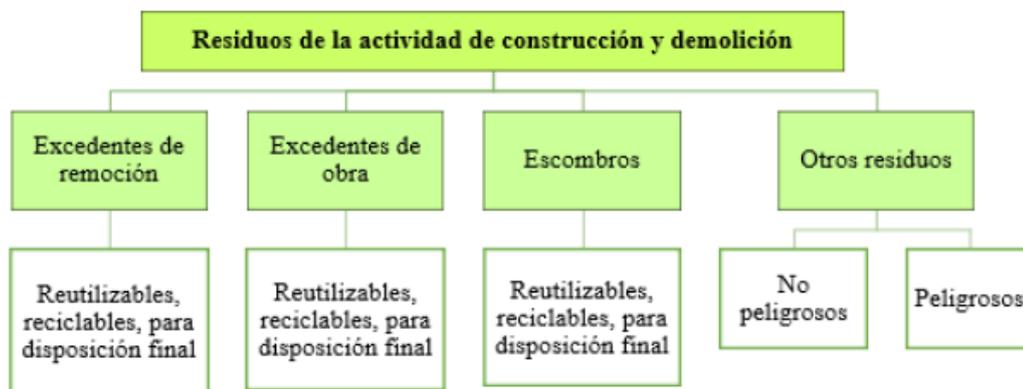
- Sobrante de excavación
- Excedentes de obra
- Escombros; y otros tipos de desechos

Los escombros, por su origen, se clasifican en:

- Concreto proveniente de demolición
- Mezcla asfáltica resultante de la demolición
- Material no bituminoso de carreteras demolidas
- Material de demolición sin clasificar.

Figura 3

Clasificación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD)



Nota: En el mapa conceptual se presenta la clasificación de los diferentes tipos de RCD, así como su posibilidad de uso de acuerdo a la NTP 400.050 (INACAL, 2017).

2.3.1.2.Composición

Los RCD muestran una composición variable, influenciada por factores como el tipo de estructura (residencial, comercial, etc.), los materiales utilizados, las prácticas de demolición y las regulaciones locales. Sin embargo, suelen contener

componentes comunes que se clasifican en categorías específicas: (Mejía et al., 2013)

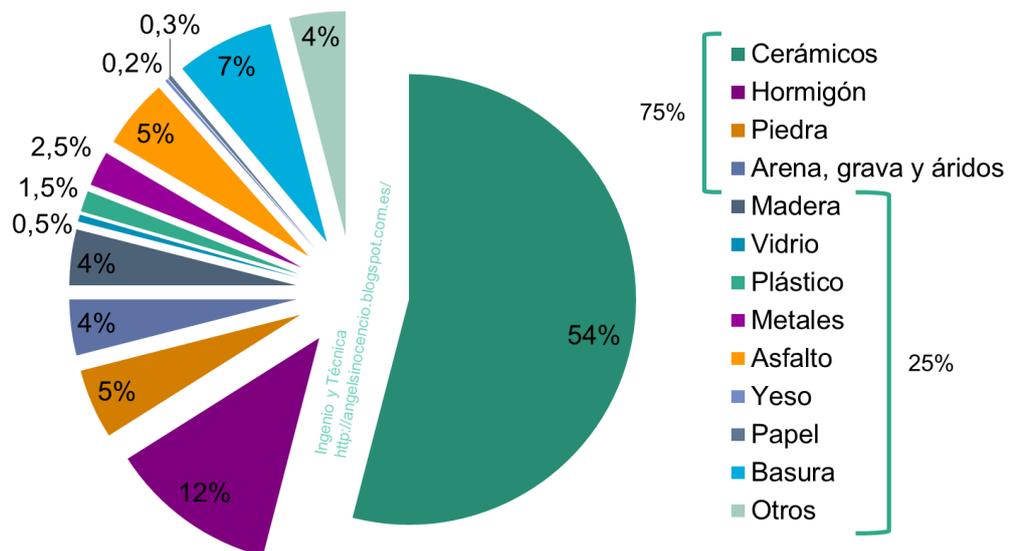
- Concreto: Es uno de los componentes más comunes en los RCD, Resulta de la demolición de concreto como edificios, puentes y aceras. El concreto reciclado se puede triturar y reutilizar como agregado para fabricar concreto nuevo o como base para carreteras.
- Ladrillos y tejas: Los residuos de ladrillos y tejas son otro componente significativo, especialmente en regiones donde estos materiales son ampliamente utilizados en la construcción. Al igual que el concreto, los ladrillos y tejas pueden ser triturados y utilizados como agregado.
- Madera: la madera se obtiene de construcciones que utilizan este material demolidas, restos de embalajes y paletas, entre otras fuentes. Dependiendo de su condición, la madera reciclada puede emplearse para fabricar productos de madera reconstituida.
- Metales: Los metales, incluyendo acero, aluminio y cobre, son comúnmente reciclados debido a su valor. Proceden de estructuras metálicas, tuberías, cables y otros componentes de construcción y demolición de materiales aislantes: Incluyen lana de vidrio, poliestireno y otros aislantes. Su reciclaje es más complicado debido a las dificultades para separarlos de otros materiales y por cuestiones de seguridad y salud.
- Asfalto: Proviene principalmente de la demolición de pavimentos. El asfalto reciclado se puede reutilizar en la producción de nuevo asfalto para carreteras.
- Yeso: El yeso, proveniente de paredes interiores, techos y paneles de yeso, puede ser reciclado y utilizado en la fabricación de nuevos productos de yeso,

aunque su reciclaje presenta desafíos debido a la presencia de contaminantes como pinturas y papeles.

- Vidrio: Aunque no es tan frecuente, el vidrio puede ser reutilizado mediante el reciclaje y ser incorporado en la producción de nuevos artículos de cristal, agregados y otras aplicaciones.
- Plásticos: Los plásticos pueden provenir de tuberías, marcos de ventanas, embalajes y otros componentes. Su reciclaje es vital para reducir el impacto ambiental, aunque la variedad de tipos de plásticos puede complicar el proceso.
- Tierra y rocas: Procedentes de excavaciones, estas pueden ser reutilizadas en proyectos de relleno y paisajismo

Figura 4

Constitución de los RCD (%)



Nota: Se muestra los porcentajes de materiales que constituyen los RCD que son arrojados generalmente en veraderos siendo estos mayormente plásticos en 54%, concreto de demolición en 12%, piedra y asfalto en 5% cada uno. Tomado de (Sánchez, 2016).

2.3.1.3.Reutilización y reciclaje de residuos de concreto

Son prácticas fundamentales en la gestión sostenible de materiales. La reutilización implica utilizar nuevamente los componentes de concreto en su forma original o ligeramente modificada en nuevas aplicaciones (Kupfer et al., 2023).

La gestión adecuada de los RCD requiere la separación eficaz de estos componentes para maximizar su reutilización y reciclaje, reduciendo así el impacto ambiental asociado con la actividad constructiva y el derribo de estructuras (Smith & Wang, 2019).

Recolección de los residuos de concreto. Hay que tener en cuenta que hay que impedir que los RCD se contaminen con otras sustancias y lo vuelvan tóxico para poder ser reutilizados. (Herrera et al., 2021).

Transporte. Cuando el escombros sea generado debe pasar por un proceso de clasificación y separado ya que debe ser retirado en un plazo no mayor a 24 horas después de su disposición final (Herrera et al., 2021).

Separación y trituración. Este proceso implica la segregación de diferentes tipos de residuos, como papel, plástico, vidrio, metal, y orgánicos, con el objetivo de maximizar la recuperación de materiales reciclables y reducir la cantidad de desechos destinados a vertederos (INACAL, 2015).

Disposición final. Los materiales sobrantes, los productos utilizados en CTA o CRED y todos los RCD derivados de la piedra que no puedan utilizarse por sus características físicas serán dispuestos en lugares aprobados por las autoridades ambientales pertinentes (Rocha, 2020)

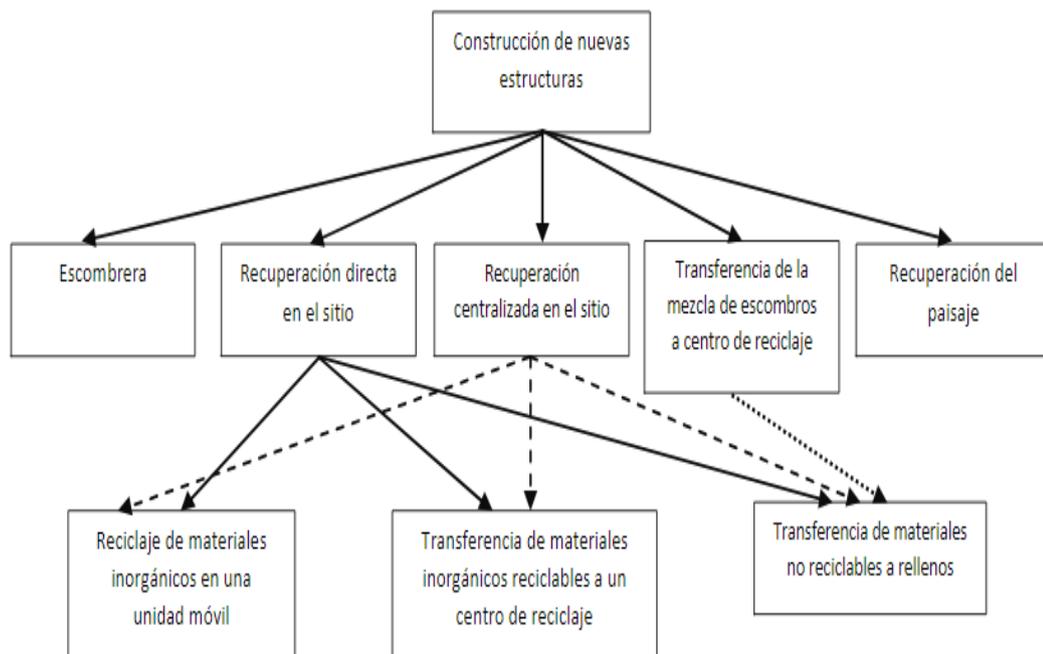
2.3.2. Residuos de concreto de demolición

Dentro de los RCD, aquellos compuestos por concreto sobresalen por su gran volumen. Existen cuatro áreas principales en las que se pueden reutilizar los residuos de concreto: la producción de concreto utilizando áridos reciclados como sustituto completo de los áridos naturales o en lugar de los áridos gruesos y finos; el uso en carreteras como material de base o de suelo; y el uso en la fabricación de artículos nuevos de excelente calidad (Domingo, 2002).

La investigación sobre la producción de concreto a partir de áridos reciclados se ha centrado principalmente en la determinación de las propiedades finales del concreto, pero existen muchos campos más disponibles por explorar, como su aplicación vial (Chica & beltrán, 2018).

Figura 5

Proceso de Disposición de Residuos de Construcción



Nota: En la construcción de nuevas estructuras hay ciertos procesos de disposición de residuos de construcción, mismos que se detallan en la figura, siendo el principal el traslado de la mezcla de escombros a centro de reciclaje. Tomado de (Mejía et al., 2013).

2.3.3. Estudio de mecánica de suelos

2.3.3.1.Suelo

Capa de la corteza terrestre constituida por material formado por la destrucción y/o alteración física y/o química de rocas y restos de los organismos (Palli, 2015). En general, se acepta que la descomposición de las rocas mediante diversos procesos de meteorización dando lugar a la formación de los llamados suelo. Además, factores químicos y biológicos contribuyen a la formación de distintos tipos de suelo, que se clasifican en varias formas y grupos. En particular, según la clasificación de la AASHTO, los suelos se dividen en dos grupos: suelos granulares y suelos limo-arcillosos de grano fino; estos últimos tienden a causar más problemas en la construcción de pavimentos (Ariza et al., 2016).

El suelo es un sistema natural en el que se interrelacionan materiales minerales, orgánicos, aire, agua y organismos vivos, que se originan a partir de la desintegración de las rocas superficiales y de la materia orgánica acumulada en la superficie de la tierra, modificados por la acción del clima y de los organismos. Resultado de la destrucción mecánica o química de rocas existentes. Colección de partículas minerales formadas como resultado de la destrucción de rocas, formando depósitos sueltos y granulares (Palli, 2015).

2.3.3.2.Tipo de suelos

Clasificación AASHTO “Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes”

Es ampliamente utilizada para categorizar los suelos de las carreteras. Esta metodología divide los suelos en siete grupos fundamentales, designados con los números del A-1 al A-7 (Bañon & Beviá, 2000).

Clasificación SUCS “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos”

Conforme a las normativas IRAM 10509 y ASTM D 2487 y 2488, es el más comúnmente utilizado en la ingeniería geotécnica. Se fundamenta en la gradación y en los límites de consistencia líquida y plástica de los suelos. Es empleado especialmente en el diseño de cimentaciones (Briones & Irigoín, 2015).

Tabla 3

Clasificación SUCS

Finos \geq 50% pasa malla #200 (0.08 mm)						
Tipo de suelo	Símbolo	Límite líquido	Índice de plasticidad (IP)			
Limos	ML	<50	<0.73 (WI-20) o <4			
inorgánicos	MH	<50	<0.73 (WI-20)			
Arcillas	CL	<50	<0.73 (WI-20) y <7			
inorgánicas	CH	<50	>0.73 (WI-20)			
Limos arcillas	OL	<50	** WI seco al horno \leq 75% del WI seco al aire			
orgánicas	OH	<50				
Orgánicos	PI	Material orgánico fibroso				
Gruesos < 50% pasa malla #200 (0.08 mm)						
Tipo de suelo	Símbolo	% Ret. malla N° 4	% pasa malla 200	CU	CC	**IP
Gravas	GW			>4	1 a 3	
	GP		<5	\leq 4	<16>3	
	GM	>50% de lo ret.				<0.73 (wl-20) o <4
	GC	En 0.08 mm	>12			<0.73 (wl-20) o <4
Arenas	SW			>6	1 a 3	
	SP		<5	\leq 6	<16>3	
	SM	< 50% de lo ret.				<0.73 (wl-20) o <4
	SC	en 0.08 mm	>12			<0.73 (wl-20) o <4

Nota: (Borselli, 2019).

Tabla 4*Sistema de Clasificación AASHTO*

Clasificación general	Granulares (<35% pasa por el tamiz N° 200)						Limoso arcilloso (>35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo:	A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6	
Porcentaje que pasa:											
N° 10 (2mm)	50 máx										
N° 40 (0.425mm)	30 máx	50 máx	51 mín		35 máx				36 mín		
N°200 (0.075mm)	15 máx	25 máx	10 máx								
Suelo que pasa por tamiz N° 40											
LL	6 máx		NP (1)	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
IP				10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Compuesto por:	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Uso como subbase	Excelente a bueno						Pobre a malo				

Nota: (Palli, 2015).

2.3.4. Estudio de canteras de suelo

2.3.4.1. Cantera

Una cantera es una reserva natural de materiales que se emplean en construcción, restauración y/o mejora de carreteras (MTC, 2018). El término “cantera” hace referencia a una ubicación geográfica específica donde se extraen agregados pétreos para su uso industrial (Arangurí, 2015). Anteriormente, la extracción de materiales de cantera tenía escaso interés, pero actualmente ha experimentado un notable aumento en los requisitos técnicos, principalmente debido a las responsabilidades ambientales. (Quispe & Yody, 2021).

La cantera a cielo abierto es una forma de minería a gran escala donde se extraen directamente del suelo materiales de construcción como piedra, grava, arena y otros agregados. Este tipo de cantera se determina por estar al aire libre y el material extraído de estas canteras se utiliza comúnmente para la obra de vías, edificaciones, y en obras de construcción civil, siendo el "afirmado" un término que se refiere al material utilizado para crear una base sólida y nivelada para dichas construcciones (Ticlla, 2021).

Figura 6

Cantera a Cielo Abierto



Nota: La cantera a cielo abierto está integrada por una serie de elementos mismos que se presentan en la figura tomada de (Ticlla, 2021).

2.3.4.2. Tipos de canteras

Una cantera es un sitio de donde se extraen materiales, como piedra, arena, grava o arcilla, generalmente para ser utilizados en construcción (García, 2005).

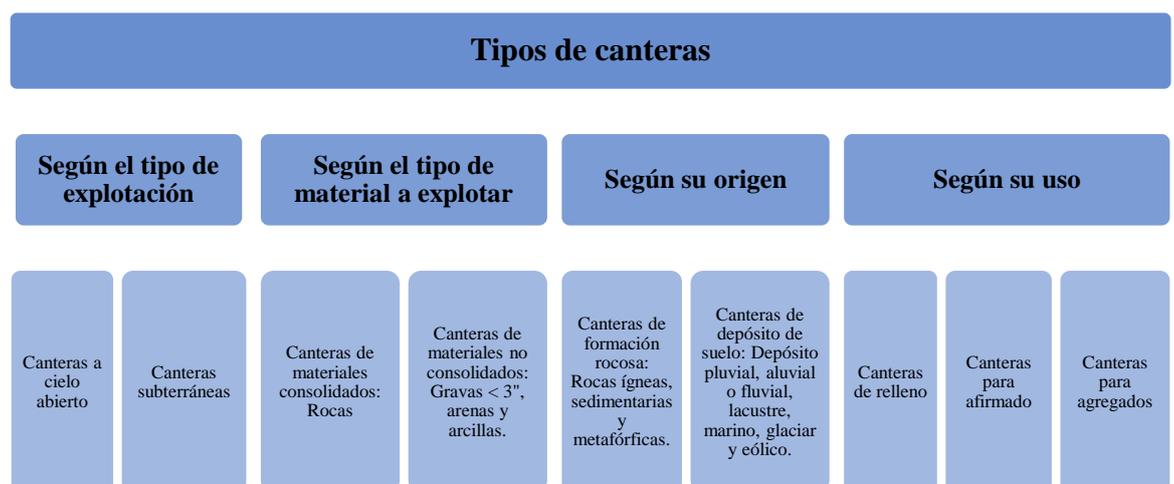
La clasificación de canteras se refiere al proceso de categorización de las canteras según diversos criterios, como la composición mineralógica de los materiales extraídos, la ubicación geográfica, el tipo de explotación, entre otros. (García, 2005).

Las canteras son sitios donde se lleva a cabo la extracción de diferentes tipos de materiales, ya sea consolidados como roca o no solidificados como superficies, áridos, terrazas aluviales y arcillas. Según (Reategui & Zavaleta, 2020), las canteras se pueden clasificar de varias maneras, entre ellas por su tipo de utilización, tipo de material extraído, origen y destino.

Según su destino, algunas canteras están consignadas a la obtención de materia prima para la edificación de vías, caminos y edificaciones

Figura 7

Tipos de Canteras



Nota: Los tipos de cantera se clasifican según diferentes criterios como el tipo de explotación, el tipo de material a explotar, su origen y su uso. Tomado de (Lorres, 2018).

2.3.4.3..Exploración, muestra y muestreo

Se ejecutará un número de cinco excavaciones de prueba en cada zona de una hectárea, con los puntos de excavación de prueba aproximadamente equidistantes entre sí para que la densidad de las excavaciones de prueba pueda aumentarse posteriormente si se considera oportuno (MTC, 2014).

Figura 8

Exploración, Muestreo y Muestra



Nota: En la parte superior se muestra el perfil estratigráfico, en la inferior izquierda la toma de muestra y a la derecha se observa la excavación con maquinaria de la calicata (Ticlla, 2021).

Las muestras pueden ser: (MTC, 2014)

- Muestra representativa. Contiene todos los materiales que forman parte de la formación geológica de la que ha sido extraída y que no han sufrido ninguna modificación química. Estas muestras sirven para establecer una categorización amplia, considerando sus propiedades distintivas.
- Muestras no representativas. No son representativas de una formación en particular, sino que sus partículas están mezcladas con partículas de otras formaciones o materiales y no son adecuadas para las pruebas de laboratorio.

2.3.5. *Propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo*

2.3.5.1. Propiedades físicas

Contenido de humedad. La humedad es la proporción de agua contenida en un material específico en comparación con su masa o volumen total. Este factor es crucial en disciplinas como la agronomía, la geología y la ingeniería civil, ya que impacta en características como la resistencia, la porosidad y la compactación del material (Surenta & Kummar, 2017).

$$H\% = \frac{W_a}{W_s} \times 100 \quad (9)$$

$$W_a = W_h - W_s \quad (10)$$

$$H\% = \frac{W_h - W_s}{W_s} \times 100 \quad (11)$$

Donde, H humedad, W_a peso del agua, W_s peso seco, W_h peso húmedo.

Partículas chatas y alargadas. Las partículas de suelo con una morfología plana y alargada en lugar de redondeada son conocidas como partículas alargadas. Estos fragmentos influyen en la compactación, así como en su capacidad para retener agua y su permeabilidad. Son de interés en la ingeniería de suelos para evaluar la estabilidad del terreno (Zhang et al., 2022).

$$Ca = \frac{m_a}{M} \times 100 \quad (12)$$

Donde, Ca por ciento en masa, m_a masa de las partículas con forma chata y alargada, M masa total de la muestra.

Equivalente de arena (EA). Indicador que describe la proporción de partículas de tamaño medio a grueso, típicamente de entre 0.05 mm y 2 mm, presentes en una muestra de suelo. Este parámetro es útil para evaluar la uniformidad y la composición granulométrica de los suelos, lo que influye en su capacidad de soporte y drenaje.

$$E.A. = \frac{A}{A+B} \times 100 \quad (13)$$

$$EA = \frac{\text{Altura de la capa de arena}}{\text{Altura total de la suspensión}} \times 100 \quad (14)$$

Este valor proporciona un índice de la cantidad de materiales finos y arcillosos en relación con las partículas de arena en la muestra.

Tabla 5

Categoría del Suelo de Acuerdo al EA

EA	> 40	20-40	<20
Plasticidad	Baja	Media	Alta

Nota: (MTC 2014).

Granulometría. El propósito es establecer la relación entre las distintas proporciones de componentes clasificados por tamaño de grano. En suelos de grano grueso y estructura simple las características más relevantes que influyen en su estabilidad son la densidad y el ángulo de grano. Es evidente que el análisis reticular no ofrece detalles sobre estos aspectos, pero proporciona una referencia sobre la distribución de tamaños de partículas. Una distribución granulométrica adecuada asegura un comportamiento satisfactorio del suelo bajo carga (Guevara & Salazar, 2021).

$$\% \text{ Ret. Acum.} = \frac{\text{Peso ret. acumulado}}{PT} \times 100 \quad (15)$$

$$\text{Peso que pasa} = PT - \text{Peso ret. acumulado} \quad (16)$$

$$\% \text{ Que pasa} = \frac{\text{Peso que pasa}}{PT} \times 100 \quad (17)$$

Límite de líquido. Contenido de agua a partir del cual el suelo pasa de plástico a líquido (Ramirez, 2016). Humedad por la que, una muestra de suelo se une al dar 25 golpes, representando la fluidez.

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right) 0.121 \quad (18)$$

$$LL = KW^n \quad (19)$$

Donde: N números de golpes, Wn humedad, K factor igual a 1, a 25 golpes.

Límite plástico. Es una propiedad física de los suelos que indica la humedad mínima en la que un suelo se convierte en un material plástico y maleable. En otras palabras, representa la humedad por debajo del cual un suelo pasa de un estado semisólido a uno sólido cuando se le somete a presión (Ramirez, 2016). Humedad en el cual el suelo adquiere una cierta consistencia, generalmente definida por la capacidad de formar un hilo de un diámetro estándar sin romperse.

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \quad (20)$$

Índice de plasticidad. Implica que el suelo permanece estable sin colapsar hasta alcanzar un cierto grado de humedad; la plasticidad del suelo está determinada únicamente por factores menores y no está influenciada por los factores mayores. Se calcula restando el límite de plasticidad al límite de liquidez. (Hernandez & Llerena, 2019).

$$IP = LL - LP \quad (21)$$

Tabla 6

Clasificación según el Índice de Plasticidad

IP	Plasticidad	Característica del suelo
>20	Alta	Muy arcilloso
7-20	Media	Arcilloso
<7	Baja	Poco arcilloso
=0	No plástico (NP)	Sin arcilla

Nota: (MTC 2014).

2.3.5.2. Propiedades mecánicas

Resistencia al desgaste (Abrasión los ángeles). Medición de la fractura de un agregado mineral de calidad estándar causada por una combinación de impactos como abrasión, impacto y aplastamiento en un tambor giratorio de acero que contiene un número especificado de bolas de acero (MTC, 2016).

$$D(\%) = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad (22)$$

Donde, el peso inicial es el peso del suelo lavado y secado al horno, antes de la prueba, y el peso final, peso del suelo que queda retenido en el tamiz N° 12 luego de la prueba.

Compactación. La compactación es el proceso de compactar el suelo reduciendo el volumen de huecos. Pero, este proceso depende en gran medida del contenido de agua. Si el contenido de agua es demasiado alto, se producen problemas como la humectación del suelo. El principal objetivo de la compactación del suelo es evitar que éste se deforme y degrade el rendimiento de las estructuras construidas sobre él, lo que requiere la energía de compactación de maquinaria especializada. Existen factores que afectan a la compactación, además del contenido de agua, se considera que la textura del suelo y la energía de compactación son otros factores que afectan directamente a la compactación (Delgado, 2021).

- **Máxima densidad seca.** Propiedad mecánica fundamental del suelo que describe la cantidad máxima de masa de suelo que puede ser compactada en una unidad de volumen específica bajo condiciones controladas de compactación. Se refiere al estado más compacto y denso que puede alcanzar el suelo sin considerar la presencia de agua. Esta densidad se determina generalmente en laboratorio mediante ensayos de compactación utilizando diferentes métodos estándar, como el ensayo Proctor.

$$yd = \frac{Yd,max}{1+w_{opt}w} \quad (23)$$

$$yd = \frac{G}{1+w} \quad (24)$$

Donde, Y_d es la densidad seca máxima del suelo (en unidades de masa/volumen), G es la masa específica del sólido del suelo (en unidades de masa/volumen), w es el contenido de humedad del suelo (como una fracción o porcentaje).

- **Óptimo contenido de humedad.** Nivel de humedad en el suelo en el cual se logra la máxima densidad seca durante el proceso de compactación. Es el punto en el que se obtiene la mayor densidad del suelo para una cantidad específica de energía de compactación, lo que resulta en una mayor capacidad de soporte y estabilidad para estructuras construidas sobre ese suelo.

Capacidad portante (CBR). Carga máxima que el suelo puede soportar antes de experimentar un hundimiento. En el diseño de carreteras, se emplea comúnmente el Índice de Soporte de California (CBR), el cual se determina mediante ensayos previos realizados en diversos tipos de suelo y se presenta en forma de tablas. El CBR se calcula como la relación entre la fuerza necesaria para que un pistón penetre a una profundidad específica en el suelo en evaluación y la fuerza para que el mismo pistón penetre a la misma profundidad en un suelo patrón compuesto por piedra triturada. Esta relación se define matemáticamente mediante una ecuación que compara las fuerzas requeridas para la penetración en ambos tipos de suelo (Delgado, 2021).

$$CBR = \frac{\text{Presión en muestra}}{\text{Presión en muestra patrón}} \times 100 \quad (25)$$

2.3.5.3. Propiedades químicas

Contenido de sales solubles

Las sales solubles son compuestos iónicos formados por la unión de un catión metálico y un anión no metálico que tienen la capacidad de disolverse en agua, lo que significa que se disocian en iones cuando se colocan en un medio acuoso. Estas sales pueden ser cloruros, sulfatos, nitratos, entre otros, y su solubilidad en

agua varía dependiendo de las condiciones de temperatura y presión, así como de las propiedades específicas de los iones que las componen.

La solubilidad de una sal soluble es una característica importante en numerosos procesos químicos y aplicaciones industriales (Nuñez, 2023).

El sulfato provoca una reacción de expansión que penetra en el cemento, provocando su agrietamiento y deterioro en toda la masa. Los cloruros hacen que los aceros del concreto armado se corroan, pierdan resistencia, aumenten de volumen y provoquen grietas en la sección transversal del concreto (Nuñez, 2023).

La ecuación que describe el contenido de sales solubles en términos de propiedades químicas puede variar dependiendo del contexto específico y de los componentes involucrados en la solución. Sin embargo, una forma general de expresar esta relación podría ser mediante la siguiente ecuación: (Gong & Britain, 2007).

$$\text{Contenido de sales solubles (\%)} = \frac{\text{Masa de sales solubles}}{\text{Masa total de la solución}} \times 100 \quad (26)$$

Por ejemplo, si tienes una solución que contiene 20 gramos de sales solubles en un total de 100 gramos de solución, el cálculo sería:

$$\text{Contenido de sales solubles (\%)} = \frac{20g}{100g} \times 100 = 20\% \quad (27)$$

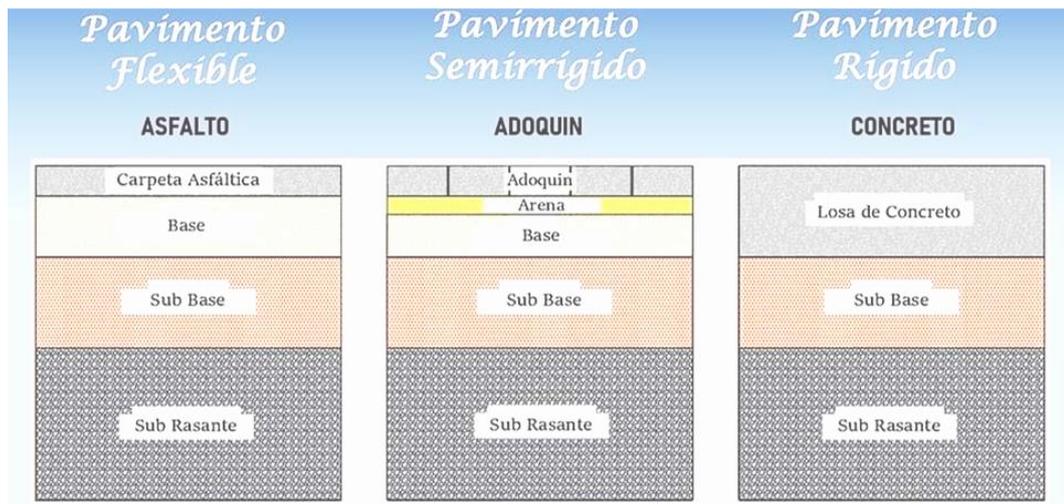
2.3.6. Capas de la carpeta de rodadura

Capas superiores de un pavimento o carretera que están en contacto directo con el tráfico vehicular. Estas capas están diseñadas para resistir el desgaste y la abrasión causados por la circulación de vehículos, así como para proporcionar una superficie de rodadura segura y confortable (Minaya & Ordóñez, 2006). La función principal de las capas es distribuir las cargas de tráfico de manera uniforme hacia las capas inferiores del pavimento, protegiendo así la estructura

del pavimento y prolongando su vida útil. Estas capas suelen estar compuestas por materiales específicos seleccionados por sus propiedades mecánicas, como durabilidad, adherencia y capacidad para disipar el agua de la superficie de la carretera (Lomparte et al., 2019).

Figura 9

Tipos de Pavimento



Nota: Se muestran las diferentes capas que componen los tres tipos de pavimento que se encuentran en una vía, tales como: flexible, semirrígido y rígido. Tomado de (Encalada & Galecio, 2021).

2.3.6.1. Superficie de rodadura no pavimentada

Subrasante. Es el suelo que sirve como base para el pavimento y puede influir en el rendimiento del pavimento a través de su resistencia. Recibe y resiste las cargas de tráfico transmitidas por el pavimento y distribuir las cargas de tráfico al cuerpo del terraplén según corresponda (Paine, 2017). La capa superior de la subrasante se realiza según lo previsto y sobre la cual se erige la estructura del pavimento, que estar constituida por una subbase, base, capa de concreto o asfalto, donde el material es granular, homologado, adoquines u otras capas granulares. (Lomparte et al., 2019).

Tabla 7*Categoría de Subrasante*

S	1	2	3	4	5
Subrasante	<3%	3-6	6-10	10-20	20-30
CBR	Inadecuada	Pobre	Regular	Buena	Muy buena

Nota: (Zavala, 2003).

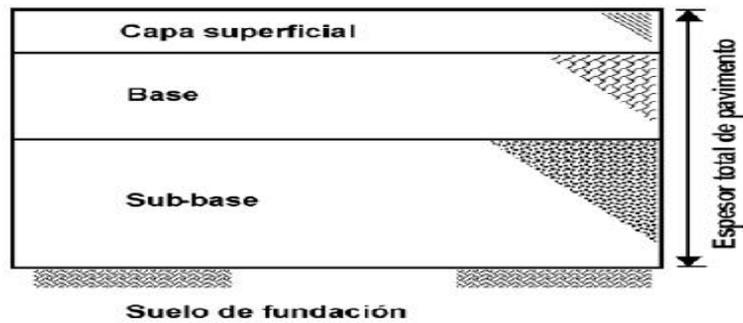
Afirmado. Es aquel revestimiento que está formado por capas compactas de materiales granulares preparados o convencionales con gránulos bien definidos que resisten directamente las cargas del taller y el transporte. Debe contener una proporción óptima de materiales finos y duros que mantengan unidas las partículas. En carreteras sin asfaltar y autopistas, se utiliza como superficie de rodadura (Gallejos & Palomino, 2021). Son estructuras fundamentales en la infraestructura urbana y rural, proporcionando una superficie sólida y transitable para vehículos, peatones y diversas actividades. Se definen como capas de materiales dispuestas sobre el terreno natural para soportar cargas y facilitar el desplazamiento. Estos pueden estar compuestos por una variedad de materiales, como concreto, asfalto, adoquines, piedra, entre otros, cada uno con sus propias características y ventajas (Khumar, 2001).

2.3.6.2. Superficie de rodadura pavimentada

Área de contacto entre los neumáticos de un vehículo y la superficie de la carretera sobre la que se desplaza. Esta zona es crítica para el rendimiento del vehículo, ya que proporciona tracción, estabilidad y capacidad de frenado. La calidad y las características de la superficie de rodadura tienen un impacto significativo en la eficiencia del viaje, la comodidad de los pasajeros y la durabilidad de los neumáticos. La textura del pavimento y las condiciones climáticas pueden influir en la adherencia y el comportamiento de los neumáticos sobre esta superficie (Lukoševičius et al., 2021).

Figura 10

Capas de una Vía Pavimentada



Nota: Se presenta un diagrama de la estructura de la superficie de rodadura del pavimento integrado por la capa subbase, base y la capa superficial. Tomado de (Gonzalo & Pedro, 2007).

Subbase. Se compone de materiales estructurales y se coloca sobre la capa de tierra. El objetivo de utilizar una capa de subbase es aumentar el módulo resistente del suelo, lo que significa reducir el espesor de la capa base. La finalidad de esta capa es corregir las irregularidades y defectos de la capa de cimentación (Lomparte et al., 2019)

Capa base. El propósito de esta capa es absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas vehiculares y distribuirlos uniformemente sobre la base y la subrasante. Este elemento debe ser resistente a las variaciones de humedad y temperatura y no debe provocar cambios volumétricos destructivos en la estructura del pavimento (Lomparte et al, 2019).

2.3.7. Subbase granular: definición y requisitos técnicos

2.3.7.1. Subbase granular

La subbase granular es una capa estructural clave en carreteras y otras infraestructuras. Se coloca directamente sobre la base de la carretera y debajo de la capa de base asfáltica o de concreto. Su función principal es proporcionar un lecho estable y resistente que distribuya uniformemente las cargas del tráfico hacia el terreno subyacente, evitando así la deformación y el asentamiento

prematureo de la carretera. Las subbases granulares es un elemento estructural del firme destinado a distribuir las cargas del tráfico. Para cumplir esta tarea, debe tener las propiedades necesarias (Rodríguez et al., 2006).

2.3.7.2. Tipos de subbase granular

Dependiendo del tipo de pavimento, las subbases se clasifican en: (Rodríguez et al., 2006).

Tabla 8

Clasificación de las Subbases Según el Tipo de Pavimento

Subbase para pavimento flexible	Subbase para pavimento rígido
Se hace referencia a una capa de materiales específicos ubicada entre la base y la subrasante, cuyos objetivos son los siguientes:	Se trata de una capa situada entre la losa de concreto hidráulico y la subrasante, cuyos propósitos son los siguientes:
<ul style="list-style-type: none"> – Transferir de manera efectiva los esfuerzos recibidos por la base al suelo de la subrasante. – Servir como una transición entre capas. – Mitigar los efectos negativos de los cambios de volumen en la subrasante. 	<ul style="list-style-type: none"> – Prevenir el fenómeno de bombeo. – Ofrecer un soporte uniforme a las losas. – Servir como superficie de tránsito. – Reducir los efectos negativos de los cambios de volumen en la subrasante.

Nota: (Rodríguez et al., 2006) .

2.3.7.3. Funciones de la subbase granular

La subbase granular cumple varias funciones importantes: (García, 2005)

- Soporte estructural: Distribuye las cargas del tráfico de manera uniforme hacia el suelo subyacente, reduciendo así la posibilidad de asentamiento diferencial y deformación de la carretera.
- Drenaje: Facilita el drenaje del agua de la superficie de la carretera, evitando la acumulación de humedad que podría debilitar la estructura de la carretera y causar daños.
- Mejora de la resistencia: Proporciona una base sólida y estable para la capa de base asfáltica o de concreto, mejorando la resistencia global de la carretera.

- Protección contra heladas: Ayuda a prevenir los daños causados por las heladas al permitir que el agua se drene rápidamente, reduciendo así el riesgo de congelación y expansión del suelo.

2.3.7.4. Compuestos de la subbase granular

Esta capa se compone típicamente de materiales granulares como grava, piedra triturada o escoria, que se compactan para formar una superficie sólida y uniforme. La granularidad de estos materiales permite una buena capacidad de drenaje, lo que es crucial para evitar la acumulación de agua y la erosión, especialmente en áreas con alta precipitación pluvial.

2.3.7.5. Requisitos técnicos de la subbase granular

Los requisitos técnicos para una Subbase Granular suelen incluir (García, 2005):

- Granulometría adecuada: Garantiza una buena compactación y resistencia mediante una distribución apropiada del tamaño de partículas.
- Capacidad de drenaje: Debe permitir un drenaje eficiente para evitar la saturación del suelo y el debilitamiento de la estructura y Capacidad de carga: Debe soportar las cargas del tráfico vehicular sin deformarse excesivamente.
- Estabilidad: Debe mantener su integridad estructural ante cargas repetidas y cambios climáticos.
- Compactación adecuada: Requiere una compactación adecuada para garantizar su resistencia y estabilidad a largo plazo.
- Durabilidad: Debe ser resistente a la erosión y al desgaste para mantener su integridad a lo largo del tiempo.

Tabla 9*Gradación para Subbase Granular*

Tamiz mm (")	Porcentaje que pasa en peso de cada gradación			
	D	C	B	A (1)
50 (2")			100	100
25 (1")	100	100	75 – 95	
9.5 (3/8")	60 – 100	50 – 85	40 – 75	30 – 65
4.75 (N° 4)	50 – 85	35 – 65	30 – 60	25 – 55
2 (N° 10)	40 – 70	25 – 50	20 – 45	15 – 40
0.425 (N° 40)	25 – 45	15 – 30	15 – 30	8 – 20
0.075 (N° 200)	8 – 15	5 – 15	5 – 15	2 – 8

Nota: (1) A para zonas con altitud superior a 3000 msnm. EG-2013 (MTC, 2015, p. 360).

Tabla 10*Características Técnicas de una Subbase Granular*

Propiedad	< 3000 msnm	>3000 msnm	
Sales solubles	1%	1%	máx.
Abrasión los Ángeles	50%	50%	máx.
CBR (1)	40%	40%	mín.
IP	6%	4%	máx.
LL	25%	25%	máx.
Partículas chatas y alargadas	20%	20%	máx.
EA	25 %	35%.	mín.

Nota: (1) referido al 100% de la MDS y penetración de carga de 0.1" EG-2013 (MTC, 2015).

2.3.8. Base granular: definición y requisitos técnicos

La base granular es una capa delgada de material granular colocado sobre la subbase de una carretera o pavimento. Esta capa proporciona soporte estructural al pavimento y ayuda a distribuir las cargas de tráfico de manera uniforme hacia la subrasante. La base granular se utiliza para mejorar la resistencia y estabilidad del pavimento, así como para proporcionar un drenaje adecuado y prevenir la deformación permanente (MTC, 2015).

Las bases granulares se refieren a capas de material granular compactado que proporcionar soporte estructural y distribuir las cargas de tráfico de manera

uniforme en un pavimento. Estas capas están compuestas principalmente de agregados pétreos de diversos tamaños y graduaciones, como grava, arena y piedra triturada, y pueden incluir materiales estabilizantes como cemento o asfalto. (Instituto Mexicano del Transporte (IMT), 2016)

Los requisitos varían según las especificaciones de diseño de cada proyecto, pero suelen cumplir de forma general con los requisitos de calidad de la Sección 403 de la EG-2013 (MTC, 2015).

Tabla 11

Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular

Ejes equivalentes (EE)	CBR mínimo
$EE \leq 10 \times 10^6$	80%
$EE > 10 \times 10^6$	100%

Nota: (MTC, 2014).

2.3.9. Subbase y/o base granular tratada

Esta subbase se forma típicamente mediante la combinación de dos materiales: el suelo natural del sitio y algún tipo de material granular adecuado, como grava, piedra triturada o arena.

La subbase y/o base granular tratada se refiere a una capa de material granular compactado que se coloca debajo de la base del pavimento y que ha sido tratada con algún agente estabilizante para mejorar sus propiedades mecánicas y estructurales. Este tratamiento puede incluir el uso de cemento, asfalto, emulsiones bituminosas u otros aditivos para fortalecer y estabilizar el material granular. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015)

Capas de material granular compactado que se colocan debajo de la base del pavimento y se tratan con aditivos o estabilizadores para mejorar sus propiedades de resistencia y durabilidad. Estos materiales tratados pueden incluir agregados

pétreos como grava o piedra triturada, mezclados con cemento, asfalto u otros estabilizantes. (Instituto MExicano del Transporte (IMT), 2016)

El proceso de tratamiento de la subbase implica mezclar el suelo natural con el material granular en proporciones específicas y luego compactarlo. Esta técnica se utiliza para fortalecer el suelo existente y proporcionar una base sólida y estable para el pavimento (Gallejos & Palomino, 2021).

La importancia es fundamental para garantizar la estabilidad y durabilidad de la superficie de rodadura. Estas capas proporcionan soporte estructural al pavimento, y ayudan a prevenir la deformación permanente del terreno subyacente.

2.4. Hipótesis

Ho: La subbase granular formada con suelo de la cantera El Suro no modifica su comportamiento físico, químico y mecánico cuando se combina con residuos de concreto de demolición (No hay diferencia significativa entre las propiedades de acuerdo al porcentaje de residuos de concreto en la subbase granular).

H1: La subbase granular formada con suelo de la cantera El Suro modifica su comportamiento físico, químico y mecánico cuando se combina con residuos de concreto de demolición (Hay diferencia significativa entre las propiedades de acuerdo al porcentaje de residuos de concreto en la subbase granular).

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. Variable independiente: Residuos de concreto de demolición

Los “Residuos de concreto de demolición” aumentan la capacidad de soporte al ser adicionados al material de afirmado. Son aquellos desechos de la demolición de edificaciones con elementos estructurales y no estructurales que utilicen concreto tales como columnas, vigas, losa, pisos, entre otros, así mismo, también incluye concreto obtenido de la demolición de losas de pavimento, reservorios,

puentes, entre otros, no obstante, en Chota, es más común la demolición de edificaciones. Los residuos de concreto se entenderán como el agregado reciclado obtenido de la trituración de elementos fabricados con concreto, mezcla de aglomerados y aglomerantes.

De esta variable se ha tenido como indicador la dosificación y gradación del material, debido a que son las dos características a tomar en cuenta para la elaboración de subbases granulares tratadas.

2.5.2. Variable dependiente: Subbase granular tratada

Una subbase granular es el material de cantera o de la combinación de varias canteras que cumple con ciertas características específicas, siendo la más importante un CBR mayor a 40%, cuando la subbase granular no cumple con las características requeridas, es tratada o mejorada con la adición de otro componente, en este caso residuos de concreto.

La “Subbase granular tratada” representa el análisis de las propiedades físicas, mecánicas y químicas que debe tener una subbase granular para satisfacer la EG-2013 (MTC, 2015), con la finalidad de que pueda ser usada en la conformación de la capa de rodadura, o en defecto tener un material con mayor calidad para su uso en la superficie de carreteras no pavimentadas.

Tabla 12

Matriz de Operacionalización

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición conceptual	Definición operacional	
				Indicadores	Ítem
VI Residuos de concreto de demolición	Desechos de la demolición de infraestructura con elementos estructurales y no estructurales que utilicen concreto.	Dosificación	Cantidad de material a utilizar respecto al peso	Dosis de combinación	%
		Propiedades físicas	Características del residuo que influyen en la mezcla	Gradación	%
VD Subbase granular tratada	Análisis de las propiedades físicas, mecánicas y químicas que debe tener una subbase granular para satisfacer los requerimientos de la EG-2013 (MTC, 2015), a fin que pueda ser utilizada en la capa de rodadura o en defecto tener un material con mayor calidad para carreteras no pavimentadas.	Propiedades físicas del material	Características propias del material granular que determinan su proporción, plasticidad, y cantidad de suelo según tipo	Gradación	%
				Límite líquido	%
				Límite plástico	%
				Índice de plasticidad	%
				Equivalente de arena	%
		Partículas chatas y alargadas	%		
		Propiedades químicas del material	Características que definen la presencia de componentes químicos externos	Contenido de sales solubles	%
				Óptimo contenido de humedad	%
				Máxima densidad seca	g/cm3
				Desgaste por abrasión	%
Capacidad de soporte (CBR)	%				
Propiedades mecánicas del material	Características que definen la resistencia mecánica del material granular frente a la carga vehicular				

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

El enfoque es cuantitativo porque buscó recopilar datos numéricos y medibles para analizar y evaluar la subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición en la cantera El Suro, Chota. Este enfoque permitió obtener resultados precisos y objetivos, gracias al uso de instrumentos y técnicas de recolección de datos cuantitativos como las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la subbase tratada con residuos de concreto demolido.

Además, fue de tipo aplicada porque buscaba generar conocimiento y soluciones prácticas a un problema específico. En este caso, se buscaba valorar el uso de residuos de concreto en la subbase granular como una alternativa más sostenible y económica en la construcción de carreteras. Los resultados pueden ser aplicados en la práctica para mejorar los procesos constructivos y reducir la generación de residuos. Por ello, los datos numéricos obtenidos se compararon con el manual EG-2013 (MTC, 2015) para verificar si cumplían con los requisitos físico mecánicos y químicos.

Por último, se encontró en el nivel explicativo, ya que buscaba identificar la relación entre el tratamiento de residuos de concreto de demolición en la subbase granular y su efecto en la resistencia y estabilidad de la misma. Se pretendió explicar de manera causal cómo el uso de estos residuos podía influir en las propiedades de la subbase granular, permitiendo así tomar decisiones informadas sobre su implementación en proyectos de construcción.

Tabla 13*Tipo de Investigación*

Criterio	Tipo de investigación
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Estrategia o enfoque metodológico	Cuantitativa
Finalidad	Aplicada
Objetivos	Explicativa
Control de diseño de la prueba	Experimental
Fuente de datos	Primaria
Contexto donde sucede	Laboratorio, campo

Nota: (Grajales, 2000).

3.2. Diseño de investigación

El diseño fue experimental de corte transversal con grupo de control porque se compararon las derivaciones obtenidas mediante la aplicación de dos tratamientos diferentes en la subbase granular: el uso de residuos de concreto de demolición y el uso de material convencional. Se ha planteado la formación de nuevas mezclas suelo: residuos de concreto, en dosificaciones complementarias de 100% - 0%, 90% -10%, 70% - 30% y 50% - 50% respecto al peso del suelo seco, que han sido analizadas física, mecánica y químicamente.

Además, la investigación fue descriptiva causal simple porque buscó describir y explicar la relación causal entre el tratamiento aplicado y los resultados obtenidos en la subbase granular. Se buscó determinar si el uso de residuos de concreto de demolición mejora las propiedades y el comportamiento de la subbase granular en comparación con el material convencional, para verificar si la base tratada cumple con la EG-2013 (MTC, 2015). Por último, fue de corte transversal porque se recopilaban los datos en un solo momento.

$$M \leftarrow XY \tag{4}$$

Donde, se muestra el tratamiento X, en este caso los residuos de concreto, para la subbase tratada, con efecto Y, en sus propiedades físicas, mecánicas y químicas, objeto en la presente investigación, para la descripción de los resultados.

3.3. Métodos de investigación

La investigación ha usado el método lógico deductivo e inductivo.

El método lógico deductivo se ha utilizado para establecer las bases teóricas y conceptuales sobre el tema de estudio. Se ha realizado una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el uso de residuos de concreto en subbases granulares. A partir de esta revisión, se han elaborado hipótesis y se ha definido un marco teórico que guía el proceso de investigación.

Por otro lado, se ha utilizado el método lógico inductivo para recolectar datos empíricos y realizar análisis detallados de los mismos. Se han llevado a cabo ensayos para evaluar las propiedades de la subbase tratada. Basándose en estos datos experimentales, se han elaborado conclusiones y se ha establecido si las hipótesis planteadas se confirman o se refutan.

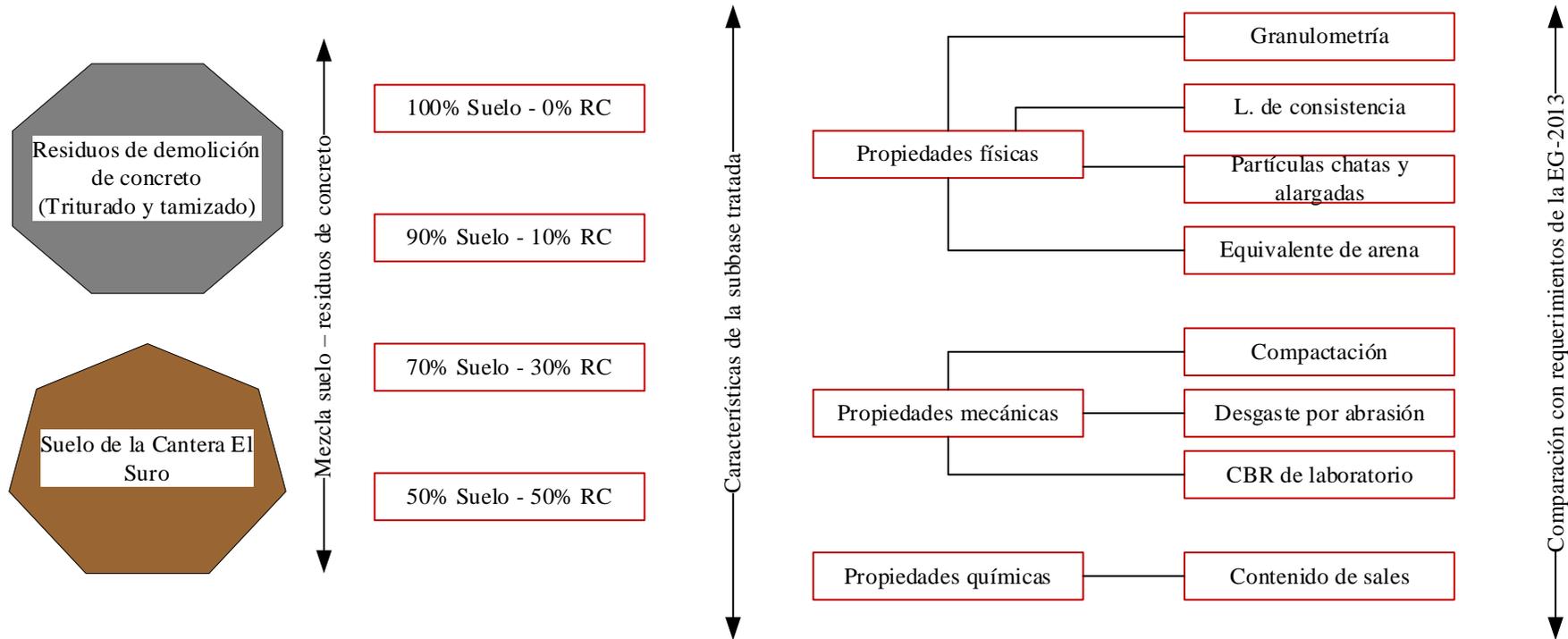
El uso combinado de los métodos lógico deductivo e inductivo ha permitido a los investigadores examinar el problema desde diferentes perspectivas: teórica (con la aplicación de la teoría de mezclas), empírica (con la recolección de datos a través de lo observado), práctica (porque se ha analizado el problema desde el punto de vista de la aplicación práctica del material granular en subbases), técnica (porque se determinan sus propiedades físicas, químicas y mecánicas de acuerdo a la EG-2013), ética (porque considera las implicaciones morales y éticas del problema y sus posibles soluciones) y ambiental (con el uso de residuos de concreto); y los niveles de abstracción, conceptual (se enfoca en conceptos abstractos y teorías que subyacen para entender el problema de

investigación y poder utilizar esta información durante el desarrollo del estudio) y operacional (se concentra en los procedimientos, prácticas y métodos específicos para evaluar el uso de residuos de concreto en el material de afirmado para producir una subbase granular). La deducción ha permitido establecer una guía teórica y conceptual, mientras que la inducción ha permitido recolectar datos objetivos y realizar conclusiones basadas en la evidencia empírica.

Por tanto, se enmarcado en la comprobación de la hipótesis a través de deducciones particulares de un conocimiento general, y viceversa yendo de un conocimiento particular a una conclusión general por medio de la inducción, siendo así, se ha deducido e inducido el comportamiento del material de afirmado con RCD para formar una subbase granular tratada.

Figura 11

Esquema del Diseño de Investigación Descriptivo Causal Simple



Nota: En el gráfico se distingue el proceso de análisis de las variables en estudio por medio de mezclas, para determinar sus propiedades físicas mecánicas y químicas a fin de compararlo con la EG-2013, en un medio causal descriptivo simple.

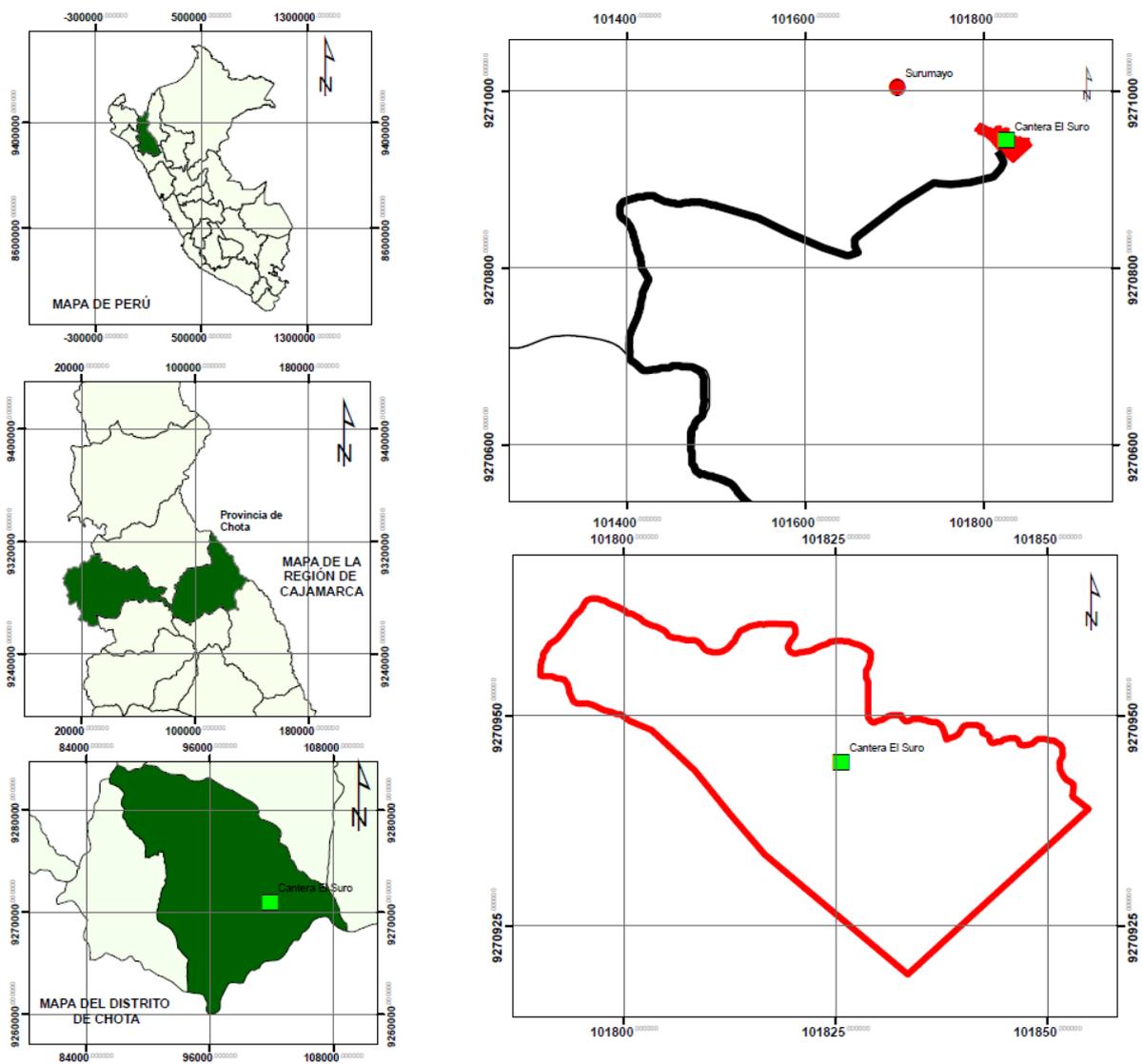
3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Las subbases granulares tratadas con residuos de construcción y demolición (RCD) en combinación con el suelo de la cantera El Suro en dosificaciones de 0%-100%, 10%-90%, 30%-70% y 50%-50%.

Figura 12

Cantera El Suro, Distrito de Chota



Nota: La cantera El Suro se ubica en las coordenadas UTM WGS84 17S 765436.83 m E, 9271742.53 m S, a 2974 msnm, en la comunidad San Juan del Suro, Chota, Cajamarca.

3.4.2. *Diseño muestral*

El muestreo fue no probabilístico, donde las dosificaciones de mezcla se definieron en base a los antecedentes de estudio; mientras que, el tipo, número y frecuencia de pruebas de laboratorio a realizar para una base granular tratada, independientemente de la combinación (proporción de mezcla), se definió de acuerdo a los manuales del MTC. En el manual de suelos y pavimentos (MTC, 2014) en el capítulo V “Fuentes de material” se dan los lineamientos para el muestreo de suelos de cantera de suelo en explotación, donde se especifica cinco calicatas por ha de terreno en canteras naturales y muestras del perfil de talud en canteras en explotación. Mientras que, en el manual “EG-2013” (MTC, 2015) se especifica aquellos criterios que debe cumplir una subbase granular por lo que, de este manual se han definido las pruebas de laboratorio (granulometría, límites de consistencia, equivalente de arena, partículas chatas y alargadas, sales solubles, abrasión Los Ángeles y CBR) que se aplicaron al material granular.

3.4.3. *Muestra*

Se han elaborado 28 probetas (4 probetas para prueba de compactación y 3 probetas para prueba de CBR) y 60 muestras (3 para granulometría, 3 para LL, 2 para LP, 3 para EA, 1 para partículas chatas y alargadas, 2 para sales solubles y 1 para abrasión) de subbase granular tratada en cuatro combinaciones (proporciones de mezcla) de residuos de concreto (RC) y suelo de la cantera El Suro, en proporciones de 0%-100%, 10%-90%, 30%-70% y 50%-50%, para determinar sus propiedades en base a ensayos de laboratorio, para verificar que cumplan con la EG-2013 (MTC, 2015).

Tabla 14*Muestras para Pruebas en la Subbase Tratada con Residuos de Concreto*

Prueba	Residuos de concreto (%)				Total
	0	10	30	50	
Granulometría	3	3	3	3	12
LL	3	3	3	3	12
LP	2	2	2	2	8
EA	3	3	3	3	12
Partículas chatas y alargadas	1	1	1	1	4
Contenido de sales solubles	2	2	2	2	8
Abrasión (Desgaste)	1	1	1	1	4
Proctor modificado (Compactación)	4	4	4	4	16
CBR de laboratorio	3	3	3	3	12

Nota: Se ha determinado la cantidad de muestras por prueba de acuerdo a las NTP convenientes a cada prueba.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de los datos

Ensayos de laboratorio. Esta técnica de recolección de datos consiste en llevar a cabo pruebas y análisis en un ambiente controlado de laboratorio. En este caso, se han realizado ensayos para determinar las propiedades del suelo, los residuos de concreto y las mezclas de suelo y residuos de concreto.

Observación. Esta técnica implica observar y registrar de manera sistemática el proceso de recolección del suelo de la cantera y los residuos de concreto en la edificación a ser demolida y/o en el vertedero. Esto incluye observar cómo se realiza la extracción del suelo y los residuos, el proceso de triturado de los residuos para obtener concreto reciclado, y cualquier otro aspecto relevante para la investigación. Esta técnica ha involucrado el uso de herramientas como cámaras fotográficas, grabadoras de vídeo y notas de campo.

Combinación de mezclas. Esta técnica consiste en preparar diferentes mezclas de suelo y residuos de concreto en el laboratorio y evaluar sus propiedades y

características. Esto incluye la utilización de diferentes ratios de suelo y residuos, variando las proporciones y la granulometría de los residuos de concreto para cumplir con el huso granulométrico de una subbase granular (EG-2013).

Comparación. Esta técnica implica tomar los datos obtenidos de las pruebas realizadas en la base granular tratada con la combinación de suelo y residuos de concreto, y compararlos con los estándares dados por la especificación EG-2013 (MTC, 2015). Esto ha permitido evaluar si la base granular tratada cumple con los requisitos y criterios de diseño establecidos por dicha especificación, lo que ha ayudado a determinar la viabilidad y efectividad de la utilización de los residuos de concreto en este tipo de aplicación.

3.5.2. Instrumentos para la recolección de los datos

Informe de laboratorio. Consiste en un informe detallado que registra los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio para evaluar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición. Estos ensayos han incluido pruebas de gradación, compactación, CBR, límites de plasticidad, sales solubles, equivalente de arena, contenido de humedad, entre otros.

Cuaderno de campo. Instrumento donde se anota lo observado y actividades realizadas durante el proceso de recolección del suelo y los residuos de concreto de demolición triturados para obtener una base granular tratada. Esto incluye detalles sobre la ubicación de la cantera, las medidas tomadas para la extracción del suelo y los residuos de concreto, la manera en que se trituraron los RCD, entre otros aspectos relevantes del proceso.

Formato de combinación. Consiste en un formato que permite registrar la combinación de materiales para formar la base tratada. En este formato se

registran las proporciones de suelo y residuos de concreto utilizados, pero también la gradación del material utilizado. Esto permite tener un registro claro de las características de la base tratada y facilita la comparación de resultados.

Matriz de comparación. Es una tabla resumen que se utiliza para concertar los resultados acerca de la base granular tratada con los criterios establecidos en la especificación técnica EG-2013. La matriz incluye los resultados de los diferentes ensayos en la base tratada; esto ayuda a determinar si la base tratada es adecuada para su uso en la construcción de carreteras o proyectos similares.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.6.1. Proceso de obtención de los datos

3.6.1.1. Descripción de la cantera

La cantera El Suro se ubica en las coordenadas UTM WGS84 17S 765436.83 m E, 9271742.53 m S, a 2994 msnm, en la comunidad San Juan del Suro, Chota, Cajamarca. El suelo de la cantera El Suro se extiende en 0.10 ha en un perímetro de 0.19 km y pertenece al Sr. Belizario Fustamante Idrogo. Se puede acceder a la misma, por la carretera Chota – Nuevo Oriente, a 8.85 km de la ciudad de Chota, esta cantera se utiliza para conformar la capa de rodamiento de las carreteras Chota a Cuyumalca, San Juan del Suro, La Capilla, San Pedro, Nuevo Oriente, Progresopampa, Cañafisto, Centro Cañafisto, entre otros.

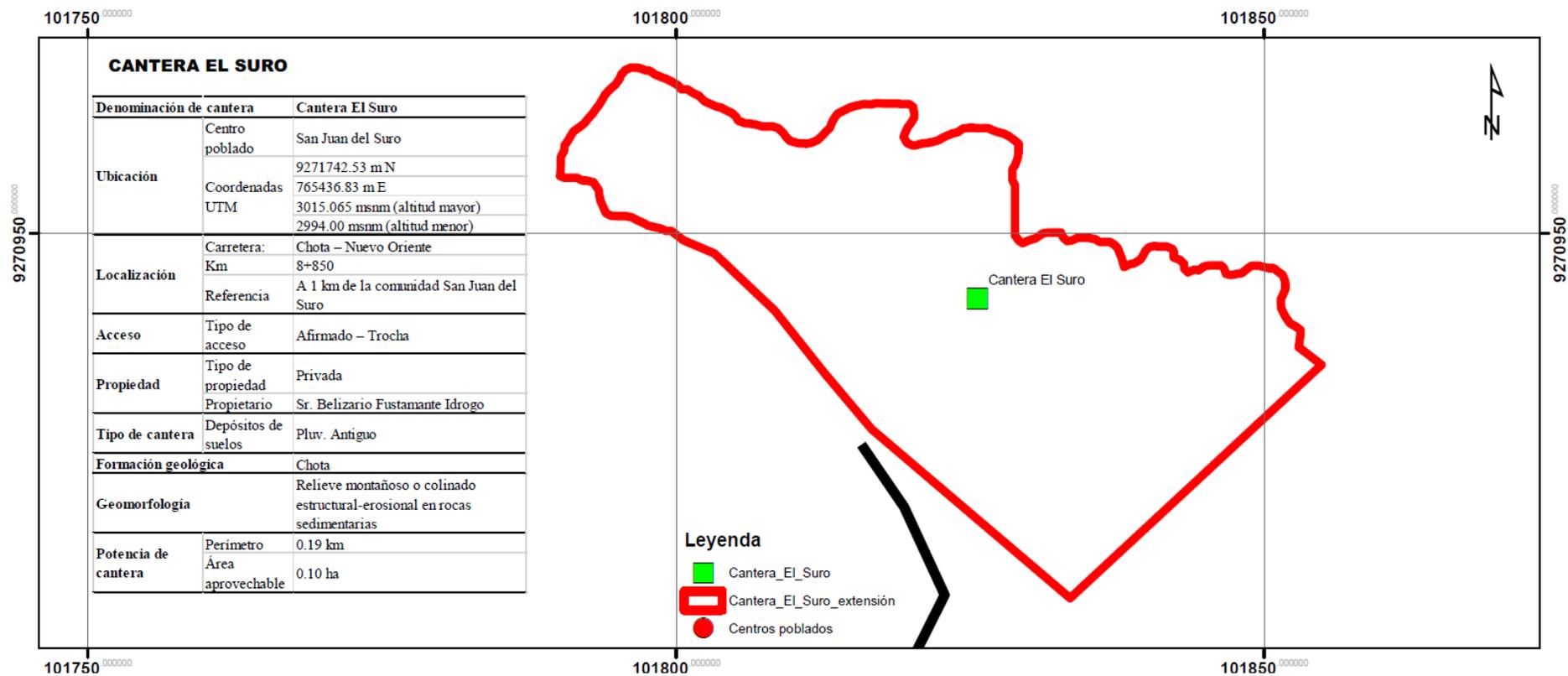
Tabla 15*Características Generales de la Cantera El Suro*

Denominación de cantera		Cantera El Suro
Ubicación	Centro poblado	San Juan del Suro
	Coordenadas UTM	9271742.53 m N
		765436.83 m E
		3015.065 msnm (altitud mayor) 2994.00 msnm (altitud menor)
Localización	Carretera:	Chota – Nuevo Oriente
	Km	8+850
	Referencia	A 1 km de la comunidad San Juan del Suro
Acceso	Tipo de acceso	Afirmado – Trocha
Propiedad	Tipo de propiedad	Privada
	Propietario	Sr. Belizario Fustamante Idrogo
Tipo de cantera	Depósitos de suelos	Pluv. Antiguo
Formación geológica		Chota
Geomorfología		Relieve montañoso o colinado estructural-erosional en rocas sedimentarias
Potencia de cantera	Perímetro	0.19 km
	Área aprovechable	0.10 ha

La cantera El Suro se encuentra geológicamente en la formación Chota, era mesozoico, periodo cretáceo, época superior, tipo de roca sedimentaria, litología areniscas, lutitas, conglomerados, unidad hidrográfica acuífero poroso consolidado y geomorfológicamente pertenece al relieve montañoso o colinado estructural-erosional en rocas sedimentarias, definido a partir del mapa shapefile obtenido del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMENT) a través de la página web Geo GPS (Geo GPS Perú, 2023).

Figura 13

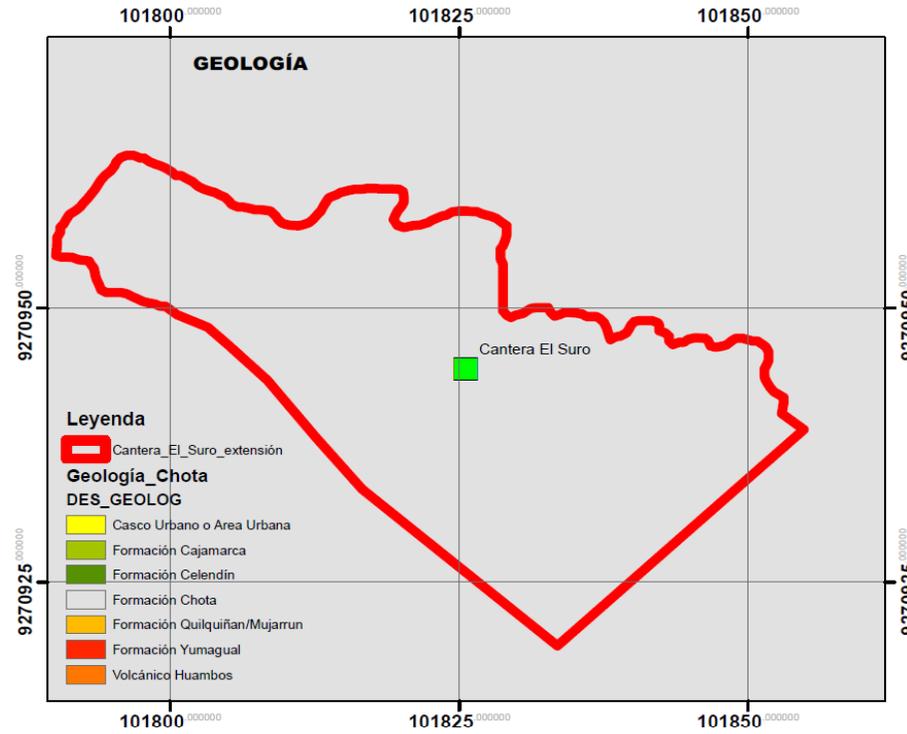
Cantera El Suro, Distrito de Chota



Nota: En el mapa de la cantera el Suro se detallan sus características, mismas que se presentan en la Tabla 15.

Figura 14

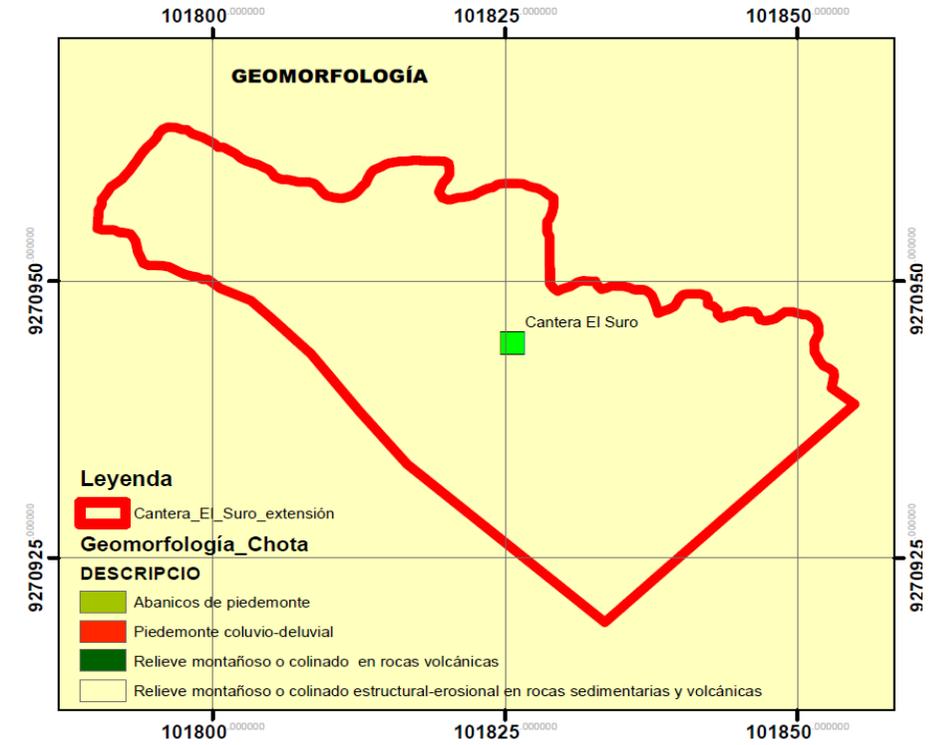
Geología de la Cantera El Suro



Nota: La geología de la cantera El Suro está conformada en su totalidad por la formación Chota.

Figura 15

Geomorfología de la Cantera El Suro



Nota: Geomorfológicamente la cantera El Suro se encuentra en el relieve montañoso o colinado estructural-erosional en rocas sedimentarios y volcánicas.

3.6.1.2.Recolección de suelo de la cantera

La exploración, el muestreo y la toma de muestras de suelo son procesos preliminares de investigación del suelo cuyo objetivo es expresar las peculiaridades del lugar y obtener muestras de suelo para realizar pruebas (MTC, 2014). Siendo así, en el estudio se han seguido tales procesos para obtener muestras de suelo representativas de la cantera El Suro en el distrito de Chota.

a) Exploración y reconocimiento

De acuerdo al MTC (2014) es el reconocimiento del área de estudio, recopilando datos de extensión, ubicación y propiedad. En este caso se ha recopilado información esencial de la cantera, misma que se detalla en el acápite anterior 3.6.1.1.

Figura 16

Vista de la Cantera El Suro de Chota



Nota: En la fotografía se observa la vista general de la cantera El Suro.

b) Muestro de la cantera El Suro

El muestreo es un proceso de excavación de pozos o zanjas (5 calicatas por ha) de las que se toma muestras con barrenos o muestreadores (MTC, 2014). No obstante, Hernández (2010) afirma que si una cantera está en excavaciones se debe tomar una muestra característica del agregado acopiado o del perfil del talud. En el caso de la cantera El Suro (de 0.10 ha de extensión), actualmente, se está extrayendo material de la cantera para vías del noreste de Chota, por lo que las muestras de suelo se tomaron del perfil con ayuda de maquinaria pesada (excavadora) que realiza extracción de material en la cantera y de forma mecánica con palas de la parte donde se tenía acumulado el material granular.

Figura 17

Proceso de Muestreo del Suelo de El Suro



Nota: Al ser una cantera en explotación se muestreo del perfil del talud con maquinaria pesada.

c) Muestra de suelo la cantera El Suro

Se ha recolectado en campo cinco sacos de 50 kg de suelo para todas las proporciones de mezclas y combinaciones con RCD, a fin de poder realizar las respectivas pruebas de laboratorio.

3.6.1.3. Ensayos físicos, mecánicos y químicos a la subbase granular natural

Para conocer las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la subbase granular natural se llevaron las muestras de suelo al laboratorio CIEXLIAN S.R.L. de Chota, donde se realizaron los respectivos ensayos al suelo natural.

a) NTP 339.128 Granulometría (INACAL, 2019)

Elementos necesarios

- 500 gramos de suelo fino y 1000 gramos de suelo más grueso.
- Balanza precisa hasta 0.1 g.
- Colección de tamices.
- Horno.

Metodología

- Inicialmente, la muestra se secó y se tomó su peso.
- Se mezcló el suelo con agua en un contenedor y se dejó en reposo durante una hora.
- Luego, se filtró el suelo a través del tamiz número 200, se transfirió a otro contenedor y se dejó secar.
- El residuo que quedó en el tamiz número 200 se sometió a un proceso de tamizado manual con un conjunto de tamices.
- Finalmente, se calculó el peso y los porcentajes retenidos en cada tamiz.

b) NTP 339.127 Humedad (INACAL, 2019)

Elementos y herramientas

- Muestra alterada obtenida de cada excavación de sondeo.
- Balanza con precisión hasta 0.01 gramos.
- Horno con regulación de temperatura.
- Recipientes para pesar (taras).

Metodología

- Primero, se determinó el peso del recipiente de pesaje y luego el de la muestra en su estado húmedo.
- La muestra se secó en el horno a 105°C durante 24 horas.
- Posteriormente, se registró el peso de la muestra ya seca.
- Se calculó el peso del agua contenida y el de la muestra después de secarse.
- A partir de estos datos, se calculó la proporción de humedad en la muestra.

c) NTP 339.129 ensayo de plasticidad (INACAL, 2019)

Equipos y materiales

- Muestra de suelo fino previamente tamizada con tamiz N°40.
- Tamiz N°40.
- Dispositivo de Casagrande para pruebas de límite líquido.
- Herramienta para hacer surcos en la muestra, como un acanalador.
- Balanza precisa hasta 0.01 gramos.
- Horno o estufa con ajuste de temperatura para secar muestras.
- Espátula para manipular y mezclar el suelo.
- Cilindro graduado de 100 ml para medir líquidos.
- Recipiente de porcelana para mezclar o calentar.
- Recipientes para pesaje claramente etiquetados.

Método para LL:

- Se hidrató el suelo hasta obtener una pasta homogénea.
- Esta pasta se colocó en la copa de Casagrande formando una capa de un centímetro de grosor.
- Utilizando el acanalador, se partió la muestra en dos mitades a lo largo.
- La copa se levantó y se dejó caer a un ritmo de 2 veces por segundo hasta que las dos partes de la muestra se juntaran, anotando el número de caídas necesario.
- Se extrajo una muestra de suelo del punto de unión para medir su contenido de humedad.
- Se realizó la misma operación dos veces más.
- Basándose en los datos, se construyó una gráfica para identificar el límite líquido del suelo, definido por el punto en el gráfico correspondiente a 25 caídas.

Método para determinar LP:

- Se partió de una muestra ajustada para el límite líquido, reduciendo su humedad mediante la adición de más suelo seco.
- Se amasó la muestra en una superficie lisa hasta formar cilindros de 3 mm, hasta que aparecieran fisuras, indicativo del límite plástico.
- Se repitió el procedimiento para obtener un segundo valor.
- El límite plástico se calculó como el promedio de los contenidos de humedad de ambas muestras.

d) NTP 339.141 Ensayo Proctor modificado (INACAL, 2019)

Elementos y herramientas:

- Muestra de suelo seco alterado.

- Conjunto para ensayo Proctor Modificado.
- Martillo o pisón específico para Proctor Modificado.
- Balanza con una exactitud de 1 gramo.
- Horno ajustable para control de temperatura.
- Cilindro graduado de 1000 ml.
- Contenedor capaz de sostener hasta 6 kg.
- Espátula para mezclar y nivelar.
- Recipientes de pesaje marcados claramente.

Metodología

- Se desecó el suelo y se prepararon cuatro muestras de acuerdo con el procedimiento A, se humidificaron de manera homogénea.
- Cada muestra se compactó en el molde en cinco estratos, aplicando 25 impactos por capa.
- Al compactar la capa superior, se usó la espátula para nivelar la superficie del molde.
- La muestra compactada se pesó y se secó en el horno.
- Se trazó la gráfica de compactación para establecer la MDS y el OCH.

e) NTP 339.145 Capacidad de soporte (CBR) (INACAL, 2019)

Materiales y equipamiento

- Muestra de suelo secada previamente.
- Filtros de papel.
- Aparato para ensayo de CBR.
- Pisón de Proctor modificado.
- Balanza con una exactitud de hasta 1 gramo.
- Tres indicadores de desplazamiento con escalas de 0.01 mm.

- Horno para secar muestras.
- Vaso medidor de 1000 ml.
- Contenedor con capacidad para 6 kg.
- Espátula para manipular muestras.
- Recipientes de pesaje debidamente etiquetados.

Proceso de ensayo de compactación CBR

- Se ajustó la humedad de la muestra al nivel óptimo identificado en el la prueba Proctor modificado específico para cada excavación.
- Se prepararon los moldes cilíndricos con sus bases, extensiones, discos separadores y filtros de papel, y se compactó la muestra en los tres moldes de CBR en cinco capas, aplicando respectivamente 13, 27 y 56 golpes por capa.
- Se calculó la densidad húmeda y la humedad de las muestras en cada molde, así como la densidad seca de las mismas.

Ensayo de expansión

- Se invirtieron las muestras para que la superficie sin compactar quedara arriba.
- Se colocaron filtros de papel, placas de expansión, pesos, trípodes y los indicadores de desplazamiento sobre cada muestra.
- Los tres moldes se sumergieron en un tanque de agua durante 4 días (96 horas), registrando la expansión cada 24 horas.

Ensayo de carga y penetración

- Tras 4 días, se retiraron los moldes del agua, se dejaron airear por 15 minutos y se colocaron los pesos sobre cada uno antes de situarlos en la prensa hidráulica. Se efectuó el ensayo de penetración a una velocidad de 0.05 pulgadas por minuto.
- Se volvió a medir la densidad húmeda y la humedad de las muestras.

- Finalmente, se elaboraron gráficos de esfuerzo-deformación para las muestras de cada molde, determinando los valores de esfuerzo para penetraciones de 0.1 y 0.2 pulgadas y se obtuvieron los índices correspondientes a partir de estos gráficos.

f) NTP 339.146 Equivalente de arena (INACAL, 2019)

Elementos necesarios

- Tubos de ensayo de acrílico con una longitud de 38 centímetros (aproximadamente 15 pulgadas).
- Recipientes fabricados en aluminio.
- Tamiz número 4.
- Compactador con una marca indicativa que mide 25.4 centímetros (10 pulgadas) desde el extremo hasta dicha marca, con un peso de 980 gramos.
- Embudo para trasvase de líquidos.
- Balanza con una precisión aproximada de 1 gramo.
- Mezcla para ensayos constituida por cloruro de calcio, glicerina, formaldehído y agua destilada.

Preparación de la muestra

- Secado de la muestra: Inicialmente, se toma una muestra representativa del suelo que se secará al aire hasta alcanzar un estado en el que pueda ser trabajada fácilmente. No se recomienda el secado por horno, ya que puede alterar las propiedades de los finos.
- Pesaje: Se pesa una cantidad específica de la muestra seca al aire, generalmente 500 g para suelos con partículas finas, siguiendo las especificaciones del método de ensayo.

Realización del ensayo

- Preparación de la solución y llenado del tubo: Se prepara una solución de cloruro de calcio al 4% en agua y se agita hasta su completa disolución. Esta solución se vierte en un tubo graduado especial para el ensayo de equivalente de arena hasta un nivel marcado.
- Adición de la muestra y agitación: La muestra preparada se introduce en el tubo con la solución de cloruro de calcio. Se añade una pequeña cantidad de agente tensoactivo para ayudar a separar los finos de las partículas de arena. Luego, se agita vigorosamente el tubo para asegurar una mezcla homogénea, permitiendo que las partículas más finas y arcillosas se suspendan en la solución.
- Decantación: Después de la agitación, se deja reposar el tubo para permitir que las partículas más grandes se asienten rápidamente. Las partículas finas y arcillosas permanecerán en suspensión, formando una capa clara en la parte superior de la solución.
- Medición: Una vez que las partículas se han asentado (generalmente después de unos minutos), se mide la altura de la capa de arena asentada y la altura total de la suspensión (incluyendo la capa de partículas finas y arcillosas).

$$EA = \frac{\text{Altura de la capa de arena}}{\text{Altura total de la suspensión}} \times 100 \quad (28)$$

Este valor proporciona un índice de la cantidad de materiales finos y arcillosos en relación con las partículas de arena en la muestra.

g) NTP 400.040 Partículas chatas y alargadas (INACAL, 2018)

Elementos necesarios:

- Tamizador de partículas
- Balanza de precisión
- Horno de secado

- Cinta métrica
- Cepillo

Procedimiento:

- Se seleccionaron las muestras de suelo granular a analizar.
- Se colocaron las muestras en el tamizador de partículas y se tamizaron para separar las partículas.
- Se utilizaron el cepillo y la cinta métrica para medir y separar las partículas.
- Se pesaron las partículas chatas y alargadas con la balanza de precisión.

h) NTP 400.019 Desgaste por abrasión (INACAL, 2020)

Elementos necesarios:

- Máquina de ensayo de abrasión.
- Tamices.
- Balanza de precisión.
- Recipiente para muestras.
- Cepillo.

Procedimiento:

- Se seleccionaron las muestras de suelo granular y se tamizaron para obtener una granulometría homogénea.
- Se limpió la superficie de las muestras con un cepillo para eliminar cualquier tipo de impurezas.
- Se preparó la máquina de ensayo de abrasión, ajustando la velocidad y la presión requerida.
- Se fijó la muestra de suelo granular en el dispositivo de la máquina de ensayo y se inició el proceso de abrasión.

- Se registraron los tiempos de ensayo y se observó el grado de desgaste en la muestra.
- Se pesó la muestra en una balanza de precisión para determinar la pérdida de material debido a la abrasión.
- Se analizaron los datos obtenidos para determinar la resistencia al desgaste del suelo granular.

i) NTP 339.152 Contenido de sales solubles (INACAL, 2015)

Equipos: balanza, desecador, mufla, papel de filtro, matraz aforado, pipeta graduada, mechero Bunsen, crisol, pinzas, mortero, tela metálica.

Materiales e instrumentos: muestra de suelo, agua destilada, ácido clorhídrico, ácido nítrico, embudo de vidrio, vaso de precipitados, agitador magnético.

Procedimiento:

- Tomó una muestra de suelo y la trituroó en un mortero hasta obtener un polvo finamente molido.
- En un crisol, se colocó una cantidad específica del suelo.
- Se pesó el crisol con la muestra y se anotó el peso.
- Se le agregó ácido clorhídrico al crisol con la muestra y se dejó en reposo por un tiempo para eliminar las sales de calcio y magnesio.
- Se llevó el crisol a una mufla a una temperatura específica para descomponer la materia orgánica presente en la muestra.
- Se agregó ácido nítrico al crisol con la muestra para eliminar las sales insolubles y se llevó a la mufla nuevamente.
- Se pesó el crisol con la muestra luego de este proceso y se anotó el peso.
- Se filtró la solución resultante a través de un papel de filtro y se lavó con agua destilada.

- La solución filtrada se colocó en un matraz aforado y se completó el volumen con agua destilada.
- Se tomó una muestra de la solución y se tituló con una solución estándar de reactivo específico para comprobar la concreción de sales en el suelo.
- Se repitió el procedimiento con otras muestras de suelo para obtener resultados comparativos.

Figura 18

Realización de Ensayos de Laboratorio en el Suelo Granular



Nota: En el laboratorio externo se realizaron los ensayos físicos, mecánicos y químicos del material de la cantera El Suro.

3.6.1.4. Recolección y trituración de residuos de concreto

Según la Municipalidad Provincial de Chota (MPCH, 2023) en el primer trimestre del año 2023 una sola vivienda fue demolida, la cual estuvo ubicada en las coordenadas UTM WGS84 17S 759770.73 m E, 9273727.31 m S. Los residuos de concreto de demolición que se han utilizado en esta investigación provienen de

esta vivienda que fue demolida en Chota, un mes antes de la realización de los ensayos de laboratorio de la presente investigación, así mismo, pasaron previamente por trituración y tamizado, a fin de que tengan la gradación complementaria según cada porcentaje, que logre cumplir con la curva granulométrica tipo B según la EG-2013 (MTC, 2015).

Los equipos, materiales e instrumentos utilizados fueron: martillo neumático, pico, pala, contenedores de basura, trituradora de concreto.

El procedimiento que se siguió para recolectar y triturar los residuos de concreto de columnas, vigas y pisos demolidos de una vivienda fue el siguiente:

- Se utilizó el martillo neumático y el pico para demoler las columnas, vigas y pisos de concreto.
- Una vez demolida la estructura, se utilizó la pala para recolectar los trozos de concreto y depositarlos en los contenedores de basura.
- Los contenedores de basura se llevaron a la trituradora de concreto, donde se procedió a triturar los residuos en trozos más pequeños.
- Una vez triturados, se retiraron los residuos de concreto de la trituradora y se depositaron en un lugar designado para su posterior disposición adecuada.
- Finalmente, se limpió y se recogió todo el equipo utilizado, dejando el área libre de residuos y lista para su reconstrucción.

Cabe recalcar que, el procedimiento detallado anteriormente solo describe el proceso inicial de recolección y trituración general para el traslado a laboratorio, porque luego en laboratorio se trituró los residuos de concreto de acuerdo a la granulometría que era necesaria según el análisis por el método analítico para la combinación granulométrica determinado para cada proporción de mezcla con el suelo de la cantera El Suro.

Figura 19

Vivienda Demolida de la que se Obtuvieron los Residuos de Concreto



Nota: Se tomaron los residuos de concreto de vigas, columnas y losa de la vivienda en demolición.

Siendo así, los residuos de concreto se han triturado y tamizado de acuerdo a las curvas granulométricas determinadas en el ítem siguiente 3.6.1.5. para cumplir con el porcentaje de combinación con el suelo natural definido en la metodología, siendo 0%-100%, 10%-90%, 30%-70% y 50%-50% de los residuos de concreto y material granular de la cantera El Suro.

3.6.1.5. Combinación granulométrica por el método analítico

La combinación granulométrica, consistente en combinar dos o más materiales para lograr una única capa de material combinado, con mejores características técnicas. Existen diversos métodos para realizar la combinación granulométrica, siendo uno de los más simples y de uso frecuente, el método analítico, este método permite determinar el porcentaje de material A y material

B para que cumpla con una gradación específica pero en este caso los porcentajes del material A (Suelo de la cantera El Suro) y B (residuos de concreto de demolición) ya han sido definidos como parte de la muestra de estudio, por tanto, se ha determinado la gradación que debe tener el residuo de concreto para que cumpla con el porcentaje calculado, tomando en cuenta que este residuo de concreto al ser triturado y tamizado se le puede dar la proporción deseada para que cumpla con el huso granulométrico B según la EG-2013.

Tabla 16

Dosificaciones para Subbase Granular Tratada

Dosificación	Suelo de la cantera El Suro (%)	Residuos de concreto de demolición (%)	Total (%)
D1	100	0	100
D2	90	10	100
D3	70	30	100
D4	30	50	100

Para iniciar el proceso de combinación por el método analítico, es esencial contar con información precisa sobre la granulometría del suelo natural, la cual describe la distribución de tamaños de partículas presentes en el suelo, desde las más gruesas hasta las más finas. En base a esta granulometría se ha verificado que no cumple con el huso granulométrico B por lo que se debe combinar con los residuos de concreto a fin de que cumpla con dicho requisito de gradación.

Tabla 17*Tabla Granulométrica del Suelo Natural*

N°	Tamiz	Peso retenido	% retenido	% retenido	% que pasa
	Abertura (mm)	parcial	parcial	acum.	
2"	50.80	0.0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	376.0	5.37	5.37	94.63
1 ¼"	31.50	354.0	5.06	10.43	89.57
1"	25.40	657.0	9.39	19.81	80.19
¾"	19.00	476.0	6.80	26.61	73.39
5/8"	16.00	546.0	7.80	34.41	65.59
½"	12.50	664.0	9.49	43.90	56.10
3/8"	9.50	764.0	10.91	54.81	45.19
N°4	4.75	503.0	7.19	62.00	38.00
N 10	2.00	945.0	13.50	75.50	24.50
N 20	0.85	870.0	12.43	87.93	12.07
N 30	0.60	216.0	3.09	91.01	8.99
N 40	0.43	88.0	1.26	92.27	7.73
N 60	0.25	136.0	1.94	94.21	5.79
N 140	0.11	131.0	1.87	96.09	3.91
N 200	0.08	51.0	0.73	96.81	3.19
Cazoleta	--	223.00	3.19		
Total		7000.0			

Obtenida la granulometría del suelo se deben conocer los requisitos de gradación, que se desean cumplir, siendo así, se ha verificado el huso B para una subbase granular.

Tabla 18*Porcentaje que Pasa en Peso para la Gradación B*

Tamiz N°	Abertura (mm)	Porcentaje que pasa en peso (Gradación B)	
2"	50.80	100	100
1"	25.40	75	95
3/8"	9.50	40	75
N° 4	4.75	30	60
N° 10	2.00	20	45
N° 40	0.43	15	30
N° 200	0.08	5	15

a) Para 10% de residuos de concreto

Primero se definió el valor de P (porcentaje de un material que pasa un tamiz dado resultante de la combinación de los agregados). Para el huso granulométrico B, considerando el tamiz N° 10, P tiene el valor de 32.5%

$$P = 32.50\% \left\{ \begin{array}{l} \% \text{ pasante que se desea obtener para tamiz N}^\circ 10 \\ P = \frac{20+45}{2} = 32.50 \end{array} \right. \quad (29)$$

A= 24.50% (Porcentaje que pasa el tamiz N° 10 del material “A” de El Suro).

B= Porcentaje que pasa el tamiz N° 10 del material “B” residuos de concreto.

b= 10%, Porcentaje a usar del material B.

a= 90%, Porcentaje a usar del material A.

$$0.10 = \frac{32.50-24.50}{B-24.50} \quad (30)$$

$$B = 100\% = \text{porcentaje que pasa en el tamiz N}^\circ 10 \quad (31)$$

Luego de calcular el valor de B para el tamiz N° 10, se repite el proceso para el resto de tamices hasta obtener la gradación de los residuos de concreto, que permita que, se cumpla con la curva granulométrica del huso B, combinando el suelo de la cantera El Suro con los residuos de concreto. Cabe recalcar que, esta curva representa la gradación teórica pero luego se ha ensayado en laboratorio para tener la gradación completa, siendo esta la gradación final.

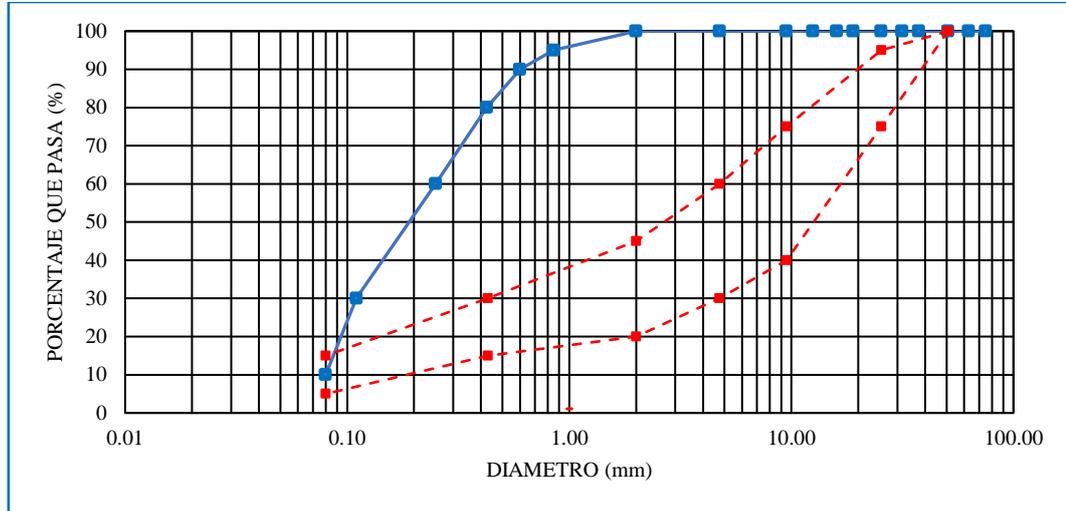
Tabla 19

Porcentaje de Mezcla de Suelo con 10% de Residuos de Concreto

Tamiz	2”	1”	3/8”	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200
A	100	80.19	45.19	38.00	24.50	7.73	3.19
B	100	100	100	100	100	80	10
Esp.	100	75	40	30	20	15	5
		950	75	60	45	30	15
Combinación	100	81.31	49.24	42.63	30.34	14.86	10.63

Figura 20

Curva de Distribución Granulométrica Teórica para el 10% de Residuos de Concreto



Nota: Los residuos de concreto no cumplen con el huso granulométrico B para subbase, no obstante, esto no es relevante, porque lo importante es que, al combinar el suelo de la cantera con estos residuos si se cumpla con el huso B.

b) Para 30% de residuos de concreto

Primero se definió el valor de P (porcentaje de un material que pasa un tamiz dado resultante de la combinación de los agregados). Para el huso granulométrico B, considerando el tamiz N° 10, P tiene el valor de 32.5%

$$P = 32.50\% \left\{ \begin{array}{l} \% \text{ pasante que se desea obtener para tamiz N}^\circ 10 \\ P = \frac{20+45}{2} = 32.50 \end{array} \right. \quad (32)$$

A= 24.50% (Porcentaje que pasa el tamiz N° 10 del material “A” de El Suro).

B= Porcentaje que pasa el tamiz N° 10 del material “B” residuos de concreto.

b= 30%, Porcentaje a usar del material B.

a= 70%, Porcentaje a usar del material A.

$$0.30 = \frac{32.50-24.50}{B-24.50} \quad (33)$$

$$B = 55\% = \text{porcentaje que pasa en el tamiz N}^\circ 10 \quad (34)$$

Luego de calcular el valor de B para el tamiz N° 10, se repite el proceso para el resto de tamices hasta obtener la gradación de los residuos de concreto, que permita que, se cumpla con la curva granulométrica del huso B, combinando el suelo de la cantera El Suro con los residuos de concreto. Cabe recalcar que, esta curva representa la gradación teórica pero luego se ha ensayado en laboratorio para tener la gradación completa, siendo esta la gradación final.

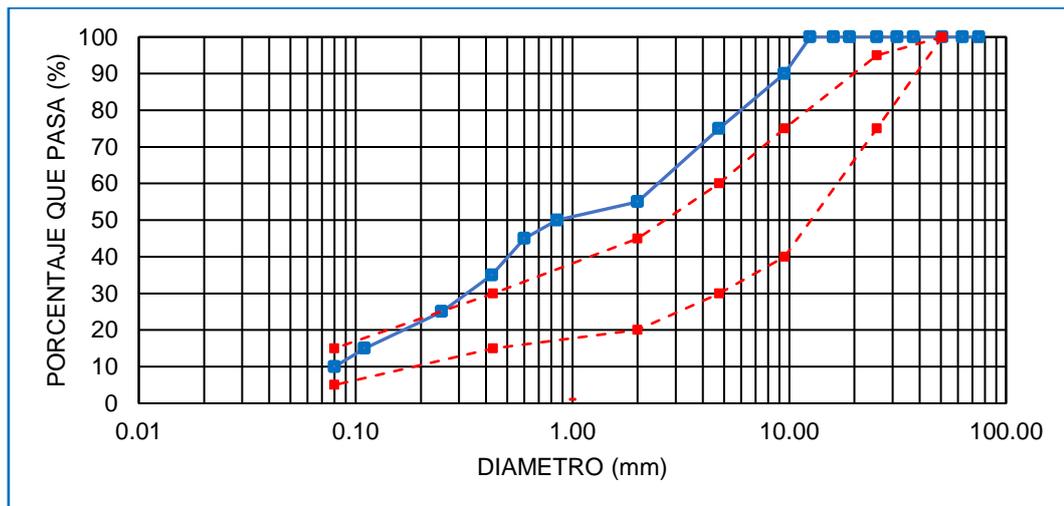
Tabla 20

Porcentaje de Mezcla de Suelo con 30% de Residuos de Concreto

Tamiz	2"	1"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200
A	100	80.19	45.19	38.00	24.50	7.73	3.19
B	100	100	90	75	55	35	10
Esp.	100	75	40	30	20	15	5
		950	75	60	45	30	15
Combinación	100	81.37	58.63	49.10	33.65	15.91	5.23

Figura 21

Curva de Distribución Granulométrica Teórica para el 30% de Residuos de Concreto



Nota: Los residuos de concreto no cumplen con el huso granulométrico B para subbase, no obstante, esto no es relevante, porque lo importante es que, al combinar el suelo de la cantera con estos residuos si se cumple con el huso B.

c) Para 50% de residuos de concreto

Primero se definió el valor de P (porcentaje de un material que pasa un tamiz dado resultante de la combinación de los agregados). Para el huso granulométrico B, considerando el tamiz N° 10, P tiene el valor de 32.5%

$$P = 32.50\% \left\{ \begin{array}{l} \% \text{ pasante que se desea obtener para tamiz N}^\circ 10 \\ P = \frac{20+45}{2} = 32.50 \end{array} \right. \quad (35)$$

A= 24.50% (Porcentaje que pasa el tamiz N° 10 del material “A” de El Suro).

B= Porcentaje que pasa el tamiz N° 10 del material “B” residuos de concreto.

b= 50%, Porcentaje a usar del material B.

a= 50%, Porcentaje a usar del material A.

$$0.50 = \frac{32.50-24.50}{B-24.50} \quad (36)$$

$$B = 40\% = \text{porcentaje que pasa en el tamiz N}^\circ 10 \quad (37)$$

Luego de calcular el valor de B para el tamiz N° 10, se repite el proceso para el resto de tamices hasta obtener la gradación de los residuos de concreto, que permita que, se cumpla con la curva granulométrica del huso B, combinando el suelo de la cantera El Suro con los residuos de concreto. Cabe recalcar que, esta curva representa la gradación teórica pero luego se ha ensayado en laboratorio para tener la gradación completa, siendo esa la gradación final.

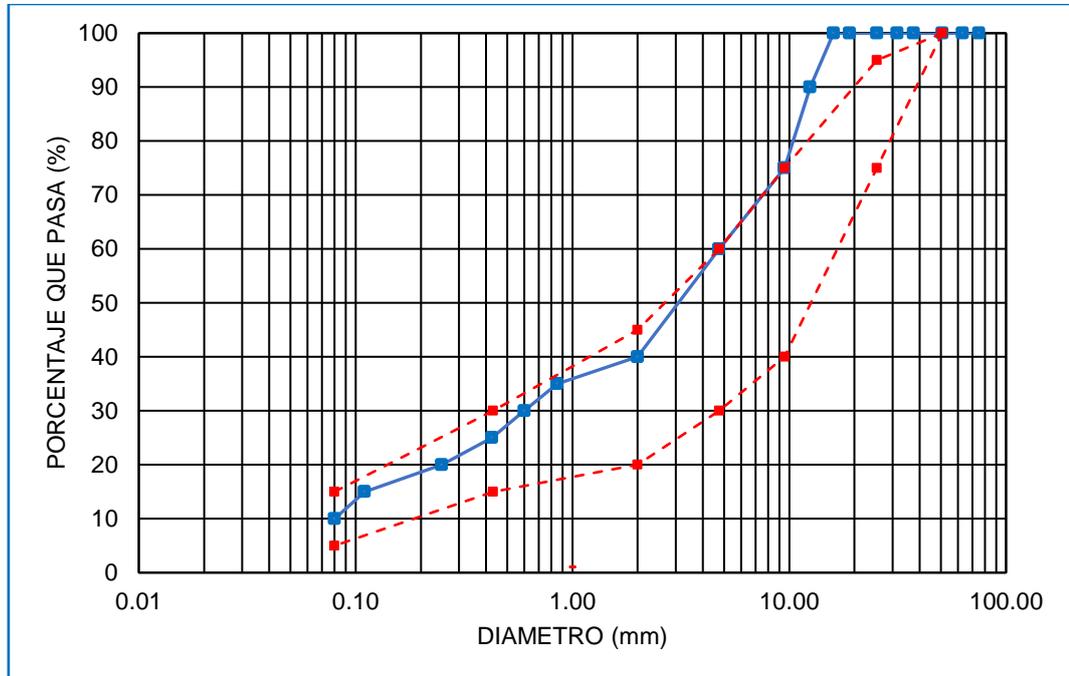
Tabla 21

Porcentaje de Mezcla de Suelo con 50% de Residuos de Concreto

Tamiz	2”	1”	3/8”	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200
A	100	80.19	45.19	38.00	24.50	7.73	3.19
B	100	100	75	60	40	25	10
Esp.	100	75	40	30	20	15	5
		950	75	60	45	30	15
Combinación	100	90.09	60.09	49.00	32.25	16.36	6.59

Figura 22

Curva de Distribución Granulométrica Teórica para el 50% de Residuos de Concreto



Nota: Los residuos de concreto no cumplen con el huso granulométrico B para subbase, no obstante, esto no es relevante, porque lo importante es que, al combinar el suelo de la cantera con estos residuos si se cumpla con el huso B.

3.6.1.6. Ensayos físicos, mecánicos y químicos a la subbase tratada con residuos de concreto

La subbase granular tratada con diferentes dosificaciones de residuos de concreto al 10%, 30% y 50%, se llevaron a cabo los mismos ensayos normalizados que para el suelo natural, tales como:

Análisis granulométrico (NTP 339.128): permite determinar la distribución de tamaños de partículas presentes en la muestra de suelo, lo que es crucial para comprender su composición y su comportamiento mecánico.

Límite líquido (NTP 339.129) y Límite plástico (NTP 339.129): evalúan la plasticidad y la capacidad de retención de agua del suelo, lo que ayuda a comprender su comportamiento frente a la humedad y deformación.

Equivalente de arena (NTP 339.146): proporciona información sobre la cantidad de finos en la muestra de suelo, lo que es importante para evaluar su calidad y su capacidad de drenaje.

Partículas chatas y alargadas (NTP 400.040): permite identificar y cuantificar la presencia de partículas con formas inadecuadas en la muestra, lo que puede afectar la estabilidad y la resistencia del material tratado.

Contenido de sales solubles (NTP 339.152): evalúa el contenido de sales solubles en la muestra, lo que es importante para prevenir problemas de corrosión u otros daños relacionados con la presencia de sales.

Proctor modificado (NTP 339.141): determina la densidad máxima y el contenido de humedad óptimo del suelo, lo que es esencial para el diseño adecuado de mezclas de suelo estabilizado.

Desgaste por abrasión (NTP 400.019): evalúa la resistencia del material tratado a la abrasión, lo que es importante para determinar su durabilidad y vida útil en aplicaciones prácticas.

Capacidad de soporte (CBR) (NTP 339.145): evalúa la resistencia a la compresión del material tratado, lo que es esencial para determinar su capacidad de soporte y su comportamiento bajo cargas de tráfico.

Estos ensayos proporcionan una evaluación completa de las propiedades del material tratado, y su procedimiento de ejecución es el mismo que, el que se ha detallado previamente en el ítem 3.6.1.3.

3.6.2. *Procesamiento de datos*

Se llevó a cabo utilizando Microsoft Excel 2022. En particular, se emplearon métodos de la estadística descriptiva en Excel para analizar y resumir los resultados de los ensayos de laboratorio realizados en las subbases granulares tratadas con residuos de concreto demolido. Con Microsoft Excel 2022, se crearon tablas que presentaban los resultados de manera organizada y fácilmente comprensible. Estas tablas incluyeron estadísticas clave, como promedios, medianas, desviaciones estándar y rangos, que ayudaron a resumir y contextualizar los datos recopilados durante la investigación. Además, se generaron gráficos a partir de los datos procesados para visualizar de manera efectiva las tendencias de los resultados de los ensayos.

3.6.3. *Análisis de datos*

El análisis de datos de la tesis se llevó a cabo en el software Minitab 22. El objetivo principal del análisis de datos fue evaluar si existían diferencias significativas entre las muestras analizadas, específicamente para determinar si la subbase granular tratada con residuos de concreto presentaba diferencias en comparación con otros materiales de referencia o métodos de tratamiento convencionales. Para esto, se empleó una prueba de hipótesis, en la que se formuló una hipótesis nula (H_0) que establecía que no existían diferencias significativas entre las muestras, y una hipótesis alternativa (H_1) que sugería lo contrario. Con un nivel de confianza del 95%, se decidió aceptar la hipótesis alternativa (H_1) si el valor p obtenido en el análisis era menor que el nivel de significación de 0.05. En caso contrario, se aceptaría la hipótesis nula (H_0).

3.7. Aspectos éticos

Se han seguido los aspectos y criterios éticos de la EPIC-UNACH, pero además se han tomado en cuenta los criterios éticos expresados por Noreña et al. (2012). Algunos de estos aspectos éticos incluyen:

Consentimiento informado: Se ha obtenido el consentimiento informado de todas las partes involucradas en la investigación, incluidos los propietarios de la cantera, y cualquier otra persona afectada por el estudio.

Respeto por el medio ambiente: Se ha prestado especial atención para minimizar cualquier impacto negativo en el medio ambiente durante la realización de la investigación, asegurándose de que se cumplan todas las regulaciones ambientales locales y que se tomen medidas para proteger los recursos naturales de la zona.

Confidencialidad y privacidad: Cualquier información sensible recopilada durante el estudio, como datos personales de los participantes o información comercial confidencial de la cantera.

Equidad y justicia: Se ha asegurado que todos los participantes en la investigación sean tratados de manera justa y equitativa, sin discriminación por motivos de género, raza, etnia u otros factores similares.

Divulgación de resultados: Se han compartido los resultados de la investigación de manera transparente y accesible con todas las partes interesadas relevantes, incluidos los propietarios de la cantera, los residentes locales y las autoridades gubernamentales, garantizando así una comunicación clara y honesta sobre los hallazgos del estudio.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. *Propiedades físicas de la subbase granular con residuos de concreto*

4.1.1.1. Granulometría

La subbase granular de suelo gravoso pobremente gradado (GP), con residuos de concreto al 0% no cumple con los requisitos del huso granulométrico B debido a que tiene porcentajes de material que pasan por los tamices demasiado bajos en comparación con lo necesario en el rango establecido. Para solucionar este problema, se realizó una combinación granulométrica utilizando el método analítico para determinar la gradación que debían cumplir los residuos de concreto para poder cumplir con el huso granulométrico B cuando se combina con el suelo de la cantera.

Se encontró que al combinar el suelo natural con un cierto porcentaje de residuos de concreto de una gradación específica (10%, 30% y 50%), se lograba cumplir con los requisitos del huso granulométrico B para la subbase granular. Esto demuestra que los residuos de concreto pueden ser adaptados a las gradaciones necesarias mediante la trituración mecánica, lo que permite que el material de afirmado cumpla con los requisitos técnicos establecidos en la normativa.

Sin embargo, es importante contar con plantas de reciclaje y trituración de residuos de construcción y demolición para poder lograr la gradación específica requerida en los proyectos de construcción en los que se desea utilizar los residuos de concreto triturados. Esto asegurará que se obtenga el material idóneo granulométricamente para cumplir con los estándares establecidos.

Tabla 22*Granulométrica de la Subbase Granular con Residuos de Concreto*

N°	Tamiz Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)			
		0% RCD	10% RCD	30% RCD	50% RCD
3"	75	100	100	100	100
2 1/2"	63	100	100	100	100
2"	50.8	100	100	100	100
1 1/2"	37.5	94.63	95.12	100	92.97
1 1/4"	31.5	89.57	85.83	100	89.24
1"	25.4	80.19	78	81.37	84.82
3/4"	19	73.39	70.97	70.63	74.82
5/8"	16	65.59	59.94	56.56	68.36
1/2"	12.5	56.1	48.31	48.85	61.79
3/8"	9.5	45.19	42.21	43	51.52
N° 4	4.75	38	30.68	31.3	36.09
N° 10	2	24.5	23.22	23.59	29.03
N° 20	0.85	12.07	20.26	20.96	26.39
N° 30	0.6	8.99	18.71	19.85	24.27
N° 40	0.43	7.73	16.84	18	23.06
N° 60	0.25	5.79	13.79	14.3	18.52
N° 140	0.11	3.91	7.83	12.81	15.48
N° 200	0.08	3.19	3.47	10.96	14.27

Tabla 23*Granulométrica de los Residuos de Concreto de Acuerdo al Porcentaje de**Combinación con el Suelo Natural*

N°	Tamiz Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)		
		10% RCD	30% RCD	50% RCD
3"	75	100	100	100
2 1/2"	63	100	100	100
2"	50.8	100	100	100
1 1/2"	37.5	100	100	100
1 1/4"	31.5	100	100	100
1"	25.4	100	100	100
3/4"	19	100	100	100
5/8"	16	100	100	100
1/2"	12.5	100	100	90
3/8"	9.5	100	90	75
N° 4	4.75	100	75	60
N° 10	2	100	55	40
N° 20	0.85	95	50	35
N° 30	0.6	90	45	30
N° 40	0.43	80	35	25
N° 60	0.25	60	25	20
N° 140	0.11	30	15	15
N° 200	0.08	10	10	10

Figura 23

Curva Granulométrica de la Subbase Granular de Suelo de El Suro con Residuos de Concreto

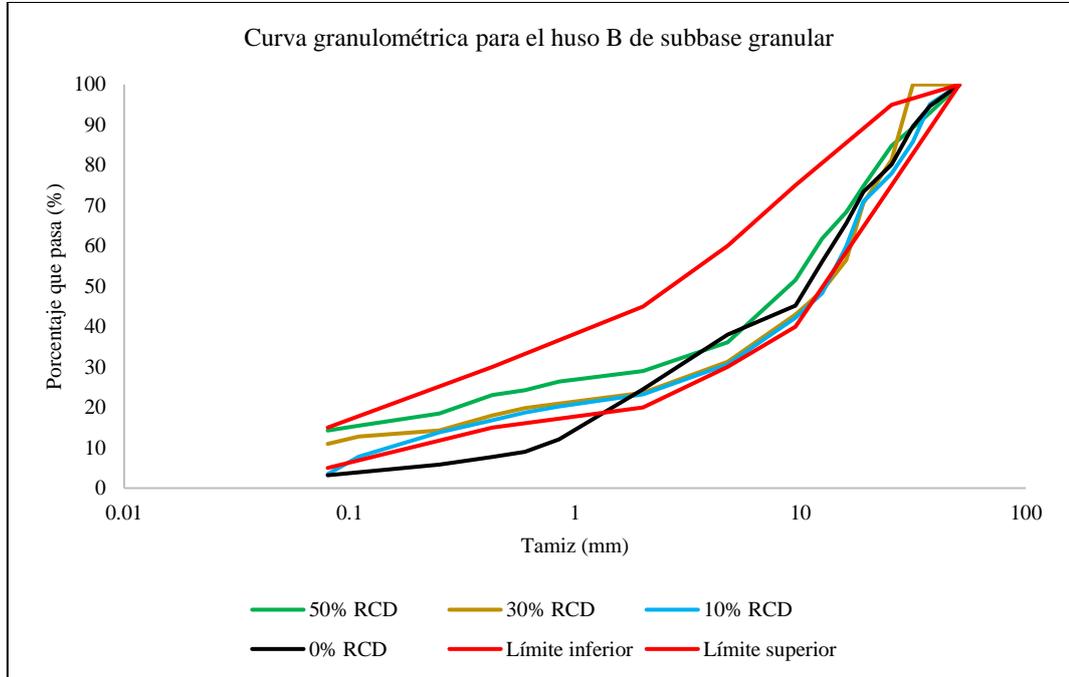
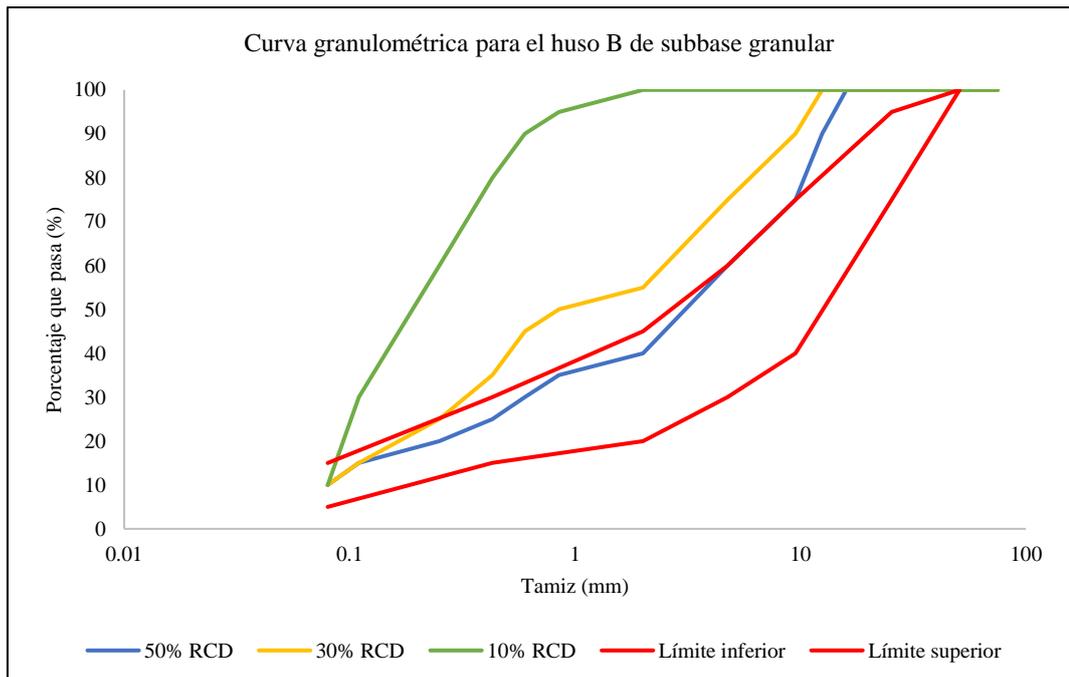


Figura 24

Curva Granulométrica de los Residuos de Concreto de Acuerdo al Porcentaje de Combinación con el Suelo Natural



4.1.1.2. Contenido de humedad

El contenido de humedad del suelo de El Suro es igual a 9.41%, pero luego tiende a disminuir crecientemente en relación al porcentaje de residuos de concreto en la mezcla, mientras mayor sea el porcentaje menor era el contenido de humedad. Para el material con 10%, 30% y 50% de residuos de concreto se obtuvo contenido de humedad de 8.44%, 7.43% y 6.77%, respectivamente. La humedad se reduce en un máximo de 28.06%.

Tabla 24

Contenido de Humedad del Material Granular con Residuos de Concreto

Residuos de concreto	Humedad (%)	Porcentaje de reducción
0% RCD	9.41	0.00%
10% RCD	8.44	-10.31%
30% RCD	7.43	-21.04%
50% RCD	6.77	-28.06%

De acuerdo a Tamrakar & Nazarian (2021) la reducción en el contenido de humedad en un material de afirmado puede tener tanto aspectos positivos como negativos. Por un lado, una menor humedad puede ayudar a mejorar la resistencia del material y reducir la posibilidad de deterioro por congelamiento y descongelamiento. Además, una menor humedad puede contribuir a una mejor compactación del material, lo que es fundamental para garantizar una buena durabilidad y resistencia. Por otro lado, una reducción excesiva en la humedad puede dificultar la trabajabilidad del material, lo que a su vez puede afectar negativamente la calidad de la construcción. Además, una menor humedad puede aumentar la susceptibilidad del material a la erosión y la formación de grietas. Por ello, es importante que, está se controle en el momento de la compactación mediante el óptimo contenido de humedad.

4.1.1.3.Límites de consistencia

El suelo de El Suro presenta un alto límite líquido e índice de plasticidad, siendo así, el límite líquido es de 31.08%, no obstante, al ir mezclando el suelo con residuos de concreto este valor se reduce hasta 30.35% con 50% de residuos de concreto, lo que representa una reducción del 2.35%, así mismo, el límite plástico se incrementa de 19.1% para el suelo natural a 22.43% para el suelo con 50% de residuos de concreto, por lo que, el índice de plasticidad disminuye en 33.89%, alcanzando un valor de 7.92% para el suelo combinado con 50% de residuos de concreto.

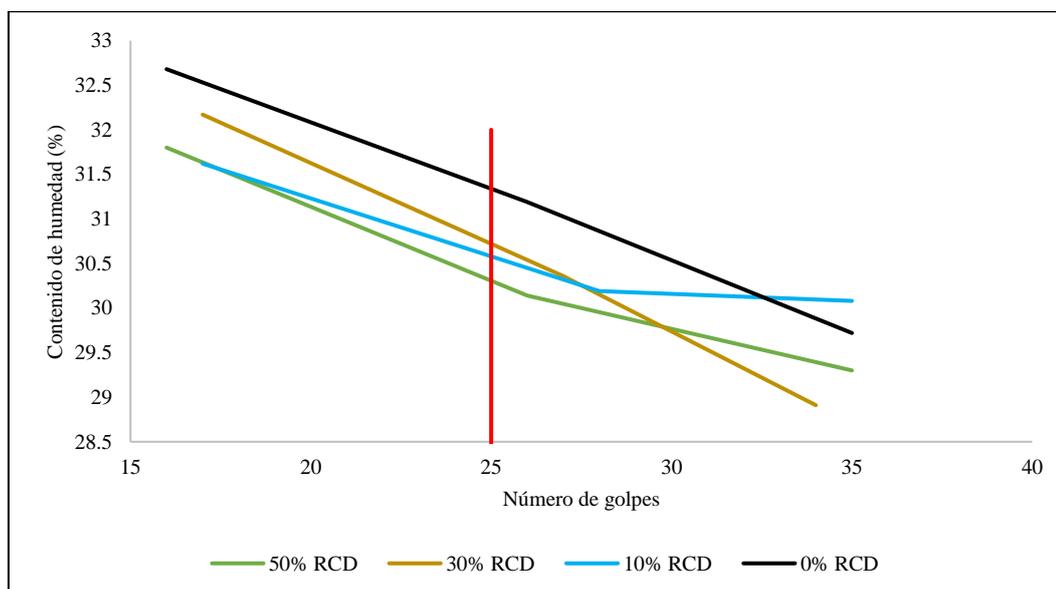
Tabla 25

Límites de Plasticidad del Suelo Natural con Residuos de Concreto

Residuos de concreto en la mezcla con suelo natural				
Límites de consistencia (%)	0% RCD	10% RCD	30% RCD	50% RCD
LL (%)	31.08	30.71	30.45	30.35
LP (%)	19.1	20.67	21.83	22.43
IP (%)	11.98	10.04	8.62	7.92

Figura 25

Curva de Plasticidad del Suelo Natural con Residuos de Concreto



La reducción del 2.35% en el límite líquido, de 31.08% a 30.35%, al introducir un 50% de residuos de concreto sugiere una menor cantidad de agua necesaria para que el suelo pase de un estado sólido a un estado líquido. Este cambio indica una mejora en la capacidad del suelo de soportar cargas sin sufrir deformaciones significativas. Por otro lado, el incremento del límite plástico de 19.1% a 22.43% refleja una mayor cohesión en el suelo, lo cual es beneficioso para reducir la susceptibilidad a la erosión y aumentar la resistencia al corte.

La disminución del índice de plasticidad en un 33.89%, alcanzando un valor de 7.92% para la mezcla con 50% de residuos de concreto, es particularmente relevante. El índice de plasticidad es una medida de la variabilidad de las propiedades mecánicas del suelo bajo variaciones de contenido de humedad; por lo tanto, una reducción en este índice implica un suelo menos susceptible a cambios en sus propiedades mecánicas con la variación del contenido de agua. Esto es fundamental para la estabilidad de las construcciones, ya que reduce la probabilidad de asentamientos diferenciales y mejora la previsibilidad del comportamiento del suelo bajo cargas.

Estos resultados concuerdan con Anburuvel (2024) quienes argumentan que, la adición de residuos de concreto puede estabilizar el suelo, aumentando su resistencia y reduciendo su erosión. Además, Mahyuddin et al. (2024) sostiene que, la utilización de residuos de concreto en la construcción es una forma sostenible de gestionar los desechos generados por esta industria, contribuyendo a la reducción de la contaminación ambiental. Por tanto, el uso de estos residuos favorece las propiedades plásticas para su uso como afirmado, no obstante, sigue manteniendo un índice de plasticidad elevado para un material de subbase granular.

El límite líquido del suelo mantiene una relación directa decreciente (negativa) con el porcentaje de residuos de concreto de la mezcla, por lo que, la regresión cuadrática tiene un valor R2 de 0.98, siendo así, mientras mayor sea el porcentaje de residuos de concreto en la mezcla menor será el límite líquido del material de subbase granular conformada con suelo de El Suro y residuos de concreto.

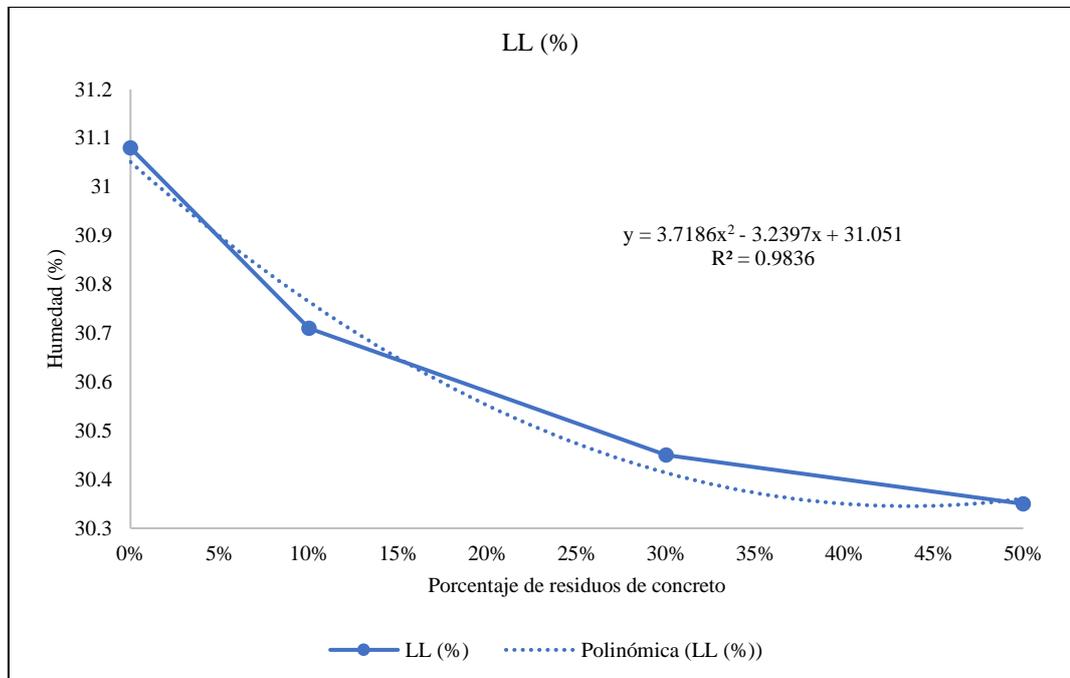
Tabla 26

Límite Líquido del Suelo Natural con Residuos de Concreto

Residuos de concreto	LL (%)	Porcentaje de reducción
0% RCD	31.08	0.00%
10% RCD	30.71	-1.19%
30% RCD	30.45	-2.03%
50% RCD	30.35	-2.35%

Figura 26

Límite Líquido del Suelo Natural con Residuos de Concreto



El límite plástico del suelo mantiene una relación directa positiva (creciente) con el porcentaje de residuos de concreto de la mezcla, por lo que, la regresión cuadrática tiene un valor R2 de 0.98, siendo así, mientras mayor sea el porcentaje de residuos de concreto en la mezcla menor mayor será el límite plástico de la subbase granular conformada con suelo de El Suro y residuos de concreto.

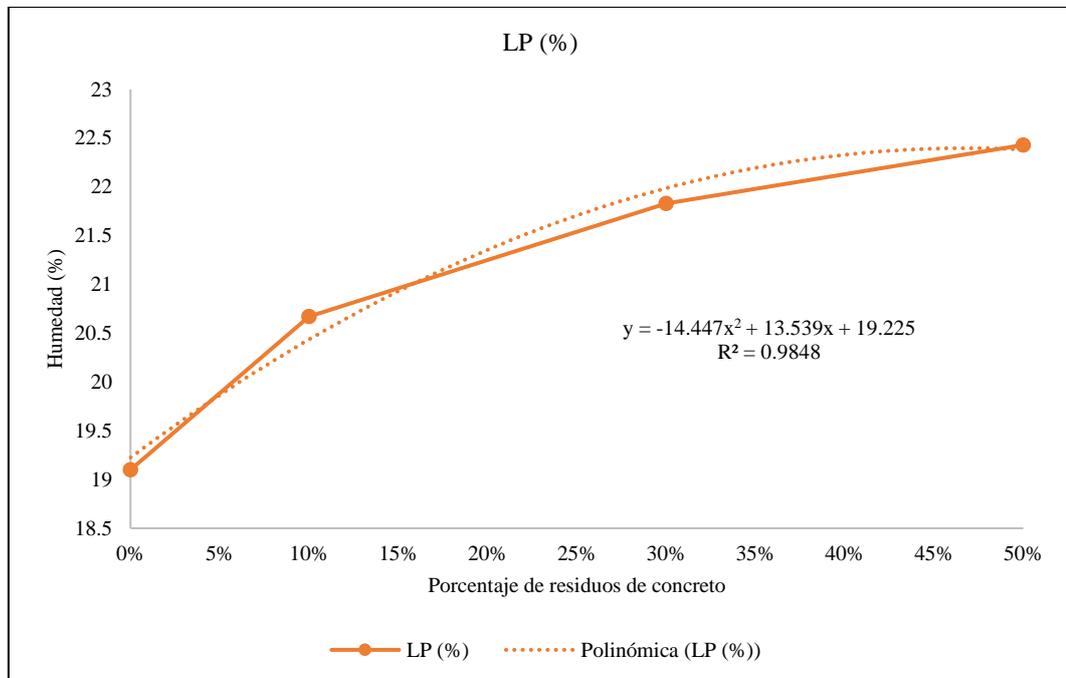
Tabla 27

Límite Plástico del Suelo Natural con Residuos de Concreto

Residuos de concreto	LP (%)	Porcentaje de incremento
0% RCD	19.1	0.00%
10% RCD	20.67	8.22%
30% RCD	21.83	14.29%
50% RCD	22.43	17.43%

Figura 27

Límite Plástico del Suelo Natural con Residuos de Concreto



El índice de plasticidad del suelo mantiene una relación directa negativa (inversa proporcional, decreciente) con el porcentaje de residuos de concreto de la mezcla, por lo que, la regresión cuadrática tiene un valor R2 de 0.98, siendo así, mientras mayor sea el porcentaje de residuos de concreto en la mezcla menor será la índice de plasticidad de la subbase granular conformada con la mezcla de suelo de El Suro y residuos de concreto.

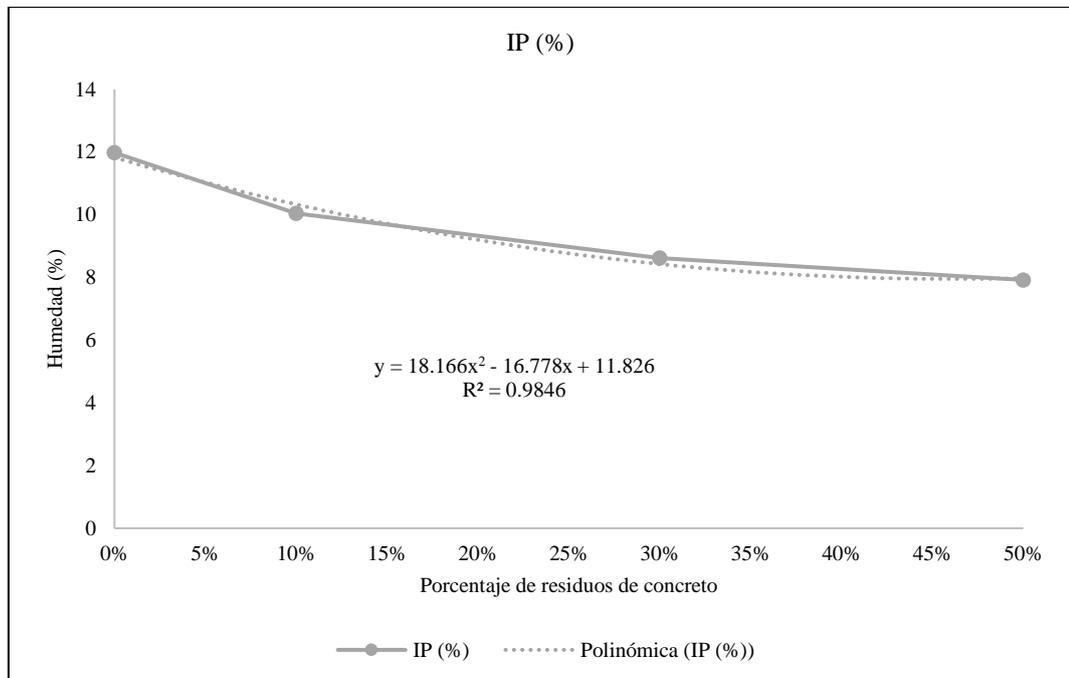
Tabla 28

Índice de Plasticidad del Suelo Natural con Residuos de Concreto

Residuos de concreto	IP (%)	Porcentaje de reducción
0% RCD	11.98	0.00%
10% RCD	10.04	-16.19%
30% RCD	8.62	-28.05%
50% RCD	7.92	-33.89%

Figura 28

Índice de Plasticidad del Suelo Natural con Residuos de Concreto



4.1.1.4. Clasificación del material

El suelo de la cantera El Suro se clasifica de acuerdo al “Sistema Unificado de Clasificación del suelo” como grava pobremente gradada (GP), dentro del grupo AASHTO A – 2 – 6 (0), lo que, significa que, si bien es un suelo con gran cantidad de gruesos, le falta finos que, logren su cohesión, por lo que no se asegura que estén bien gradados, pero al mezclar el suelo natural de la cantera El Suro con residuos de concreto la clasificación del material cambia, debido a que, su gradación y sus límites de plasticidad también tienden a variar, siendo así, cuando se adiciona 10% de residuos de concreto la clasificación de la combinación es de grava pobremente gradada con arcilla (GP-GC), lo que indica la presencia de finos que dan cohesión a la mezcla, pero que aún siguen siendo escasos por lo que la clasificación sigue siendo mal gradada. Esta misma clasificación se mantiene para la combinación de 70% de suelo natural y 30% de residuos de concreto; en cambio para la mezcla de 50% de suelo natural y 50% de residuos de concreto la clasificación cambia a grava bien gradada con arcilla, por tanto, este es un material con buena proporción de finos y gruesos que, le dan también una mayor clasificación en el sistema AASHTO siendo A-1-4(0). Otro aspecto importante a considerar es que en todos los casos el índice de grupo AASHTO fue (0) lo que, indica una buena calidad del material combinado para subbase granular.

Tabla 29

Clasificación del Suelo Combinado con Residuos de Concreto

Clasificación del material	Residuos de concreto en la mezcla con suelo natural			
	0% RCD	10% RCD	30% RCD	50% RCD
SUCS	GP	GP-GC	GP-GC	GW-GC
AASHTO	A - 2 - 6 (0)	A-2-4(0)	A-2-4(0)	A-1-4(0)

4.1.1.5. Equivalente de arena

El equivalente de arena del suelo natural de El Suro es igual a tan solo 12.67%, pero cuando se combina con residuos de concreto el equivalente de arena se incrementa, esto debido a que los residuos de concreto son mezclas trituradas de cemento, grava y arena, por tanto, esto ha generado un acrecentamiento en el equivalente de arena a medida que aumenta el porcentaje de residuos de concreto en la combinación del material. El equivalente de arena de la mezcla de 50% de suelo y 50% de residuos de concreto alcanza 19.17% de equivalente de arena, siendo así, se incrementa en 51.32%, esto es favorable para la subbase granular.

Tabla 30

Equivalente de Arena del Suelo con Residuos de Concreto

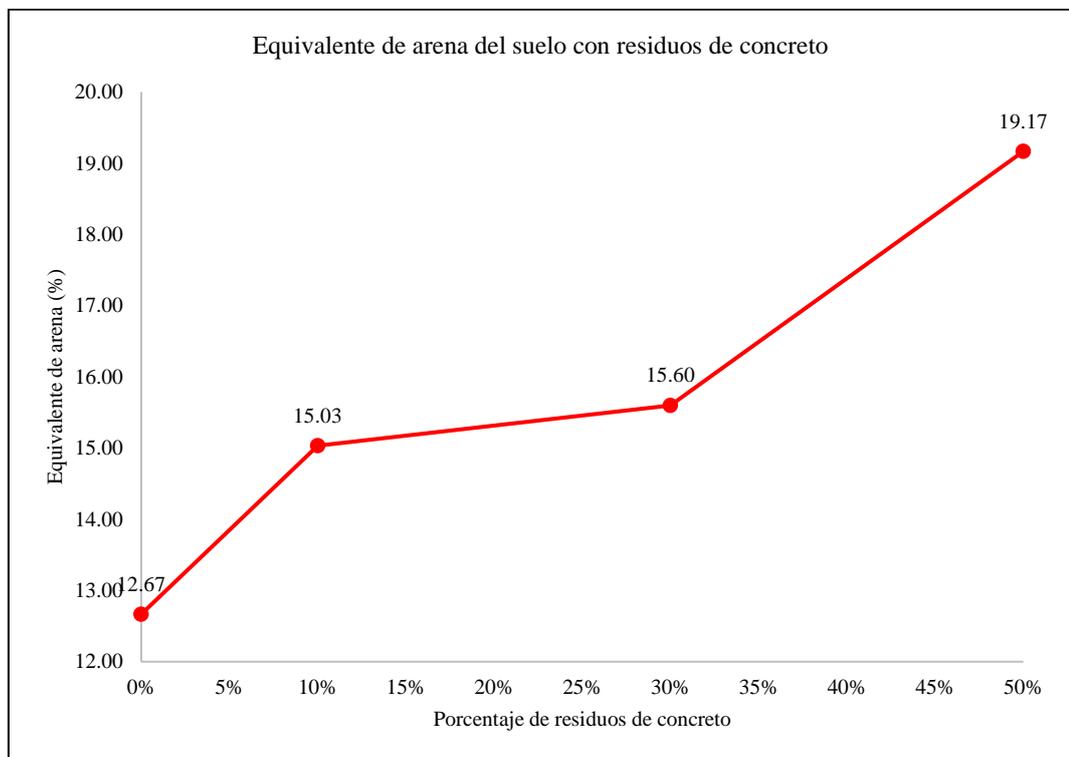
Residuos de concreto	Equivalente de arena			Equivalente de arena (%)	Porcentaje de incremento
	1	2	3		
0%	12.00	13.00	13.00	12.67	0.00%
10%	14.80	15.50	14.80	15.03	18.68%
30%	15.40	16.00	15.40	15.60	23.16%
50%	19.50	18.50	19.50	19.17	51.32%

Esto debido a que, según Premathilaka et al. (2024) una subbase granular con un mayor equivalente de arena tendrá mejor drenaje debido a la reducción de partículas finas que pueden obstruir los poros entre los agregados más grandes, facilitando el paso del agua y previniendo la acumulación de humedad bajo la superficie pavimentada. Además, Samadzadeh et al. (2024) argumenta que, los materiales con altos equivalentes de arena suelen tener una mejor capacidad de carga, ya que una menor cantidad de finos permite una compactación más efectiva del material, resultando en una subbase más estable a la deformación bajo cargas. Siendo así, Onyelowe et al. (2024) también avalan que al usar residuos de concreto en la subbase granular se aumenta el equivalente de arena de la combinación. Los

autores argumentan que, el concreto reciclado se compone principalmente de cemento, arena y grava, los cuales, una vez triturados, ofrecen una mezcla con una baja proporción de partículas finas y arcillosas en comparación con algunos suelos naturales. Al mezclar concreto reciclado con el suelo, la proporción relativa de estas partículas finas disminuye, lo que resulta en un aumento del equivalente de arena. Un mayor EA indica que hay menos partículas finas y arcillosas que pueden afectar negativamente las propiedades de drenaje y la estabilidad del material.

Figura 29

Equivalente de Arena del Suelo con Residuos de Concreto



Nota: La relación directamente proporcional entre el equivalente de arena y el porcentaje de residuos de concreto en la mezcla, indicada por un valor de regresión R^2 de 0.92, subraya la previsibilidad y la eficacia de este método para mejorar la calidad del material de la subbase. Esto significa que, dentro de este contexto específico de estudio, la adición de residuos de concreto a la mezcla incrementa de manera predecible y significativa el equivalente de arena, mejorando así las características deseables del material para su uso en subbases granulares.

4.1.1.6. Partículas aplanadas y alargadas

La cantidad de partículas chatas y alargadas del material de afirmado de la cantera El Suro es bastante bajo con 2.14%, no obstante, se reduce aún más cuando se agrega residuos de concreto. Cuando se mezcla 50% de suelo natural y 50% de residuos de concreto, el porcentaje de partículas chatas y alargadas es de tan solo 0.87%, lo que representa una reducción del 59.35%.

Tabla 31

Partículas Chatas y Alargadas del Suelo con Residuos de Concreto

Residuos de concreto	Partículas chatas y alargadas	Porcentaje de reducción
0%	2.14%	0.00%
10%	1.54%	-28.04%
30%	1.15%	-46.26%
50%	0.87%	-59.35%

Esto es favorable, debido a que según Luoma (2024), las partículas chatas y alargadas tienden a crear intersticios o huecos en la estructura de la subbase granular, lo que puede comprometer su estabilidad y resistencia. Por tanto, al reducir la cantidad de estas partículas, se logra una distribución más uniforme de los materiales, lo que contribuye a una mayor cohesión y resistencia estructural del material.

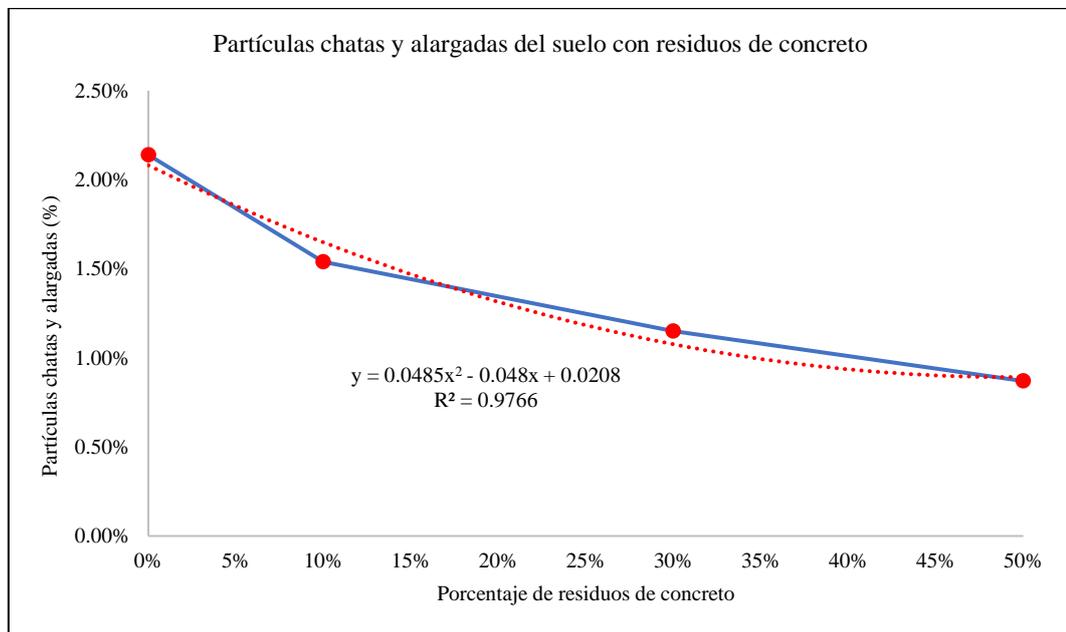
Así mismo, Luoma (2024), también resalta que, las partículas chatas y alargadas tienden a ser menos estables y más susceptibles a la deformación bajo cargas de tráfico repetidas. Al minimizar su presencia, se reduce la probabilidad de deformación permanente en la subbase granular, lo que prolonga la vida útil del pavimento y reduce la necesidad de mantenimiento frecuente.

Siendo así, la reducción de las partículas chatas y alargadas conforme al incremento del porcentaje de residuos de concreto en la subbase granular,

concuerta con los hallazgos de otros autores. Readdy et al. (2024) afirman que, los residuos de concreto triturados tienden a tener una forma más angular y menos plana en comparación con las partículas de suelo natural. Al mezclar estos residuos con el suelo, se puede modificar la distribución de tamaños de partículas, lo que reduce la proporción de partículas chatas y alargadas en la mezcla final. Además, Castillo et al. (2024) argumenta que, las partículas más angulares y menos planas provenientes de los residuos de concreto pueden encajar de manera más eficiente entre sí y con las partículas del suelo natural durante el proceso de compactación. Esto facilita la formación de una estructura más compacta y cohesiva en la subbase granular, lo que reduce la presencia de espacios vacíos y mejora la capacidad de carga del material.

Figura 30

Partículas Chatas y Alargadas del Suelo con Residuos de Concreto



Nota: El porcentaje de partículas chatas y alargadas en la subbase granular combinada se relaciona directamente con el porcentaje de residuos de concreto, siendo así, este disminuye en relación al aumento de los residuos, tal como lo confirma la regresión directamente proporcional positiva con R2 de 0.98.

4.1.2. *Propiedades químicas de la subbase granular con residuos de concreto*

Las propiedades químicas (sales solubles) de la subbase granular eran iguales a tan solo 0.083%, siendo así, el contenido de sales solubles en el suelo natural es bastante bajo. Esto es importante, debido a que, las sales solubles pueden contribuir a la corrosión de las estructuras de pavimento y de las armaduras metálicas en los proyectos de construcción. Así mismo, la presencia de sales solubles puede acelerar el proceso de deterioro del concreto y otros materiales utilizados en la construcción, lo que reduce la durabilidad y vida útil del pavimento.

Tabla 32

Sales Solubles en el Suelo con Residuos de Concreto

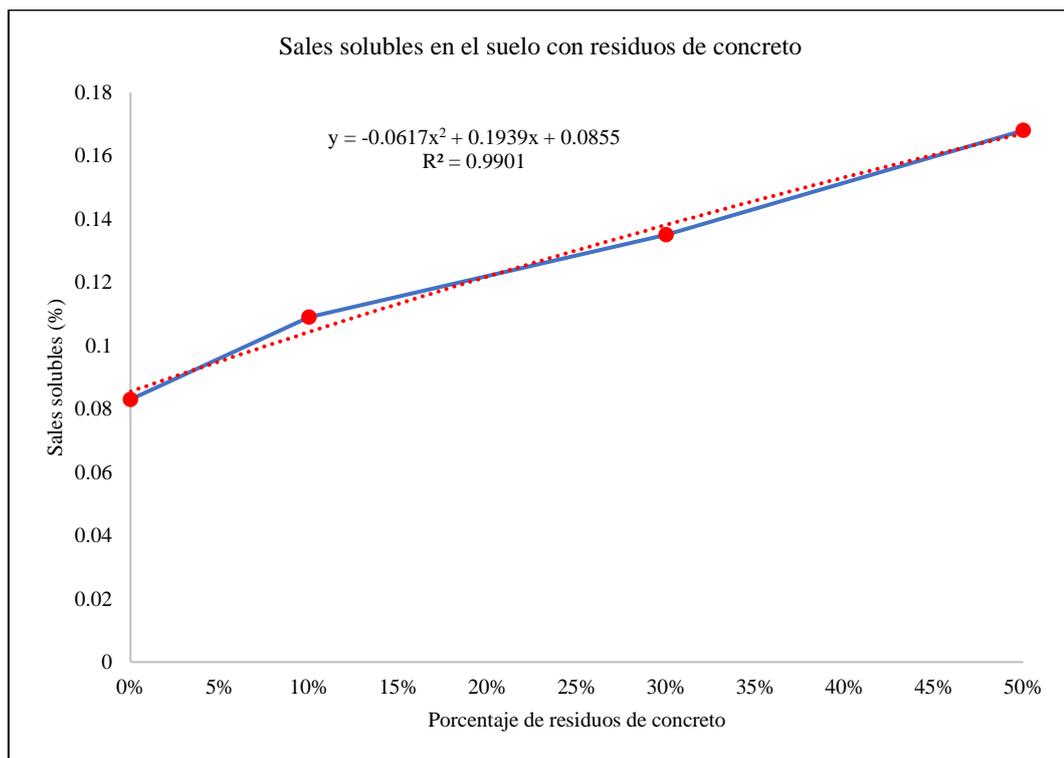
Porcentaje de RCD	Sales solubles	Porcentaje de aumento
0%	0.083	0.00%
10%	0.109	31.33%
30%	0.135	62.65%
50%	0.168	102.41%

Por ello, idealmente una subbase granular debería tener un contenido de sales solubles nulo o lo más bajo posible, aunque al aumentar el contenido de residuos de concreto en la combinación, también aumenta, alcanzando valores de 0.11, 0.14 y 0.17% cuando se combina el suelo natural con 10%, 30% y 50% de residuos de concreto. Esto se debe a que, según explica Díaz (2024) durante el proceso de trituración de los residuos de concreto, es posible que se generen partículas finas que contienen sales solubles adheridas a la superficie. Así mismo, de acuerdo a Barbieri et al. (2024) la interacción entre los materiales del suelo y los residuos de concreto puede desencadenar reacciones químicas que liberan sales solubles en la mezcla.

Pero ciertamente, no hay un límite específico establecido universalmente para el contenido de sales solubles en la subbase granular, ya que puede variar dependiente de factores como, tipo de suelo, condiciones climáticas y especificaciones del proyecto, según Esquivel & Marcelo (2024). Pero en el país, de acuerdo a la EG-2013 (MTC, 2015) se considera que, un contenido de sales solubles menor al 1% es aceptable. Por tanto, en todos los casos las combinaciones no superan dicho rango límite de sales solubles a pesar del incremento, y, por tanto, puede ser utilizados en aplicaciones de pavimentación.

Figura 31

Sales Solubles en el Suelo con Residuos de Concreto



Nota: El contenido de sales solubles es directamente proporcional al porcentaje de residuos de concreto en la combinación con el suelo natural, es decir a mayor porcentaje de residuos mayor contenido de sales solubles, así se puede identificar en la regresión cuadrática con R2 de 0.99. Por tanto, la relación es positiva, directa y ascendente para el contenido de sales solubles.

4.1.3. *Propiedades mecánicas de la subbase granular con residuos de concreto*

4.1.3.1. Resistencia al desgaste

El suelo natural inicialmente tenía un porcentaje de desgaste de 25.20%, significando este valor su resistencia al proceso de abrasión. Un bajo porcentaje de desgaste por abrasión indica que los materiales de la subbase son más resistentes a la acción del tráfico y al desgaste causado por la fricción entre las partículas.

Tabla 33

Porcentaje de Desgaste del Suelo con Residuos de Concreto

Residuos de concreto	Porcentaje de desgaste (%)	Porcentaje de aumento
0%	25.20	0.00%
10%	31.70	25.79%
30%	38.10	51.19%
50%	39.50	56.75%

No obstante, al ir incrementando se le incorpora mayor porcentaje de residuos de concreto a la mezcla, también se está generando que, el porcentaje de aumento del desgaste sea mayor, siendo así, cuando se mezcla 50% de suelo natural y 50% de residuos de concreto, la subbase granular alcanza 39.50% de desgaste, lo que, representa un aumento del 56.75% de desgaste por abrasión. Esto se debe a la diferencia en la textura y la dureza entre las partículas de suelo natural y los residuos de concreto, lo que según Neria (2023) puede resultar en una mayor fricción y desgaste entre ellas.

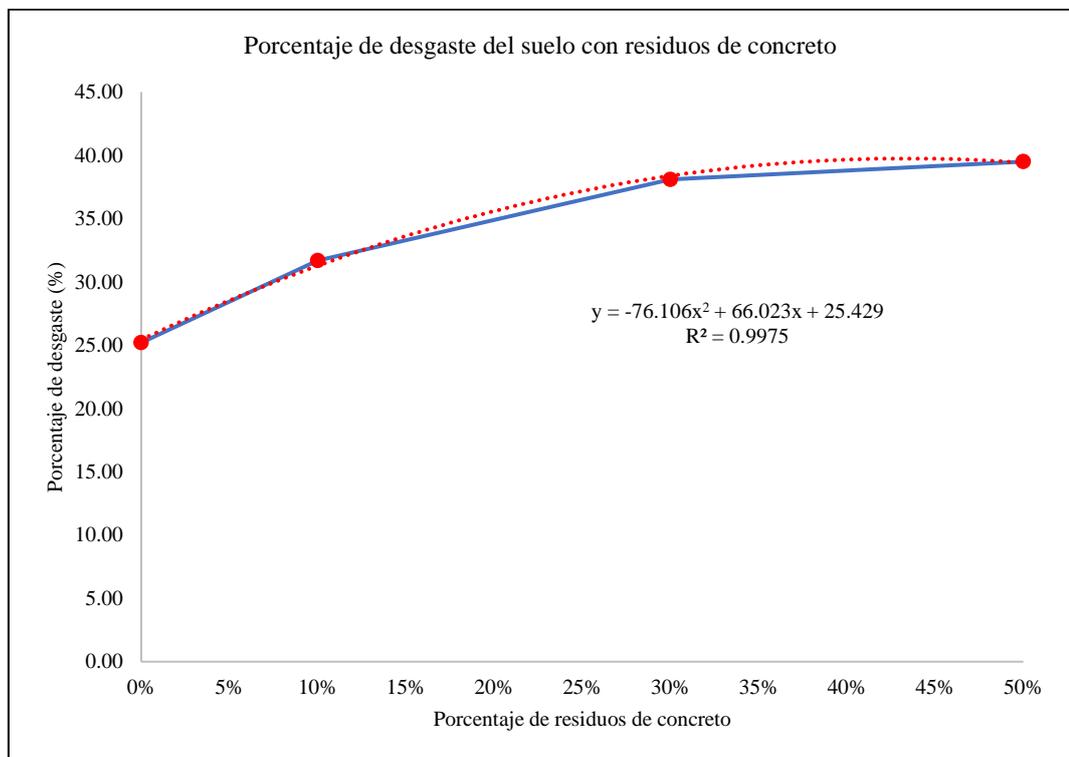
Así mismo, Neria (2023) también resalta que, los residuos de concreto triturado suelen tener una menor cohesión en comparación con el suelo natural. Esto puede hacer que la mezcla sea más susceptible al desgaste por abrasión, ya que las

partículas tienden a desprenderse más fácilmente bajo la acción del tráfico y otros esfuerzos mecánicos.

Sin embargo, a pesar de este incremento en el porcentaje de desgaste, todas las combinaciones de suelo natural con residuos de concreto, tienen valores inferiores al máximo dado por la EG-2013 (MTC, 2015), de 50%, por tanto, aunque ciertamente el porcentaje de desgaste aumenta continúa siendo viable para su aplicación como subbase granular.

Figura 32

Porcentaje de Desgaste del Suelo con Residuos de Concreto



Nota: El porcentaje de desgaste por abrasión es directamente proporcional al porcentaje de residuos de concreto en la combinación con el suelo natural, es decir a mayor porcentaje de residuos mayor porcentaje de desgaste por abrasión, así se puede identificar en la regresión cuadrática con R^2 de 0.99. Por tanto, la relación es positiva, directa y ascendente para el porcentaje de desgaste por abrasión.

4.1.3.2. Compactación

El suelo natural de El Suro para ser compactado requiere 7% de óptimo contenido de humedad (OCH), para alcanzar 2.03 g/cm³ de máxima densidad seca (MDS), siendo esta la mayor cantidad de partículas de suelo que se pueden empaquetar juntas, lo que resulta en una estructura más resistente y estable.

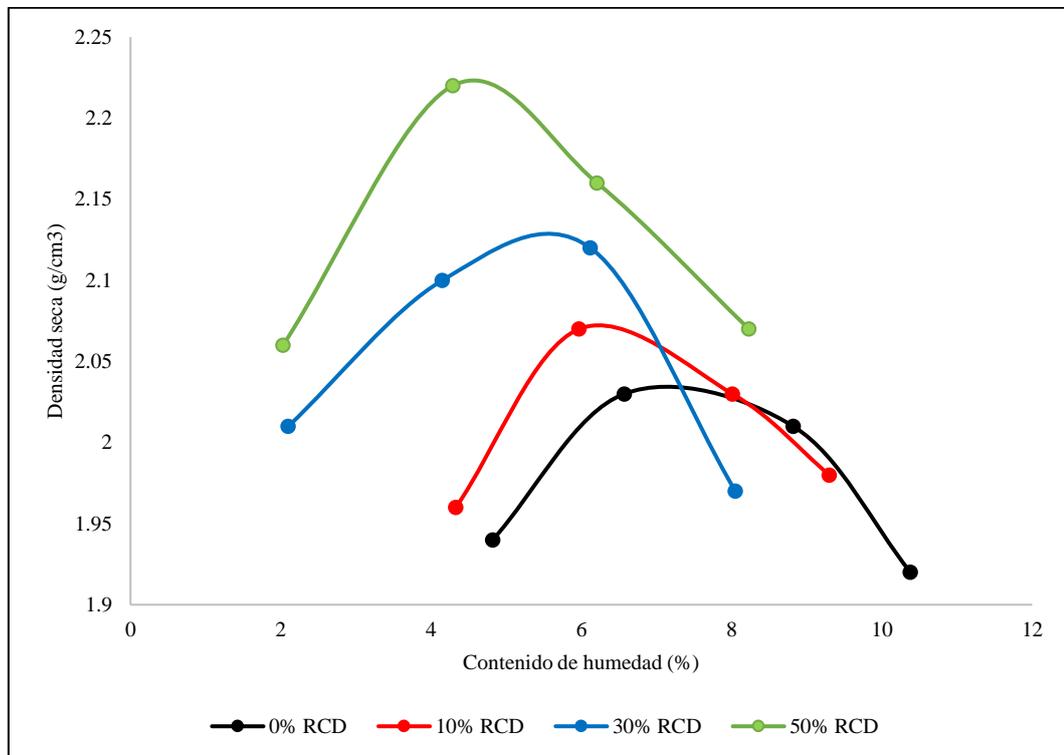
Tabla 34

Compactación del Suelo con Residuos de Concreto

Residuos de concreto en la mezcla con suelo natural				
Compactación	0%	10%	30%	50%
MDS (g/cm ³)	2.03	2.07	2.13	2.22
OCH (%)	7	6.2	5.5	4.8

Figura 33

Curva de Compactación del Suelo con Residuos de Concreto



Pero, al aumentar el porcentaje de residuos de concreto en la combinación con el suelo natural la máxima densidad seca aumenta, de forma creciente alcanzando 2.22 g/cm³, cuando se mezcla 50% de suelo natural y 50% de residuos de concreto, lo que representa un aumento del 9.36% respecto al suelo natural.

Tabla 35

Máxima Densidad Seca del Suelo con Residuos de Concreto

Residuos de concreto	MDS (%)	Porcentaje de aumento
0%	2.03	0.00%
10%	2.07	1.97%
30%	2.13	4.93%
50%	2.22	9.36%

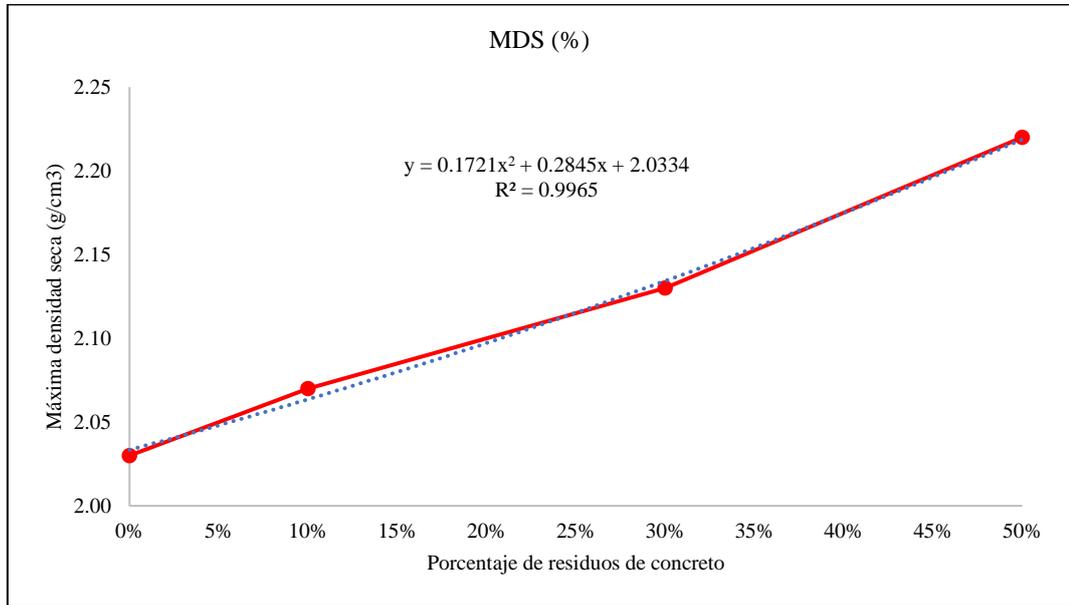
Esto se debe a que, según Muhmood (2024), los residuos de concreto, al ser triturados, pueden actuar como partículas más grandes y angulosas en comparación con el suelo natural. Esta textura más áspera y la presencia de fragmentos de concreto pueden promover una mejor interacción entre las partículas del suelo y aumentar la densidad máxima que puede alcanzarse durante la compactación.

Así mismo, según Sahu et al. (2024) los residuos de concreto pueden llenar los espacios vacíos entre las partículas del suelo, lo que reduce la porosidad y aumenta la densidad aparente del material compactado.

También, la presencia de residuos de concreto puede proporcionar cierta capacidad de unión entre las partículas del suelo, lo que ayuda a compactar el material de manera más eficiente y aumentar la densidad seca máxima, según lo comprobó Ruiz (2023) al combinar el suelo natural con residuos del proceso de trituración de piedra chancada, siendo este uno de los componentes de los residuos de concreto de demolición.

Figura 34

Máxima Densidad Seca del Suelo con Residuos de Concreto



Nota: El valor R es 0.99 por tanto, la regresión cuadrática entre el porcentaje de residuos de concreto y la MDS de la subbase granular es alta, directa y positiva, es decir a mayor porcentaje de residuos de concreto en la combinación mayor MDS.

Otro aspecto a considerar es que, al aumentar el porcentaje de residuos de concreto en la mezcla con suelo natural, el óptimo contenido de humedad disminuye de forma continua, es decir a mayor porcentaje de residuos de concreto en la combinación menor porcentaje de OCH. Para la mezcla de suelo natural con 50% de residuos de concreto se obtiene 4.8% de OCH, lo que representa una reducción del 31.43% respecto al suelo natural.

Tabla 36

Óptimo Contenido de Humedad del Suelo con Residuos de Concreto

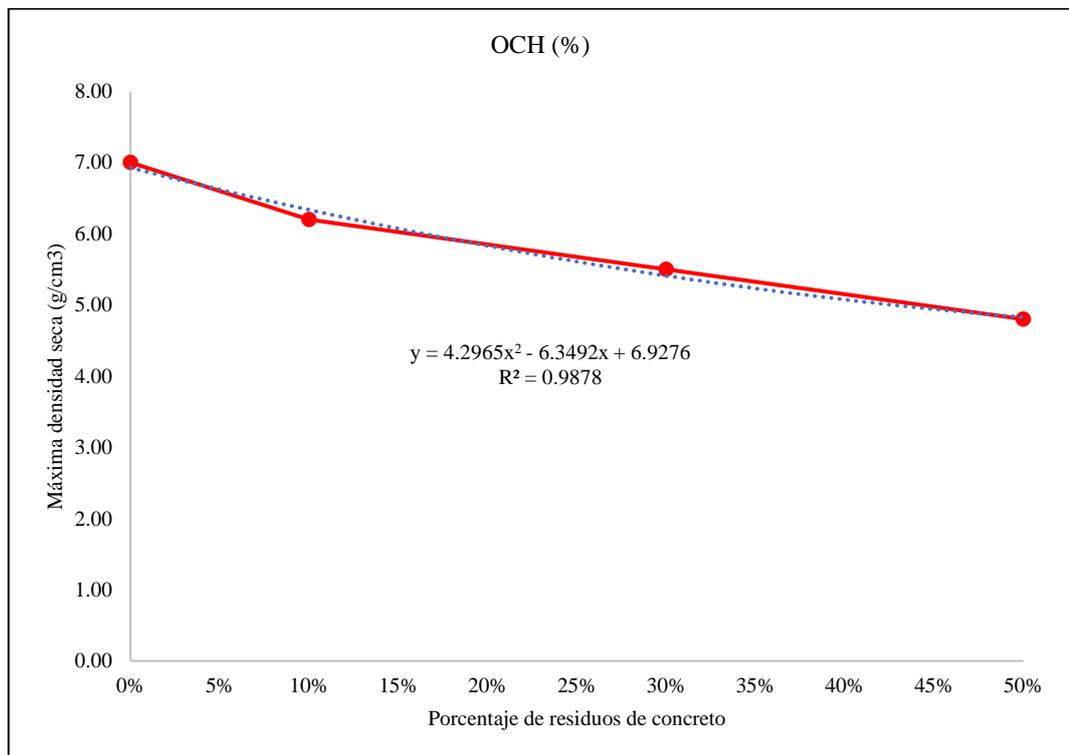
Residuos de concreto	OCH (%)	Porcentaje de reducción
0%	7.00	0.00%
10%	6.20	-11.43%
30%	5.50	-21.43%
50%	4.80	-31.43%

Esto según Sahu et al. (2024) se debe a que, los residuos de concreto, al ser triturados, llenan los espacios vacíos entre las partículas del suelo. Esto reduce la porosidad total del material y disminuye la cantidad de agua que puede retener el suelo, lo que resulta en una menor cantidad de agua requerida para lograr la máxima compactación.

Además, Ruiz (2023) resalta que, al requerir menos agua para la compactación, se reduce el tiempo y los costos asociados con el proceso de construcción de la subbase granular. Además de que, la reducción del óptimo contenido de humedad puede facilitar un control más preciso durante el proceso de compactación, lo que garantiza una densidad uniforme y consistente en toda la subbase.

Figura 35

Óptimo Contenido de Humedad del Suelo con Residuos de Concreto



Nota: El valor R es 0.99 por tanto, la regresión cuadrática entre el porcentaje de residuos de concreto y el OCH de la subbase granular es alta, directa y negativa, es decir a mayor porcentaje de residuos de concreto en la combinación menor OCH.

4.1.3.3. Capacidad de soporte (CBR)

La capacidad de soporte (CBR) del suelo natural al 100% de MDS es de 46.80%, por tanto, tiene el CBR suficiente para ser utilizado como material de afirmado o como subbase granular (mayor a 40%), pero no como base granular (mayor a 80%). Sin embargo, al adicionar residuos de concreto para formar mezclas con 10%, 30% y 50% de este material residual, se ha logrado incrementar el CBR alcanzando valores de 50.7%, 60.47% y 78%, lo que representa un aumento del 13.75%, 56.80% y 113.09%, respectivamente.

Esto se debe, según Alam et al. (2024) a que, el concreto es un material duro y resistente que proporciona una contribución significativa a la resistencia total del suelo cuando se mezcla con él. Los residuos de concreto pueden aumentar la resistencia a la compresión del suelo, lo que mejora su capacidad de soporte.

Además, Sahu et al. (2024) recalcan que, los residuos de concreto pueden mejorar la estabilidad del suelo al proporcionar una base más sólida y resistente para soportar las cargas aplicadas. Esto puede reducir la deformación del suelo bajo carga y mejorar su capacidad para resistir el movimiento y la erosión.

Sin embargo, a pesar del incremento en las características mecánicas, el CBR no alcanza el valor indicado (mayor a 80%) para clasificarse como base granular, no obstante, si alcanza la categoría de subbase granular para su uso en construcción, cuando se adiciona el 30% de residuos de concreto.

Tabla 37

Capacidad de Soporte (CBR) del Suelo con Residuos de Concreto

CBR (%)	Residuos de concreto en la mezcla con suelo natural			
	0%	10%	30%	50%
Al 100% MDS	46.8	50.7	60.47	78
Al 95% MDS	33.45	38.05	52.45	71.28

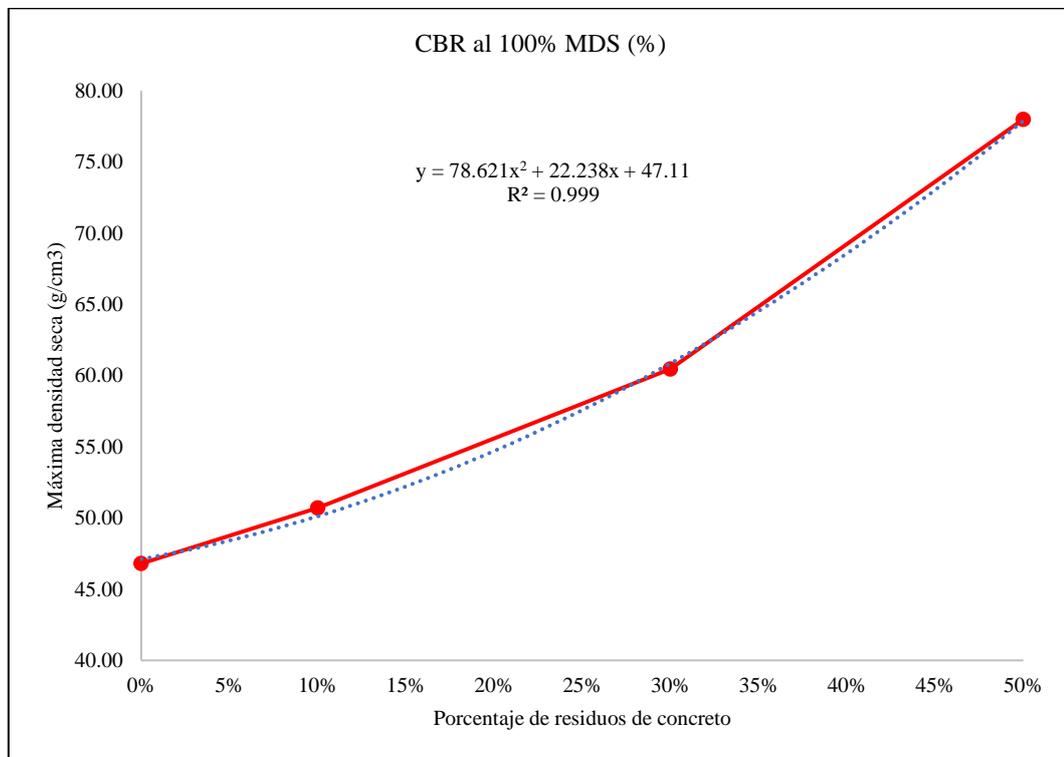
Tabla 38

CBR al 100% MDS del Suelo con Residuos de Concreto

Residuos de concreto	CBR al 100% MDS (%)	Porcentaje de aumento
0%	46.80	0.00%
10%	50.70	8.33%
30%	60.47	29.21%
50%	78.00	66.67%

Figura 36

CBR al 100% MDS del Suelo con Residuos de Concreto



Nota: El porcentaje de capacidad de soporte (CBR) al 100% MDS es directamente proporcional al porcentaje de residuos de concreto en la combinación con el suelo natural, es decir a mayor porcentaje de residuos mayor CBR, así se puede identificar en la regresión cuadrática con R² de 0.99. Por tanto, la relación es positiva, directa y ascendente para el porcentaje de CBR al 100% MDS.

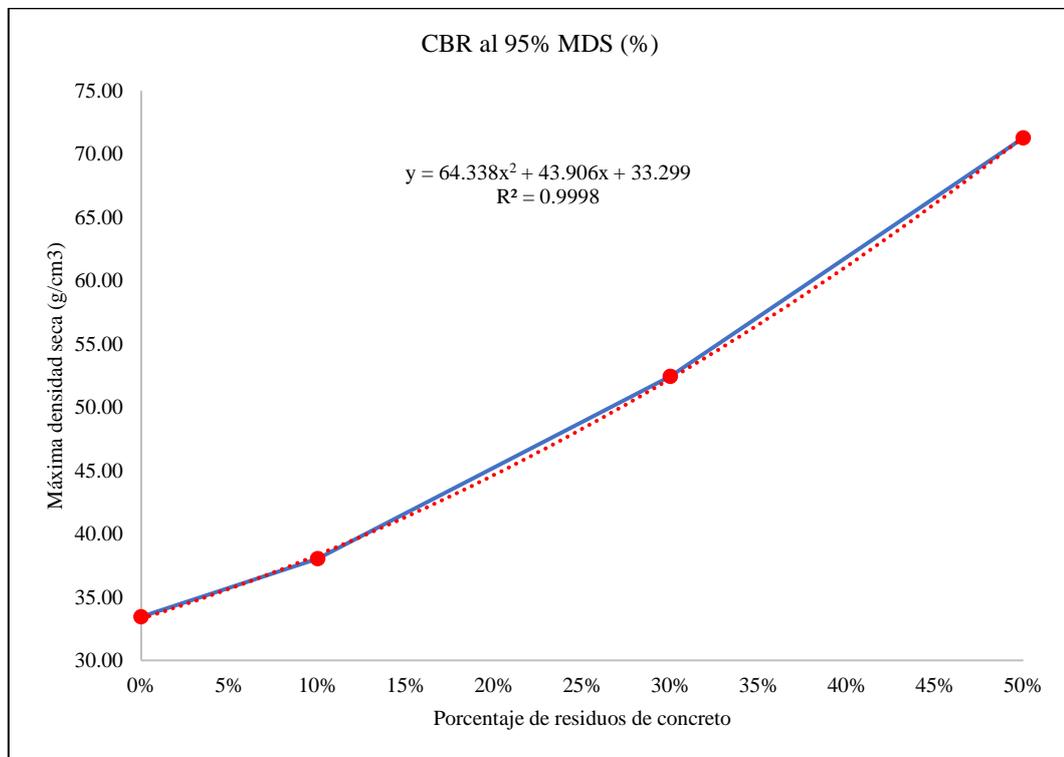
Tabla 39

CBR al 95% MDS del Suelo con Residuos de Concreto

Residuos de concreto	CBR al 95% MDS (%)	Porcentaje de reducción
0%	33.45	0.00%
10%	38.05	13.75%
30%	52.45	56.80%
50%	71.28	113.09%

Figura 37

CBR al 95% MDS del Suelo con Residuos de Concreto



Nota: El porcentaje de capacidad de soporte (CBR) al 100% MDS es directamente proporcional al porcentaje de residuos de concreto en la combinación con el suelo natural, es decir a mayor porcentaje de residuos mayor CBR, así se puede identificar en la regresión cuadrática con R2 de 0.99. Por tanto, la relación es positiva, directa y ascendente para el porcentaje de CBR al 100% MDS.

4.1.4. Análisis de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la subbase granular con residuos de concreto

La inclusión de residuos de concreto en la mezcla de suelo de la cantera El Suro para formar una subbase granular modifica las propiedades del suelo de diversas maneras, debido a las características físicas, mecánicas y químicas inherentes a los residuos de concreto. A continuación, se explican los efectos de los residuos de concreto en el suelo de la cantera El Suro:

- Reducción de la humedad natural: Los residuos de concreto tienen una menor capacidad de retener agua en comparación con el suelo natural debido a su menor porosidad. Al mezclarlos con el suelo, la mezcla resultante retiene menos agua, reduciendo la humedad natural del suelo.
- Disminución del límite líquido: El límite líquido indica la menor humedad en la cual un suelo pasa de estado líquido a plástico. Los residuos de concreto, al ser más granulares y menos absorbentes, reducen la cantidad de agua necesaria para que el suelo alcance el estado líquido, disminuyendo el límite líquido.
- Incremento del límite plástico: Este incremento sugiere que la mezcla puede soportar más humedad antes de comportarse de manera plástica. Esto se debe a la adición de partículas más gruesas y menos absorbentes que mejoran la estructura del suelo, permitiendo que retenga más agua sin perder cohesión.
- Disminución del índice de plasticidad: El índice de plasticidad disminuye porque la mezcla se vuelve menos susceptible a cambios en las propiedades con la variación de la humedad. Esto es resultado de la adición de residuos de concreto, que estabilizan la mezcla y reducen su plasticidad.
- Aumento del equivalente de arena: Los residuos de concreto incrementan la proporción de partículas granulares en la mezcla, lo que mejora la calidad del

suelo como material de subbase al aumentar el equivalente de arena, indicativo de mejor resistencia a la compresión y menor susceptibilidad a la deformación.

- Reducción de partículas chatas y alargadas: Las partículas de concreto reciclado suelen ser más angulares y uniformes en comparación con las partículas chatas y alargadas presentes en algunos suelos. Esto mejora la interacción entre partículas y la resistencia mecánica de la subbase.
- Incremento del contenido de sales solubles: Los residuos de concreto pueden contener sales solubles remanentes del proceso de curado o degradación. Por lo que, su adición incrementa el contenido de estas sales en la mezcla.
- Aumento del porcentaje de desgaste: La presencia de concreto reciclado, más frágil que los agregados naturales vírgenes, incrementa el desgaste de la mezcla bajo condiciones de tráfico pesado o abrasión mecánica.
- Aumento de la máxima densidad seca: La inclusión de residuos de concreto aumenta la densidad de la mezcla debido a la densidad intrínseca mayor del concreto comparada con el suelo natural. Esto conduce a una subbase más compacta y estable.
- Reducción del óptimo contenido de humedad: La mezcla requiere menos agua para alcanzar su máxima densidad debido a la menor absorción de los residuos de concreto, lo que facilita la compactación y mejora la eficiencia en el uso del agua.
- Aumento de la capacidad de soporte (CBR): La adición de residuos de concreto mejora la estructura granular de la mezcla, aumentando su capacidad para distribuir cargas y resistir la deformación, lo que se refleja en un mayor valor de CBR.

Estos cambios en las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo al incluir residuos de concreto en la subbase granular ofrecen beneficios significativos en términos de estabilidad y resistencia (propiedades mecánicas).

Tabla 40

Propiedades Físicas, Químicas y Mecánicas de la Subbase Granular con Residuos de Concreto

Propiedades	Residuos de concreto en la mezcla con suelo natural			
	0%	10%	30%	50%
Humedad	9.41	8.44	7.43	6.77
% de variación	0.00%	-10.31%	-21.04%	-28.06%
LL (%)	31.08	30.71	30.45	30.35
% de variación	0.00%	-1.19%	-2.03%	-2.35%
LP (%)	19.1	20.67	21.83	22.43
% de variación	0.00%	8.22%	14.29%	17.43%
IP (%)	11.98	10.04	8.62	7.92
% de variación	0.00%	-16.19%	-28.05%	-33.89%
Equivalente de Arena (%)	12.67	15.03	15.60	19.17
% de variación	0.00%	18.68%	23.16%	51.32%
Partículas chatas y alargadas	2.14%	1.54%	1.15%	0.87%
% de variación	0.00%	-28.04%	-46.26%	-59.35%
Sales solubles (%)	0.083	0.109	0.135	0.168
% de variación	0.00%	31.33%	62.65%	102.41%
Porcentaje de desgaste (%)	25.2	31.7	38.1	39.5
% de variación	0.00%	25.79%	51.19%	56.75%
MDS (g/cm ³)	2.03	2.07	2.13	2.22
% de variación	0.00%	1.97%	4.93%	9.36%
OCH (%)	7	6.2	5.5	4.8
% de variación	0.00%	-11.43%	-21.43%	-31.43%
CBR al 100% MDS	46.8	50.7	60.47	78
% de variación	0.00%	8.33%	29.21%	66.67%
CBR al 95% MDS	33.45	38.05	52.45	71.28
% de variación	0.00%	13.75%	56.80%	113.09%

4.1.5. Verificación del cumplimiento de la subbase granular con residuos de concreto con la EG-2013 (MTC, 2015)

El suelo natural de la cantera El Suro tiene algunas de las características necesarias para ser considerado una subbase granular, según lo estipulado en la EG-2013 (MTC, 2015). Sin embargo, no cumple totalmente con todos los requisitos. Por ejemplo, el límite líquido e índice de plasticidad están por encima del rango sugerido y el equivalente de arena no cumple con el mínimo especificado.

A pesar de esto, hay aspectos en los que el suelo natural sí cumple con los criterios de la EG-2013 (MTC, 2015), como el porcentaje de partículas chatas y alargadas, el porcentaje de sales solubles y el porcentaje de desgaste del suelo, que se mantienen dentro de los límites especificados.

Uno de los puntos más importantes a considerar es el CBR del suelo. Se espera que este valor sea mayor al 40%, pero al trabajar al 95% de la MDS, el CBR alcanza únicamente el 33.45%, lo cual no cumple con el rango mínimo establecido por la normativa. Sin embargo, al trabajar al 100% de la MDS, el CBR sí cumple con el requisito, llegando a un valor de 46.80%. En este sentido, aunque el suelo natural de la cantera El Suro tiene características de un afirmado, no cumple completamente con los requisitos para ser considerado una subbase granular según la normativa vigente.

Además, es importante mencionar que la incorporación de residuos de concreto en el suelo no solo mejora sus propiedades físicas, mecánicas y químicas, sino que también tiene un impacto positivo en la capacidad de soporte del suelo. Se ha demostrado que una mezcla con un 50% de residuos de concreto puede lograr características superiores en comparación con otras proporciones. A pesar de esto,

es importante destacar que no se logra cumplir completamente con las especificaciones establecidas en la normativa EG-2013 (MTC, 2015).

Por ejemplo, aunque el límite líquido se reduce significativamente al 30.35%, todavía supera el límite máximo del 25% establecido. De manera similar, el índice de plasticidad disminuye a 7.92%, pero sigue por encima del límite máximo del 6%. Asimismo, el equivalente de arena aumenta hasta 19.17%, pero aún no alcanza el mínimo requerido del 25%. A pesar de estas limitaciones, las características relacionadas con partículas chatas y alargadas, así como el porcentaje de sales solubles y el porcentaje de desgaste del suelo, siguen cumpliendo con los estándares establecidos en la normativa.

Lo más destacado de la mezcla de suelo con residuos de concreto es su capacidad de soporte, medida a través del CBR. Se ha observado que esta mezcla puede llegar a tener una capacidad de soporte cercana a la de una base granular, con un CBR mínimo del 80% e incluso superior a la de una subbase granular con un CBR mínimo del 40%. Con tan solo 30% de residuos de concreto, se puede alcanzar una subbase granular cuyo CBR supere el 40% al 95% MDS.

A pesar de los beneficios en términos de capacidad mecánica, es importante señalar que el uso de residuos de concreto en el suelo requiere de un mayor número de estudios para comprender las implicaciones de no cumplir con otras características importantes como el límite líquido, índice de plasticidad y equivalente de arena. Sin embargo, su aplicación en la construcción de falsos pisos ha sido recomendada por expertos, como Onyelowe et al. (2024), debido a que se busca maximizar la capacidad de soporte del suelo, objetivo que se ha logrado mediante la adición de residuos de concreto.

Tabla 41

Verificación del Cumplimiento de la Subbase Granular con Residuos de Concreto con la EG-2013 (MTC, 2015)

Propiedades	Residuos de concreto en la mezcla				EG-2013 (MTC, 2015)
	0%	10%	30%	50%	
Humedad	9.41	8.44	7.43	6.77	
LL (%)	31.08	30.71	30.45	30.35	Máx. 25%
LP (%)	19.1	20.67	21.83	22.43	
IP (%)	11.98	10.04	8.62	7.92	Máx. 6%
SUCS	GP	GP-GC	GP-GC	GW-GC	
AASHTO	A - 2 - 6 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4(0)	A-1-4(0)	
Equivalente de Arena (%)	12.67	15.03	15.60	19.17	Mín. 25%
Partículas chatas y alargadas	2.14%	1.54%	1.15%	0.87%	Máx. 20%
Sales solubles (%)	0.08	0.11	0.14	0.17	Máx. 1%
Porcentaje de desgaste (%)	25.20	31.70	38.10	39.50	Máx. 50%
MDS (g/cm ³)	2.03	2.07	2.13	2.22	
OCH (%)	7.00	6.20	5.50	4.80	
CBR al 100% MDS	46.80	50.70	60.47	78.00	Mín. 80% para base
CBR al 95% MDS	33.45	38.05	52.45	71.28	Mín. 40% para subbase

Figura 38

Comparación del Límite Líquido del Suelo con Residuos de Concreto

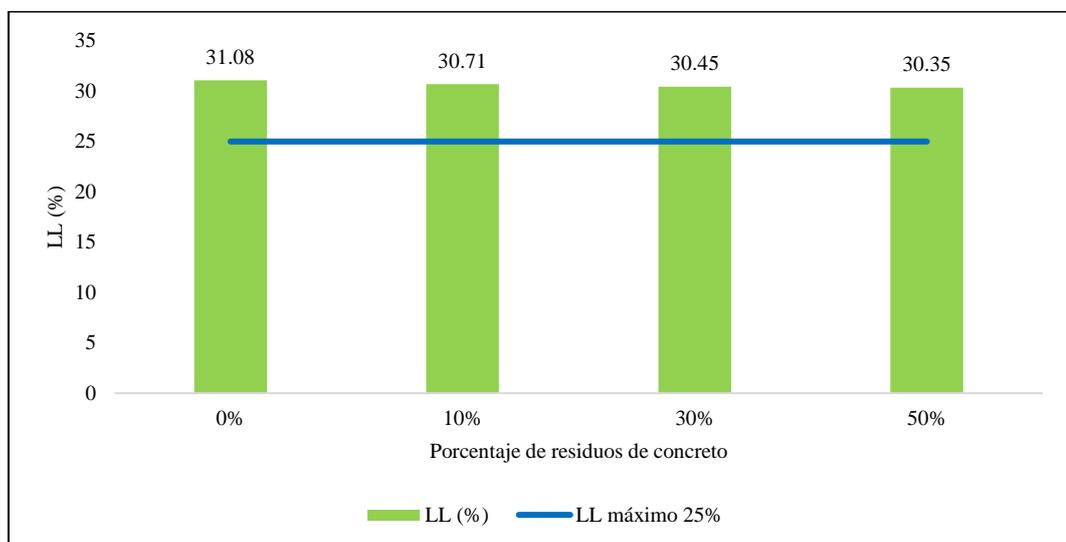


Figura 39

Comparación del Límite Plástico del Suelo con Residuos de Concreto

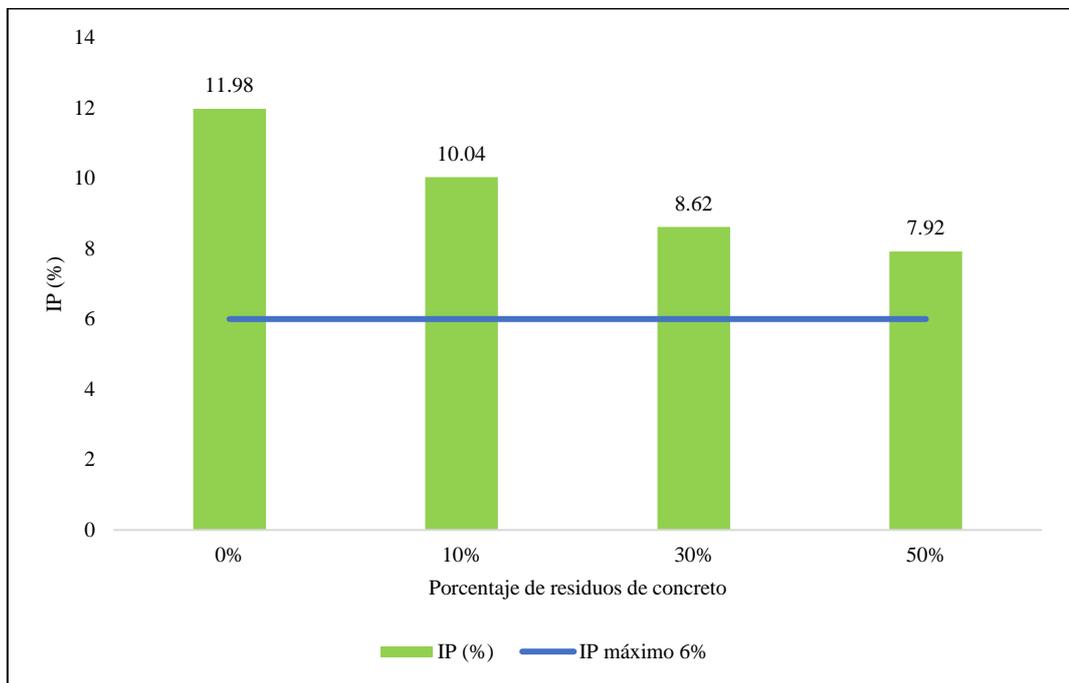


Figura 40

Comparación del Equivalente de Arena del Suelo con Residuos de Concreto

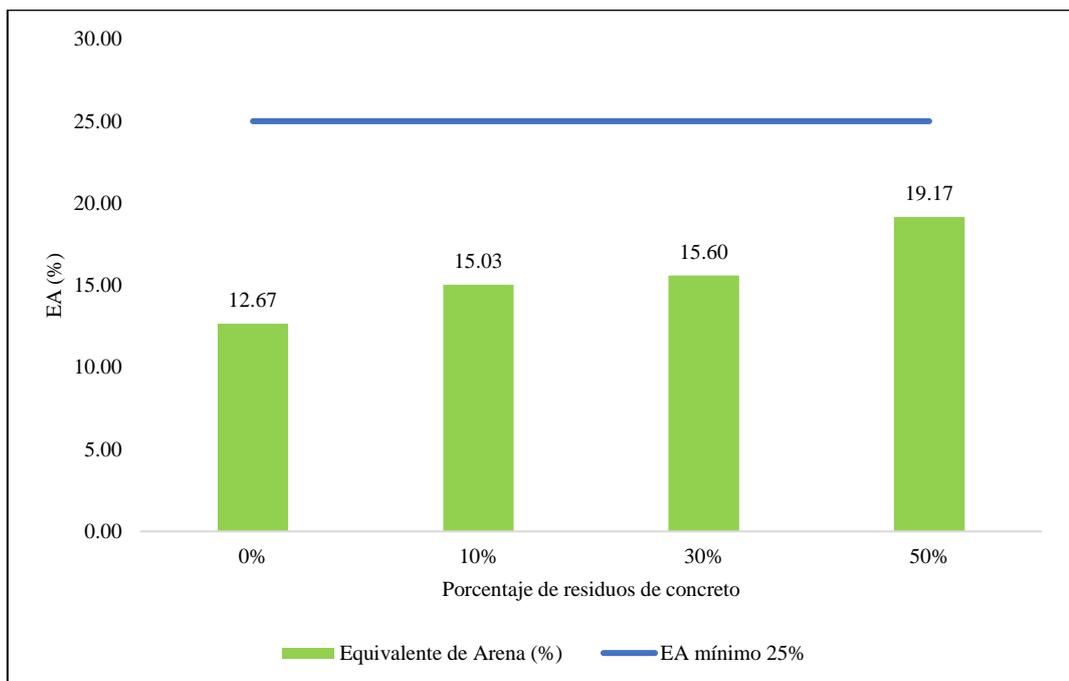


Figura 41

Comparación de las Partículas Chatas y Alargadas del Suelo con Residuos de Concreto

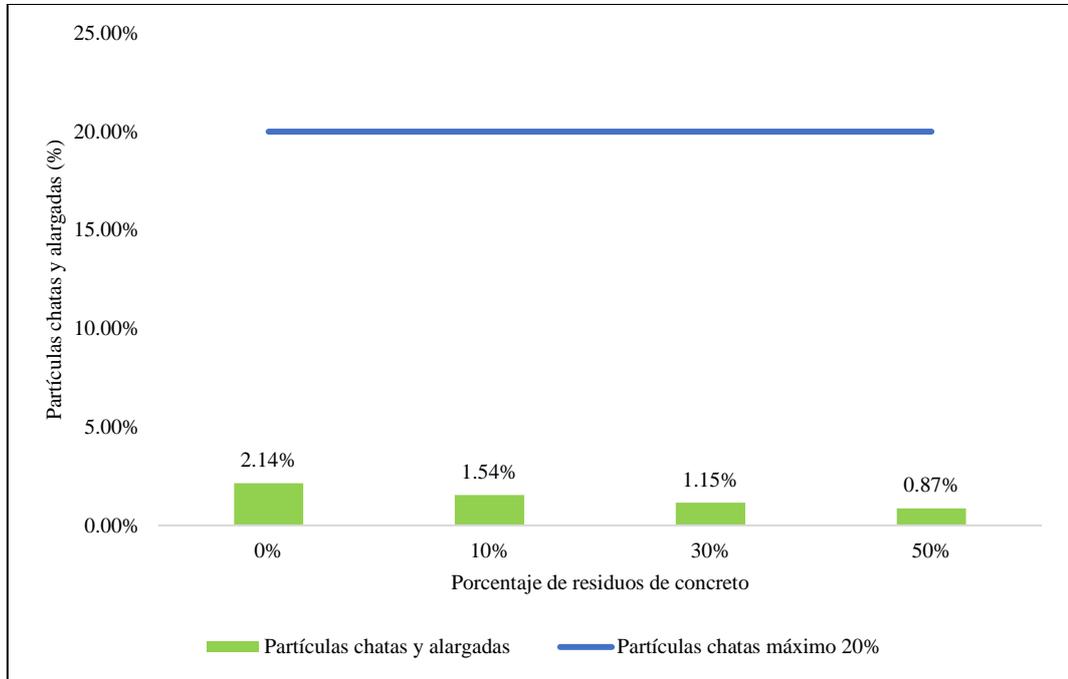


Figura 42

Comparación de las Sales Solubles del Suelo con Residuos de Concreto

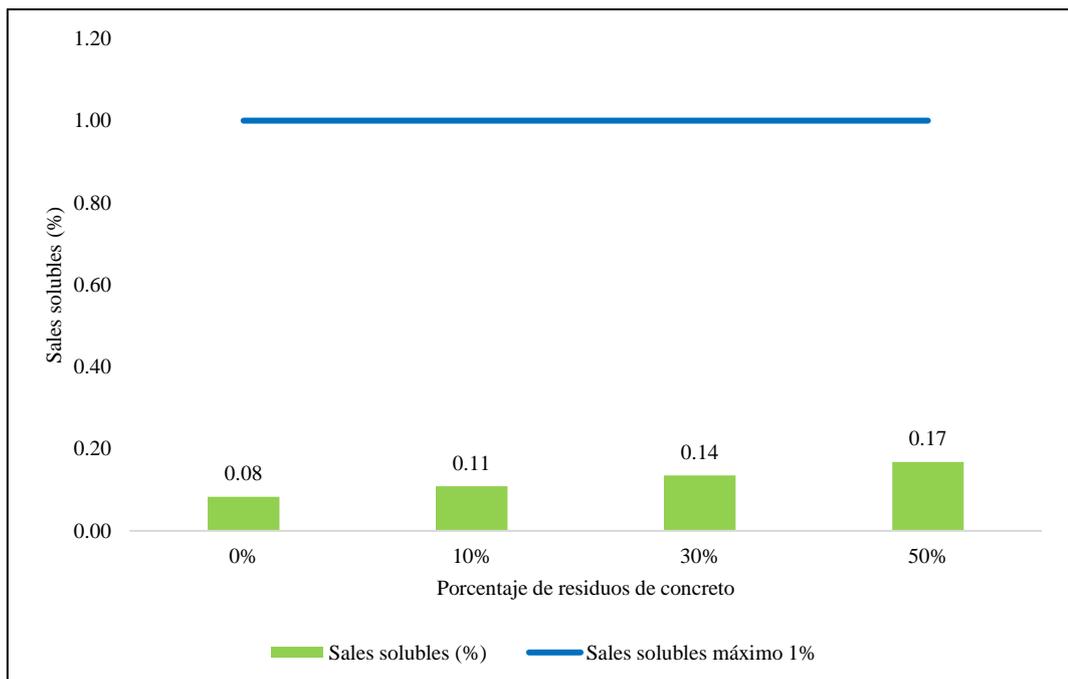


Figura 43

Comparación del Porcentaje de Desgaste por Abrasión del Suelo con Residuos de Concreto

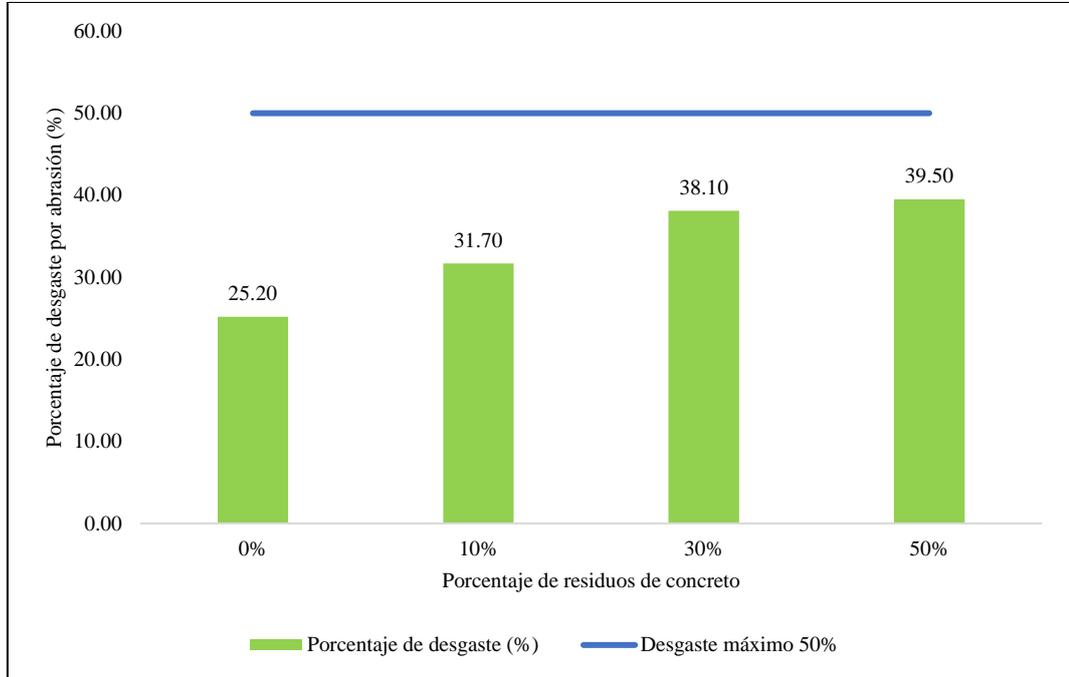
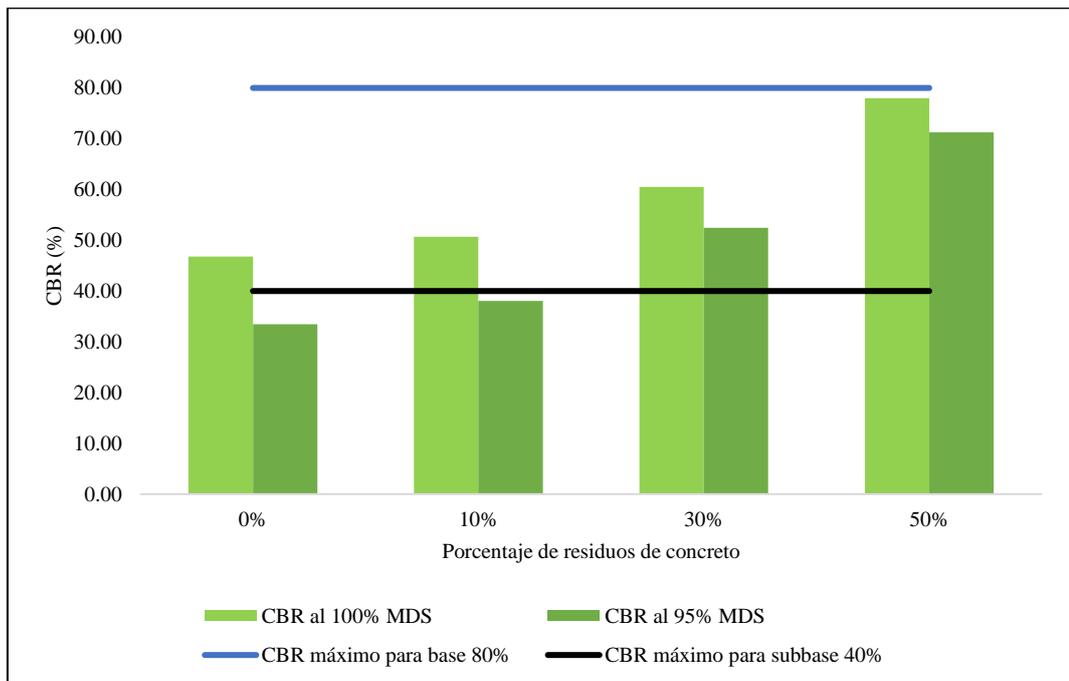


Figura 44

Comparación del CBR del Suelo con Residuos de Concreto



4.2. Contrastación de hipótesis

Para contrastar la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1) se ha utilizado el programa Minitab 22. Para ello, inicialmente se ha verificado la normalidad de los datos, determinando que siguen una tendencia normal, por tanto, se ha aplicado la prueba paramétrica ANOVA (Análisis de varianzas), para comprobar si los residuos de concreto influyen en las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la subbase granular combinada. La prueba se realizó para un nivel de confianza del 95%, con un nivel de significancia del 5% (0.05). Siendo así, cuando el valor p es menor a 0.05, se acepta H_1 , pero cuando el valor p es mayor a 0.05 se acepta H_0 .

- H_0 : La subbase granular formada con suelo de la cantera El Suro no modifica su comportamiento físico, químico y mecánico cuando se combina con residuos de concreto de demolición (No hay diferencia significativa entre las propiedades de acuerdo al porcentaje de residuos de concreto en la subbase granular).
- H_1 : La subbase granular formada con suelo de la cantera El Suro modifica su comportamiento físico, químico y mecánico cuando se combina con residuos de concreto de demolición (Hay diferencia significativa entre las propiedades de acuerdo al porcentaje de residuos de concreto en la subbase granular).

En la tabla 43, se ha determinado que, todas las propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, equivalente de arena, partículas aplanadas y alargadas), químicas (Sales solubles) y mecánicas (resistencia al desgaste, compactación, CBR de laboratorio) se ven influenciadas por el porcentaje de residuos de concreto en la subbase granular. No obstante, a pesar que, este efecto es positivo no es suficiente para que cumpla con todos los requisitos de la EG-

2015, considerando que, el LL, IP y EA no cumplen los límites dados para una subbase granular, mientras que, todas las otras propiedades cumplen con tales requisitos, esto se verificó por medio de la prueba t-student en la tabla 44. Siendo así, se ha determinado con una probabilidad del 62.5% que se acepta la hipótesis alternativa (H1) la subbase granular formada con suelo de la cantera El Suro modifica su comportamiento físico, químico y mecánico cuando se combina con residuos de concreto de demolición cumpliendo los requisitos de la EG-2015.

Tabla 42

Análisis ANOVA de las Propiedades de una Subbase Granular con Residuos de Concreto

	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Humedad	3	11.9738	3.99127	4394.06	0.000
LL (%)	3	0.948867	0.316289	332.94	0.000
LP (%)	3	19.3987	6.46623	5503.17	0.000
IP (%)		28.9112	9.63708	10056.08	0.000
Equivalente de Arena (%)	3	65.1618	21.7206	28960.80	0.000
Partículas chatas y alargadas	3	2.68949	0.896497	815.00	0.000
Sales solubles (%)	3	0.011844	0.003948	861.40	0.000
Porcentaje de desgaste (%)	3	387.049	129.016	105319.54	0.000
MDS (g/cm ³)	3	0.061492	0.020497	24.35	0.000
OCH (%)	3	8.04560	2.68187	2315.28	0.000
CBR al 100% MDS	3	1743.50	581.167	553492.50	0.000
CBR al 95% MDS	3	2610.48	870.161	1023718.39	0.000

Tabla 43

Análisis t-student de una Subbase Granular con 50% de Residuos de Concreto

	Prueba	Valor T	Valor p
LL (%)	H1: LL ≤ 25	205.37	1.000
IP (%)	H1: IP ≤ 6	83.14	1.000
Equivalente de Arena (%)	H1: EA ≥ 25	-279.74	1.000
Partículas chatas y alargadas	H1: Partículas ≤ 20	-1591.16	0.000
Sales solubles (%)	H1: SS ≤ 1	-720.53	0.000
Porcentaje de desgaste (%)	H1: Desgaste ≤ 50	-518.02	0.000
CBR al 100% MDS	H1: LL ≥ 40	2615.57	0.000
CBR al 95% MDS	H1: LL ≥ 40	2048.41	0.000

Nota: Cuando el valor p es menor a 0.05 se acepta H1, cuando el valor p es mayor a 0.05 se rechaza

H1 y se acepta la negación Ho.

4.3. Discusión de resultados

El análisis inicial del suelo natural extraído de la cantera El Suro reveló una incompatibilidad con el huso granulométrico B para subbases granulares, según lo estipulado en la EG-2013 (MTC, 2015). Esta situación cambió de manera significativa tras la adición de residuos de concreto de demolición con una gradación controlada en proporciones del 10%, 30% y 50%, respectivamente. La inclusión de estos residuos permitió no solo cumplir con los requisitos granulométricos sino también mejorar las propiedades físicas del material. Específicamente, el límite líquido del suelo disminuyó progresivamente de un 31.08% en su estado natural a 30.35% con la incorporación del 50% de residuos de concreto. De manera similar, el índice de plasticidad se redujo de un 11.98% a un 7.92% al aumentar la proporción de residuos hasta el 50%. Además, el equivalente de arena experimentó un aumento notable del 12.67% al 19.17% con la inclusión del 50% de residuos de concreto, mientras que la presencia de partículas chatas y alargadas se redujo significativamente de 2.14% a 0.87% en la misma condición.

Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con las investigaciones previas que han demostrado los beneficios de utilizar residuos de concreto de demolición en la mejora de las propiedades de suelos destinados a la construcción de subbases granulares. Por ejemplo, según Sohu et al. (2024), la adición de residuos de concreto mejora significativamente la granulometría del material, contribuyendo a una mejor distribución de los tamaños de partículas y a la estabilidad estructural de la subbase granular. Estos hallazgos respaldan nuestra observación sobre la adecuación del suelo tratado al huso granulométrico B.

En relación con la reducción observada en el límite líquido y el índice de plasticidad, estudios como el de Castellanos (2021), Delgado (2021) y Guevara & Salazar (2021) han confirmado que la adición de materiales con granulometría más gruesa y baja plasticidad, como los residuos de concreto, contribuye a una disminución en la plasticidad del suelo. Esto se alinea con nuestras observaciones, donde se evidencia una mejora en la trabajabilidad y estabilidad del suelo con el aumento de residuos de concreto.

Por otro lado, el aumento en el equivalente de arena y la reducción en la proporción de partículas chatas y alargadas resaltan una mejora en la calidad del suelo para fines de construcción. Según Tamay (2022), el incremento en el equivalente de arena indica una menor proporción de finos y, por tanto, una mayor capacidad de drenaje y resistencia al compactamiento del material, lo cual es deseable en la construcción de subbases granulares.

En conjunto, estos resultados no solo corroboran la viabilidad técnica de reutilizar residuos de concreto de demolición como una práctica sostenible en la ingeniería civil, sino que también destacan la importancia de considerar las proporciones adecuadas de estos residuos para optimizar las propiedades físicas del suelo. Esto sugiere según Silva et al. (2019) un campo para futuras investigaciones orientadas a explorar la relación entre diferentes tipos y cantidades de RCD en la mejora de materiales para subbases granulares.

Al analizar las propiedades químicas del suelo natural extraído de la cantera El Suro, se identificó un contenido inicial de sales solubles del 0.08%. Sin embargo, tras la adición de residuos de concreto en proporciones del 10%, 30% y 50%, se observó un aumento en el contenido de sales solubles en la subbase granular, alcanzando valores de 0.11%, 0.14% y 0.17%, respectivamente.

El incremento en el contenido de sales solubles al agregar residuos de concreto en la subbase granular puede deberse a la lixiviación de los componentes del concreto, como el cemento y otros aditivos, que pueden contener sales y otros compuestos químicos solubles en agua (Ruiz, 2023). Este fenómeno ha sido observado en otros estudios donde se han utilizado materiales reciclados en la construcción de carreteras y pavimentos (Bassani et al., 2019).

Aunque los niveles de sales solubles obtenidos aún se mantienen dentro de los límites aceptables para suelos destinados a la construcción de subbases granulares, es importante considerar el impacto ambiental y la posibilidad de lixiviación de sales hacia los cuerpos de agua cercanos. Por lo tanto, se recomienda monitorear y controlar cuidadosamente los niveles de sales solubles en el suelo tratado con residuos de concreto para evitar posibles impactos negativos en el medio ambiente.

En términos de propiedades mecánicas, el suelo natural extraído de la cantera El Suro exhibe un porcentaje de desgaste inicial del 25.20%. Sin embargo, al incorporar residuos de concreto en la mezcla, este porcentaje de desgaste aumenta a 31.70%, 38.10% y 39.50% para mezclas con 10%, 30% y 50% de residuos de concreto en la subbase granular, respectivamente. Esto concuerda con, Escobar-Carranza & Pinzón-Leiva (2021) quienes determinaron que, la degradación de los ángeles era de 27.44%, no obstante, aun así, considerando que a pesar del incremento continúan cumpliendo los requisitos técnicos, concluyeron que el residuo de concreto era un material apropiado para la base y subbase de pavimentos en combinación con el suelo granular.

El incremento en el porcentaje de desgaste al agregar residuos de concreto se atribuye a la mayor rugosidad superficial de los agregados de concreto

reciclado en comparación con los agregados naturales, lo que conduce a una mayor abrasión durante las pruebas de desgaste (Escobar-Carranza & Pinzón-Leiva, 2021).

Además, se observaron cambios significativos en la compactación del material, especialmente en relación con su máxima densidad seca (MDS) y óptimo contenido de humedad (OCH). A medida que se incrementa el porcentaje de residuos de concreto en la mezcla, el OCH disminuye, mientras que la MDS aumenta. Por ejemplo, la MDS pasa de 2.03 g/cm³ para el suelo natural a 2.07 g/cm³, 2.13 g/cm³ y 2.22 g/cm³ para mezclas con 10%, 30% y 50% de residuos de concreto, respectivamente. Tal como, lo resalta Fonseca & Sanchez (2019).

Lo más notable es el aumento en el índice de capacidad de soporte (CBR) al 95% y 100% de la MDS. Mientras que el suelo natural presenta un CBR del 33.45% y 46.80% al 95% y 100% de la MDS, respectivamente, la subbase granular con un 50% de residuos de concreto alcanza valores de CBR del 71.28% y 78% al 95% y 100% de la MDS, respectivamente.

La mejora en la capacidad de soporte (CBR) con la adición de residuos de concreto se puede atribuir a la mayor rigidez y resistencia de los materiales de concreto reciclado, que contribuyen a una mayor resistencia a la deformación y al desgaste bajo cargas repetidas, según argumentan Saberian et al. (2023), Aboutalebi (2020), Teijón-López-Zuazo et al. (2020), entre otros.

La proporción con la que, se logra mayores beneficios mecánicos es el uso de 50% de suelo natural y 50% de residuos de concreto esto concuerda con, Toka & Olgun (2023) quienes también determinaron que, con 50% de residuos de concreto se puede elaborar una subbase granular con mejores características mecánicas y sin ningún efecto adverso considerando las propiedades del material,

además de que, argumenta una reducción en el costo en 13% en comparación con la base granular convencional (mezclando dos canteras). En cambio, Krishna et al. (2022) destacan como dosificación más adecuada al uso de 30% de residuos de concreto, debido a que con dicha dosificación ya está logrando alcanzar la capacidad de soporte indicada en las regulaciones, siendo así, en el caso del estudio con 30% de residuos de concreto se cumple con el CBR de una subbase granular, no obstante, al ir adicionando mayor cantidad de residuos de concreto sus propiedades continúan mejorando e incluso se acercan a las características de una base granular, por ello podría mejorarse aún más las propiedades de la combinación con la adición de algún otro componente, para recomendar su uso no solo en subbases. sino también. en bases granulares.

Por tanto, esta mejora en el CBR puede ser aún mayor si se utilizan otros materiales adicionantes que a la vez controlaran otros factores físicos y químicos de la combinación. Siendo así, Saberian et al. (2023) recomiendan no solo la incorporación de agregado de concreto reciclado, sino también reforzarlo con fibras de polipropileno en porcentajes menores a 0.1%, para obtener CBR y módulo resiliente superior, mientras que, Crucho et al. (2022) propone el uso de fibras naturales, como las fibras de coco en combinación con los residuos de concreto obtenidos de la demolición de edificaciones, argumentando que, estas prácticas contribuyen a desarrollar la construcción ecológica e incentivan la innovación en la ingeniería vial.

La inclusión de residuos de concreto de demolición en la mezcla de subbase granular tratada con suelo de la cantera El Suro produce cambios notables en sus propiedades físicas, mecánicas y químicas. A medida que se aumenta la cantidad de residuos de concreto en la mezcla, se observan los siguientes efectos:

Tabla 44*Efecto de los Residuos de Concreto en la Subbase Granular con Suelo de El**Suro*

Propiedad	Efecto de los residuos de concreto
Humedad	La humedad natural del suelo disminuye.
LL (%)	El límite líquido se reduce, siendo la mayor reducción del 2.35% en comparación con el suelo natural.
LP (%)	El límite plástico aumenta con el incremento del porcentaje de residuos de concreto.
IP (%)	El índice de plasticidad disminuye a medida que aumenta el porcentaje de residuos de concreto.
Equivalente de Arena (%)	El equivalente de arena aumenta proporcionalmente al porcentaje de residuos de concreto.
Partículas chatas y alargadas	La presencia en la mezcla se reduce a medida que se incrementa el porcentaje de residuos de concreto.
Sales solubles (%)	En la subbase granular aumenta con el aumento del porcentaje de residuos de concreto.
Porcentaje de desgaste (%)	El porcentaje de desgaste del suelo aumenta con la incorporación de residuos de concreto.
MDS (g/cm ³)	La máxima densidad del suelo aumenta con el incremento del porcentaje de residuos de concreto en la subbase granular.
OCH (%)	El óptimo contenido de humedad disminuye con el aumento del porcentaje de residuos de concreto en la mezcla.
CBR	Finalmente, la capacidad de soporte (CBR) del suelo aumenta de forma creciente con el porcentaje de residuos de concreto agregado a la mezcla, lo que coincide con la gradación más gruesa de los residuos de concreto agregados, especialmente para un porcentaje de mezcla del 50%, según el método analítico utilizado.

Los resultados observados en este estudio son consistentes con hallazgos previos en la literatura. Por ejemplo, Mehrjardi et al. (2020) encontraron una reducción en el límite líquido y un aumento en el límite plástico al incorporar residuos de concreto en suelos granulares. Además, los efectos observados en la compactación y la capacidad de soporte se alinean con los resultados de estudios similares realizados por Yi et al. (2020).

El suelo natural de la cantera El Suro no satisface completamente los requisitos establecidos en la EG-2013 en cuanto al límite líquido, índice de plasticidad, equivalente de arena y CBR al 95% MDS para ser considerado una subbase granular adecuada, tal como argumenta Ticlla (2021), para otras canteras de Chota. Sin embargo, al agregar residuos de concreto en una proporción del 50%, se observa una mejora significativa en estas características.

A pesar de que se logra cumplir con el CBR al 95% y 100% de la MDS para una subbase granular, e incluso se acerca al mínimo requerido para una base granular (80%), persisten incumplimientos en cuanto al límite líquido, índice de plasticidad y equivalente de arena. Por lo tanto, el uso de esta mezcla queda restringido a la aplicación específica en obra y debe considerarse con cautela.

Los hallazgos de este estudio concuerdan con investigaciones previas realizadas por diferentes autores. Por ejemplo, Sahu et al. (2024) encontraron resultados similares al evaluar el efecto de la adición de residuos de concreto en las propiedades de suelos para subbases granulares. Además, los resultados resaltan la importancia de considerar no solo la capacidad de soporte, sino también otras propiedades físicas y mecánicas al evaluar la idoneidad de una subbase granular para su aplicación en proyectos de construcción vial.

No obstante, Tavira et al. (2020) consideraron en laboratorio solamente la capacidad de soporte (CBR), pero al probar su uso a escala real en una carretera de tránsito pesado, determinaron que el uso de áridos reciclados si bien no cumplía con todas las estipulaciones de la norma española para subbase/ base granular, mejora el comportamiento estructural de la vía y disminuye su deterioro por el flujo vehicular, validando así la aplicabilidad de subbase y bases granulares tratadas con RCD.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al evaluar la subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición, cantera El Suro de la comunidad San Juan del Suro, distrito de Chota, se ha concluido:

- 1) En cuanto a las propiedades físicas, la adición de residuos de concreto de demolición (RCD-C) a la subbase granular de la cantera El Suro ha permitido mejorar sus propiedades físicas, cumpliendo con el huso granulométrico B y reduciendo el límite líquido (de 31.08% para la base sin RCD-C a 30.35% para la base con RCD-C) e índice de plasticidad del suelo (de 11.98% para la base sin RCD-C a 7.92% para la base con RCD-C). Además, se ha observado un incremento en el equivalente de arena (de 12.67% para la base sin RCD-C a 19.17% para la base con RCD-C) y una disminución en la presencia de partículas aplanadas y alargadas (de 2.14% para la base sin RCD-C y 0.87% para la base con RCD-C) cuando se utiliza 50% de residuos de concreto, lo que indica que la mezcla con residuos de concreto mejora la calidad del material para su uso como subbase granular.
- 2) Respecto a las propiedades químicas, el contenido de sales solubles en la subbase granular con diferentes porcentajes de residuos de concreto incrementa de manera proporcional al porcentaje de residuos añadido, pasando de 0.08% en el suelo natural (base sin RCD-C) a 0.17% en la mezcla con un 50% de residuos (base con RCD-C). Este incremento si bien no supera el límite de 1%, debe ser considerado al utilizar residuos de concreto en la construcción de subbases.

- 3) En las propiedades mecánicas, la incorporación de residuos de concreto de demolición en la subbase granular resulta en un aumento significativo en la resistencia al desgaste y en la capacidad de soporte (CBR) del material. El porcentaje de desgaste para el suelo natural es 25.2% (base sin RCD-C), pero cuando se mezcla con 50% de residuos de concreto alcanza 39.50% (base con RCD-C), pero, favorablemente a pesar del incremento en el desgaste, sigue siendo inferior al máximo de 50%. El CBR al 100% de MDS para el suelo natural es 46.8% (base sin RCD-C), y cuando se mezcla con 50% de residuos de concreto alcanza 78% (base con RCD-C). A medida que se incrementa el porcentaje de residuos de concreto en la mezcla, se observa una mejora en la compactación y en el CBR, lo que sugiere que esta práctica es una alternativa sostenible para mejorar las propiedades mecánicas de la subbase granular.
- 4) Los residuos de concreto modifican significativamente las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo de la cantera El Suro en la subbase granular tratada. Las propiedades se ven alteradas por el aumento del porcentaje de residuos de concreto en la mezcla, mostrando una reducción en la humedad natural (de -28.06%) y límite líquido (-2.35%), así como un incremento en el límite plástico (+17.43%) y equivalente de arena (+51.32%). Además, se observa un aumento en la densidad máxima seca (+9.36%) la capacidad de soporte CBR (+66.67%) del suelo a medida que se incrementa la cantidad de residuos de concreto, lo que sugiere una mejora en la estabilidad de la subbase granular tratada. Pero también aumenta el contenido de sales solubles (+102.41%) y el porcentaje de desgaste del suelo (+56.75%) al incorporar residuos de concreto.

- 5) La subbase granular tratada con residuos de concreto y suelo de la cantera El Suro cumple con los requisitos de la EG-2013 en términos de capacidad de soporte, alcanzando valores cercanos al mínimo requerido para una base granular. Sin embargo, no cumple con los requisitos de límite líquido (máximo 25%), índice de plasticidad (máximo 6%) y equivalente de arena (mínimo 25%), por lo que su uso queda limitado a la aplicación que se le dé en obra.

5.2. Recomendaciones y/o sugerencias

- 1) Se recomienda continuar investigando y monitoreando el comportamiento de la subbase granular tratada con residuos de concreto en la cantera El Suro, con el fin de evaluar su desempeño a largo plazo y confirmar la mejora de sus propiedades físicas para su uso como material de base en obras viales.
- 2) Se aconseja realizar análisis químicos exhaustivos del contenido de sales solubles cuando se empleen residuos de concreto en la subbase granular, para asegurar que no se excedan los límites permisibles que podrían afectar negativamente la durabilidad de la infraestructura vial, aun cuando según los análisis actuales este porcentaje este dentro del rango de la EG-2013. Dado el incremento proporcional de sales solubles con el porcentaje de residuos añadido, es crucial monitorizar este aspecto para evitar potenciales problemas de salinidad que puedan comprometer la integridad a largo plazo de la subbase.
- 3) Se sugiere la implementación de pruebas de carga en campo para verificar la resistencia al desgaste y a la capacidad de soporte de la subbase granular tratada con residuos de concreto en condiciones reales. Además, se recomienda evaluar la durabilidad de estas propiedades mecánicas en función del tráfico y la climatología de la zona.

- 4) Dado el impacto significativo de los residuos de concreto en las propiedades de la subbase granular, se recomienda adoptar esta práctica con una planificación cuidadosa, teniendo en cuenta tanto las mejoras en las propiedades físicas y mecánicas como las posibles implicancias del incremento en el contenido de sales solubles y el desgaste. Es fundamental realizar estudios de factibilidad técnica y ambiental que evalúen la relación costo-beneficio y el impacto a largo plazo de la inclusión de residuos de concreto en proyectos de infraestructura vial.
- 5) Aunque la subbase tratada con residuos de concreto de la cantera El Suro muestra mejoras significativas en ciertas propiedades, es esencial que cumpla con todos los requisitos normativos para su aplicación en obras de infraestructura. Se recomienda llevar a cabo ajustes en la mezcla o considerar tratamientos adicionales que permitan alcanzar los estándares establecidos para límites de plasticidad y equivalente de arena.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS

- Aboutalebi, M. (2020). Evaluating the feasibility, usability, and strength of recycled construction and demolition waste in base and subbase courses. *Road Materials and Pavement Design*, 21(1), 156-178. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14680629.2018.1483259>
- Aguilar, P. (2020). *Mejoramiento de la capacidad de soporte CBR de los suelos de la cantera Taparachi con piedra triturada de gradación requerida para bases granulares de pavimentos de la ciudad de Juliaca*. [Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería Civil con mención en Geotecnia y Transportes, Universidad Andina Nestor Cáceres Velasquez, Juliaca]. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4897>
- Alam, M. H., Mondal, T., Dev, T., Banerji, A. K., & Das, C. (2024). Use of Construction and Demolition Waste Material for Soil Stabilization. *Research Transcripts in Materials*, 2(1), 01-14. https://doi.org/https://doi.org/10.55084/grinrey/RTM/978-81-964105-5-1_1
- Alvarez, A. (2021). *Propuesta de mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del material granular con la adición de 4 % y 6 % de residuos de construcción para su uso en afirmados según las EG-2013*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/27889>
- Anburuvel, A. (2024). The engineering behind soil stabilization with additives: a state-of-the-art review. *Geotechnical and Geological Engineering*, 42(1), 1-42. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10706-023-02554-x>
- Arangurí, G. (2015). La importancia del uso de agregados provenientes de canteras de calidad. *Crescendo Ingeniería*, 18.
- Argumedo, L. (2019). *Carpeta asfáltica reciclada y base granular reciclada para la conformación de una subbase granular óptima en la Av. Próceres del distrito de Chilca, provincia de Huancayo*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Continental, Huancayo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/5925>
- Ariza, C., Rojas, C., & Romero, Y. (2016). *Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante*. [Tesis de grado; Universidad la Gran Colombia].

- <https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5529/EVALUACION%20DE%20LA%20CAPACIDAD%20DE%20SOPORTE%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bañon, L., & Beviá, J. (2000). *Manual de carreteras*.
<https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1788>
- Barbieri, L., Lanzoni, L., Marchetti, R., Iotti, S., Tarantino, A. M., & Lancellotti, I. (2024). Shot-Earth as Sustainable Construction Material: Chemical Aspects and Physical Performance. *Sustainability*, *16*(6), 1-10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su16062444>
- Bassani, M., Tefa, L., Coppola, B., & Palmero, P. (2019). Alkali-activation of aggregate fines from construction and demolition waste: Valorisation in view of road pavement subbase applications. *Journal of Cleaner Production*, *234*(1), 71-84.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.207>
- Beltrán, J. (2019). *Tratamiento de afirmado en sectores expuestos a cizallamiento unidireccional*. [Tesis de grado, Universidad Continental].
- Borselli, L. (2019). *Parte II Clasificación ingenieril de los suelos y de los macizos rocosos*. Facultad de Ingeniería UASLP.
- Briones, M., & Irigoín, N. (2015). *Zonificación mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y la capacidad portante del suelo, para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del Anexo Lucmacucho Alto - Sector Lucmacucho, Distrito De Cajamarca*. [Tesis de grado: Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/6679/Briones%20Alva%20cMar%20Em%20Irigoin%20Gonzales%20Nelso%20Ulices.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Cañola, V., Gomez, J. C., & Orozco, C. (2021). *Estudio Patologico en la Casa de Gobierno del Municipio de Salgar (Antioquia)*. [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás de Aquino].
- Car, E., Oller, S., & Oñate, E. (2000). Tratamiento numérico de los materiales compuestos. *International Centre for Numerical Methods in Engineering (CIMNE)*, ISBN 84-89925-66-6. <http://hdl.handle.net/2117/188564>
- Cardoso, R., Silva, R. V., De Brito, J., & Dhir, R. (2016). Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review. *Waste management*, *49*, 131-145.

- Castellanos, C. S. (2021). *Análisis de residuos de construcción y demolición pétreos como aditivo para el mejoramiento de vías terciarias en Piedecuesta, Santander*. [Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Santo Tomás Bucaramanga]. <http://hdl.handle.net/11634/35622>
- Castiblanco-Prieto, J. J., Aguilera-Martínez, F. A., & Sarmiento-Valdés, F. A. (2019). Principios, criterios y propósitos de desarrollo sustentable para la redensificación en contextos urbanos informales. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 21(1), 21-33. <https://doi.org/https://doi.org/10.14718/RevArq.2019.21.1.1209>
- Castillo, D., Zhang, Y., & Korkiala-Tanttu, L. (2024). Image-based gradation and aggregate characterisation: case of cement-stabilised quarry fines. *Road Materials and Pavement Design*, 1(1), 1-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14680629.2024.2301734>
- Chalán, E. G. (2018). *Análisis de la disminución del espesor de un pavimento rígido estabilizando la sub base con cemento*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2549>
- Chica, L., & beltrán, J. (2018). Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso. *Dyna*, 85(206), 338-347. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.68824>
- Colangelo, F., Petrillo, A., & Farina, I. (2021). Comparative environmental evaluation of recycled aggregates from construction and demolition wastes in Italy. *Science of The Total Environment*, 798, 149250.
- Contreras, K. B., & Herrera, V. A. (2015). *Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub-bases de estructura de pavimento en Nuevo Chimbote – Santa – Ancash*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2708>
- Crucho, J., Picado-Santos, L., & Neves, J. (2022). Cement-treated pavement layers incorporating construction and demolition waste and coconut fibres: a review. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(14), 4877-4896. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1984475>
- Delgado, Y. P. (2021). *Carpeta asfáltica reciclada para tratar las propiedades físicas y mecánicas de base granular deteriorada*. [Tesis de grado, Universidad Peruana Los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/2231>

- Díaz, J. L. (2024). *Aplicación de residuos, subproductos industriales y nanomateriales para la estabilización y ejecución de capas estructurales de carreteras*. [Tesis doctorado, Universidad de Córdoba]. <http://hdl.handle.net/10396/27530>
- Domingo, A. (2002). Reducción y gestión de residuos de la construcción y demolición (RCD). *Tecnología y Construcción*, 49-68.
- Encalada, J. A., & Galecio, S. C. (2021). *Evaluación estructural del pavimento flexible en la carretera Piura - Catacaos dle km 133+500 al km 137+500 por medio de la viga Benkelman para formular un plan de mantenimiento*. [Trabajo de investigación para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Piura].
- Escobar-Carranza, J. A., & Pinzón-Leiva, J. C. (2021). *Consulta bibliográfica del uso de residuos de construcción y demolición (RCD) en la capa asfáltica, base y subbase de la estructura de pavimentos flexibles*. [Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/27103>
- Esquível, C. A., & Marcelo, K. J. (2024). *Diseño estructural del pavimento para los barrios 5, 6, 7, 8 y 10 del sector noroeste, distrito de Florencia de Mora, Trujillo, La Libertad*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12759/18093>
- Fernández, R., & Tiella, T. N. (2020). Análisis de la condición de transitabilidad y nivel de intervención de las carreteras del distrito de Chota. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 3(1), 24-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v3n1p24>
- Fonseca, L. A., & Sanchez, M. A. (2019). *Evaluación del comportamiento de residuos de construcción y demolición como base granular en la construcción de pavimentos*. [Trabajo para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Piloto de Colombia]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6474>
- Gallejos, N., & Palomino, R. (2021). *Estabilización química mediante Terra-Zyme, en el incremento del valor del CBR en el afirmado, tramo Huanta - Luricocha, Ayacucho*. [Tesis de grado: Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/65561/Palomino_SR-Gallegos_VNE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García, J. (2005). *Diccionario de términos geológicos*. Ediciones Omega.
- Geo GPS Perú. (2023). *Mapa de curva número para condiciones húmedas*. Geo GPS Perú: <https://www.geogpsperu.com/>

- Gong, Y., & Britain, H. (2007). *Principles of Solubility*. https://doi.org/10.1007/978-0-387-69154-1_1
- Gonzalo, M., & Pedro, A. (2007). Diseño de mezclas de suelo compactado para la construcción de terraplenes. *Revista EIA*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000100005
- Grajales, T. (2000). *Tipos de investigación*. Efaind. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://cmapublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>
- Guevara, J. C., & Salazar, L. M. (2021). *Comparación técnica y económica de base granular estabilizada con cemento Portland tipo I y emulsión asfáltica para el camino de bajo volumen de tránsito de la ruta LI-113, distrito de Charat, Usquil, Huaranchal, Otuzco, La Libertad*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/7742>
- Hernandez, M., & Llerena, R. (2019). *Análisis de normativa internacional de carreteras no pavimentadas a fin de proponer estándares de diseño de la estructura de superficie de rodadura en Perú*. [Tesis de grado: Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2689>
- Hernández, F. (2010). El concreto en la obra problemas, causas y soluciones: Muestreo de agregados segunda parte. *Construcción y tecnología*, 68-71. <http://www.imcyc.com/revistacyt/pdfs/problemas30.pdf>
- Herrador, R., Pérez, P., Garach, L., & Ordóñez, J. (2012). Use of recycled construction and demolition waste aggregate for road course surfacing. *Journal of transportation engineering*, 138(2), 182-190.
- Herrera, W., Trejo, J., & Galindo, N. (2021). *Elaboración de bloques en cemento adicionados con residuos de concreto como alternativa sostenible para la construcción*. [Tesis de grado: Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://docplayer.es/213989193-Elaboracion-de-bloques-en-cemento-adicionados-con-residuos-de-concreto-como-alternativa-sostenible-para-la-construccion.html>
- Hidalgo, C., Carvajal, G., Hincapie, A., Muñoz, F., & Hernández, M. (2023). Ground Improvement by Construction and Demolition Waste (CDW) Soil Mixture Replacement. *Buildings*, 13(3), 1-18. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/buildings13030779>

- Huang, Y., Wang, J., Ying, M., Ni, J., & Li, M. (2021). Effect of particle-size gradation on cyclic shear properties of recycled concrete aggregate. *Construction and Building Materials*, 301(124143).
- INACAL. (26 de noviembre de 2015). NTP 339.152 SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (24 de mayo de 2017). NTP 400.050 Manejo de residuos en la construcción. Manejo de residuos de la actividad de la construcción y demolición. Generalidades. 2ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*. <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- INACAL. (14 de noviembre de 2018). NTP 400.040 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar partículas planas, partículas alargadas o partículas planas y alargadas en agregado grueso. 2a Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (2019). *NTP 339.127 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.128 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.129 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.141. SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)). 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (2019). *NTP 339.145. SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).
- INACAL. (23 de octubre de 2019). NTP 339.146 SUELOS. Método de ensayo normalizado para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino. 1ª Ed. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.
- INACAL. (26 de noviembre de 2020). NTP 400.019 AGREGADOS. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Método de ensayo. *Instituto Nacional de Calidad (INACAL)*.

- Instituto Mexicano del Transporte (IMT). (2016). *Diccionario de Términos Técnicos de Transporte*. México.
- Instituto MEXicano del Transporte (IMT). (2016). *Diccionario de Términos Técnicos de Transporte*. México.
- Jimenez, E. C., & García, H. M. (2016). *Aprovechamiento de los RCD en proyectos de construcción y conservación de pavimentos urbanos*. [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/09488794-6307-4660-9806-0bf27801d019/content>
- Kerni, V., Sonthwal, V. K., & Jan, U. (2015). Review on Stabilization of Clayey Soil Using Fines. *International Journal Of Innovative Research In Science, Engineering And Technology*, 4(5), 3204-3209.
- Khumar, S. (2001). *Syllabus for Second Semester, B Tech, Civil Engineering*. https://www.vssut.ac.in/lecture_notes/lecture1684506126.pdf
- Krishna, A. S., Sudhara, & Reddy, S. R. (2022). Reuse of Crushed Concrete in Granular Sub-Base in Pavements. *Recent Advancements in Civil Engineering: Select Proceedings of ACE 2020. Lecture Notes in Civil Engineering*, 172(1), 713-720. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-16-4396-5_62
- Kupfer, C., Bastien, M., & Fivet, C. (2023). Reuse of concrete components in new construction projects: Critical review of 77 circular precedents. *EL SEVIER*. https://www.researchgate.net/publication/365763750_Reuse_of_concrete_components_in_new_construction_projects_critical_review_of_77_circular_precedents/link/63b598a1c3c99660ebcb04c9/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6In
- Landeta, H. (2010). *Pavimentos: Combinación granulométrica (Método analítico)*. USM.
- Lomparte, C., Johan, A., & Sanchez, N. (2019). *Estabilización de la superficie de rodadura mediante el uso de polímero en emulsión vinilo acrílico en la carretera no pavimentada al Centro Poblado Tangay - Nuevo Chimbote - Santa*. [Tesis de grado: Universidad Nacional de Santa]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3339385>
- Lopez, L. E. (2019). *Capacidad de soporte de sub-base granular de pavimentos flexibles con áridos reciclados mixtos seleccionados aplicando 3% de cloruro de magnesio*. [Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Civil, Universidad San Pedro]. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12405>

- Lorres, F. (2018). *Análisis comparativo de producción de afirmado cantera Tres Tomas con: Técnica de extracto húmedo y seco Ferreñafe, Lambayeque 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25680/Lorren_PFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lovedeep, S., Shahbaz, S., & Gill, K. S. (2017). Improvement in CBR Value of Soil using Waste Concrete Fines. *International Journal Of Science Technology & Engineering*, 3(9), 1-5.
- Lucuara, K. (2010). *Determinación de humedad natural de suelos finos sin utilizar reductores de calor mediante el horno microondas*. [Tesis de grado, Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/191
- Lukoševičius, V., Makaras, R., Rutka, A., Keršys, R., Dargužis, A., & Skvireckas, R. (2021). Investigation of Vehicle Stability with Consideration of Suspension Performance. *applied sciences*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app11209778>
- Luoma, A. (2024). *Mechanical properties of recycled materials in non-load bearing wall structure*. [Master's thesis, Aalto University]. <https://doi.org/https://aaltodoc.aalto.fi/items/3d92a3c2-63c9-4922-8384-2a808bebd746>
- Mahyuddin, M. N., Azahari, Q. K., Abd Rashid, M. N., & Ismail, S. (2024). Demolished waste into an innovative resource for sand replacement in concrete (the dwarf technique). *Malaysian Journal of Sustainable Environment*, 11(1), 301-322. <https://doi.org/https://doi.org/10.24191/myse.v11i1.1122>
- Mehrjardi, G. T., Azizi, A., Haji-Azizi, A., & Asdollafardi, G. (2020). Evaluating and improving the construction and demolition waste technical properties to use in road construction. *Transportation Geotechnics*, 23(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100349>
- Mejía, E., Giraldo, J., & Martínez, L. (2013). Residuos de construcción y demolición Revisión sobre su composición, impactos y gestión. *Revista CINTEX*, 18(105-130). <https://doi.org/https://revistas.pascualbravo.edu.co/index.php/cintex/article/view/52>
- Minaya, S., & Ordóñez, A. (2006). *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos* (Segunda Edición ed.). Universidad Nacional de Ingeniería .

- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf
- MPCH. (15 de enero de 2023). Edificaciones que han sido demolidas en la ciudad de Chota. (L. H. Mejía, Entrevistador)
- MTC. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotécnica y pavimentos – sección suelos y pavimentos*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
- MTC. (2015). *Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción – EG-2013*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).
- MTC. (2016). *Manual de ensayos de materiales*.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- MTC. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1556.pdf
- Muhmood, A. A. (2024). Utilization of recycle concrete aggregate and plastic wastes for construction the sub-base layer in flexible pavements. *Conference Proceedings*, 2864(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1063/5.0186125>
- Neria, M. E. (2023). *Revisión estado del arte del uso de residuos de concreto para el mejoramiento de subrasantes en las estructuras de pavimentos*. [Tesis de grado, Universidad Santo Tomas]. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/11634/53789>
- Noreña, A. L., Alcaraz-Moreno, N., Rojas, J. G., & Rebolledo-Malpica, D. (2012). Aplicabilidad de dos criterios de rigor e éticos na pesquisa qualitativa. *Aquichan*, 12(3), 263-274. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-59972012000300006&script=sci_abstract&tlng=pt
- Nuñez, N. (2023). *Evaluación de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la cantera del rio Huayobamba provincia de San Marcos con fines de uso en la construcción*. [Tesis de grado: Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/509/T%20627.13%20N962%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ochoa, S. D., & Bizarreta-Ortega, J. C. (2020). Experimental Study on Stabilization Subgrade Soil Soft with Fine Concrete Residue. *ESPOCH Congresses: The*

- Ecuadorian Journal of STEAM*, 1(2), 1044-1052.
<https://doi.org/https://knepublishing.com/index.php/epoch/article/view/9530>
- Ochoa, S. R. (2019). *Estudio Experimental sobre la Estabilización de una Subrasante Limo Arcillosa con RCD-concreto Fino (partículas < 2mm) para Aplicación en Pavimentos*. [Tesis de grado, Universidad Federal de Integracao Latino-Americana]. <http://dspace.unila.edu.br/123456789/5903>
- Onyelowe, K. C., Ebid, A. M., Hanandeh, S., Moghal, A. A., Onuoha, I. C., Obianyo, I. I., & Ubachukwu, O. A. (2024). The influence of fines on the hydro-mechanical behavior of sand for sustainable compacted liner and sub-base construction applications. *Asian Journal of Civil Engineering*, 25(1), 623-635.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s42107-023-00800-4>
- Paine, D. (2017). *Estabilización de la subrasante de carreteras empleando escorias de acería*. [Tesis de grado: Universidad de Hólgún].
<http://repositorio.uho.edu.cu/jspui/handle/uho/4155>
- Palli, E. (2015). *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román*. [Tesis de grado: Universidad Nacional del Altiplano].
http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/2444/Palli_Apaza_Edwin_Ever.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Paul, H., & Cyrus, S. (2016). Stabilization of weak subgrade soil using demolished concrete aggregate. *Indian Geotech Conference IGC*, 2(1), 93-105.
- Premathilaka, K. K., Liyanapathirana, D. S., Leo, C. J., & Hu, P. (2024). Application of recycled waste glass to replace traditional quarried aggregates: A comprehensive review. *Journal of Building Engineering*, 1(1), 1-10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.108846>
- Prentice, M. J., Waud, M. W., Loch-Wilkinson, S. C., Hamilton, D. P., & Roberts, M. E. (2023). Prioritising interventions for the reduction of erosion in classical gullies: a modelling study. *Soil Research*, 62(1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1071/SR23014>
- Quispe, A., & Yody, N. (2021). *Propuesta de gestión ambiental en base a la ISO 14001:2015 para la explotación de aljez en la cantera Yesera San Sebastian*. [Tesis de grado: Universidad Nacional del Altiplano].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/17071>

- Ramirez, L. (2016). *Las Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo ecológico suelo – cemento fabricadas con adición de 20% de aserrín de madera para muros no portantes en la ciudad de Huaraz*. [Tesis de grado: Universidad San Pedro]. http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5442/Tesis_57315.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reategui, G., & Zavaleta, J. (2020). *Caracterización de los agregados de las principales canteras de la provincia de Tacna para optimizar su uso en obras de construcción*. [tesis de grado: Universidad de Tacna]. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1467>
- Reddy, A. S., Patil, M., Dalal, P. H., Iyer, K. K., & Dave, T. N. (2024). Sustainable utilization of landfill mined soil like fraction in subbase layer for asphalt road applications. *Cleaner Materials*, *11*(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clema.2024.100218>
- Remolina, J. G. (2018). *Determinación de parámetros físico-mecánicos y de durabilidad en concreto reciclado con residuos de construcción y demolición*. [Tesis de grado, Universidad de la Costa].
- Rocha, J. (2020). *Elementos de construcción a partir de residuos de construcción y demolición en Bogotá*. [Tesis de grado: Universidad Católica de Colombia.]. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/6ec9bf69-45fd-465f-9801-f807d5745df4/content>
- Rodriguez, E., Rondón, H., Velez, D., & Aguirre, L. (2006). Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase. *Revista de ingenierías Universidad de Medellín*, *5*(9). <https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/232>
- Ruiz, F. Y. (2023). *Evaluación de la incorporación de polvo de piedra chancada en la subrasante deteriorada por deformación, carretera Chota – Shitacucho*. [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/337>
- Saberian, M., Li, J., Boroujeni, M., Law, D., & Li, C. Q. (2020). Application of demolition wastes mixed with crushed glass and crumb rubber in pavement base/subbase. *Resources, Conservation and Recycling*, *156*(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104722>
- Saberian, M., Tajaddini, A., Li, J., Zhang, G., Wang, L., Maqsood, T., & Roychand, R. (2023). Mechanical properties of polypropylene fibre reinforced recycled

- concrete aggregate for sustainable road base and subbase applications. *Construction and Building Materials*, 405(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133352>
- Sahu, P., Dalai, R., & Sahu, R. L. (2024). Experimental Study, Using Recycled Aggregates in Mix Design of Granular Sub Base (GSB) Layer “Close Graded: Grading II Gradation”. *Indian Geotechnical Journal*, 1, 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40098-024-00881-1>
- Samadzadeh, A., Ghadr, S., Assadi-Langroudi, A., & Bahadori, H. (2024). Cyclic Behaviour of Reinforced Sand-Fines Mixtures With Upcycled Rubber: Micro-Scale Considerations. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 10(2), 1-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40891-024-00526-6>
- Sánchez, Á. (13 de abril de 2016). *RCD: Residuos de construcción y demolición*. Ángel Sánchez Inocencio Ingeniería y Edificación: <https://angelsinocencio.com/rcd-residuos-de-construccion-y-demolicion/>
- Sanchez, N. F. (2022). *A sustainable alternative for concrete construction and demolition waste (CDW-C) as an addition for subgrade stabilization*. [Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5677>
- Silva, R. V., De Brito, J., & Dhir, R. K. (2019). Use of recycled aggregates arising from construction and demolition waste in new construction applications. *Journal of Cleaner Production*, 236(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117629>
- Singh, R., Nayak, D., Pandey, A., Kumar, R., & Kumar, V. (2022). Effects of recycled fine aggregates on properties of concrete containing natural or recycled coarse aggregates. A comparative study. *Journal of Building Engineering*, 45, 103442.
- Smith, J., & Wang, L. (2019). Reutilización y reciclaje de residuos de concreto: estrategias para la sostenibilidad en la industria de la construcción. *Revista Internacional de Ingeniería Civil*. *Revista Internacional de Ingeniería Civil*, 10(2), 40-58.
- Surentra, R., & Kummar, S. (2017). Role of Geotechnical Properties of Soil on Civil Engineering Structures. *Scientific & Academic*, 103-109. <https://doi.org/10.5923/j.re.20170704.03>

- Tamay, A. R. (2022). *Análisis de las propiedades físico-mecánicas de una base granular tratada con adición de PET reciclado triturado, Cantera Chuyabamba, Chota, 2021*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5503>
- Tamrakar, P., & Nazarian, S. (2021). Moisture effects on moduli of pavement bases. *International Journal of Pavement Engineering*, 22(11), 1410-1422. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10298436.2019.1696460>
- Tavira, J., Jiménez, J. R., Ledesma, E. F., López-Uceda, A., & Ayuso, J. (2020). Real-scale study of a heavy traffic road built with in situ recycled demolition waste. *Journal of Cleaner Production*, 248(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119219>
- Teijón-López-Zuazo, E., Vega-Zamanillo, Á., Calzada-Pérez, M. Á., & Robles-Miguel, Á. (2020). Use of Recycled Aggregates Made from Construction and Demolition Waste in Sustainable Road Base Layers. *Sustainability*, 12(16), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12166663>
- Ticlla, T. N. (2021). *Evaluación de las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota*. [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://repositorio.unach.edu.pe/handle/UNACH/162>
- Toka, E. B., & Olgun, M. (2023). Mechanical and Economic Evaluation of Recycled Concrete Aggregate as Granular Road Base and Subbase Material. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 35(5), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1061/JMCEE7.MTENG-14388>
- Torres, C. M. (2020). *Aprovechamiento de residuos de construcción y demolición para el mejoramiento de base y subbase del pavimento en la ciudad de Ayacucho, 2020*. [Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/55872>
- Vallini, J. C., Piol, M. N., & Fernandez Luco, L. (2023). Reutilización de residuos de demolición y desarrollo sostenible. *LACCEI*, 1(8), 1-7. <https://doi.org/https://doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.1526>
- Vásquez, J. (2019). *Evaluación de la mezcla de agregados de las canteras El Guitarrero y Piedra Chancada del río Chonta para bases y sub bases de pavimentos en la ciudad de Cajamarca*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3576>

- Vásquez, J. J. (2022). *Evaluación de unidades de albañilería estructural sin cocción con escombros de mortero y ladrillo, Chota*. [Tesis de grado para publicación, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/226>
- Vieira, C., & Pereira, P. M. (2015). Use of recycled construction and demolition materials in geotechnical applications: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, *103*, 192-204.
- Yi, J., Liang, C., Qian, J., Li, J., & Yao, Y. (2020). Laboratory evaluation and design of construction and demolition wastes for granular base. *Advances in Civil Engineering*, *2020*(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2020/8827715>
- Zavala, G. (2003). *Mecánica de suelos aplicado a subrasantes y pavimentos*. <https://es.slideshare.net/JulinGuerrero4/mecnica-de-suelos-subrasantepdf>
- Zhang, L., Sun, S., Lin, M., Feng, K., Zhang, Y., Lin, J., . . . Huang, Y. (2022). Study on soil-water characteristic curves in the profiles of collapsing walls of typical granite Benggang in southeast China. *Peer J*. [https://doi.org/https://doi.org/10.7717%2Fpeerj.13526](https://doi.org/https://doi.org/10.7717/2Fpeerj.13526)

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

Autor(es): Leydi Huamán Mejía, Josue Liler Ydrogo Colunche.

Título del Proyecto: Evaluación de la subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición, cantera El Suro, comunidad San Juan del Suro, Chota, 2023

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Metodología
¿En qué medida la subbase granular tratada modifica su comportamiento cuando se mezcla con residuos de concreto de demolición y suelo de la cantera El Suro, comunidad San Juan del Suro?	<p>Objetivo General Evaluar la subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición, cantera El Suro de la comunidad San Juan del Suro, distrito de Chota.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p><input type="checkbox"/> Determinar las propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, equivalente de arena, partículas aplanadas y alargadas) de la subbase granular tratada con 0, 10, 30 y 50% de residuos de concreto de demolición, respecto al peso del suelo seco de la cantera El Suro.</p> <p><input type="checkbox"/> Determinar las propiedades químicas (sales solubles) de la subbase granular tratada con 0, 10, 30 y 50% de residuos de concreto de demolición, respecto al peso del suelo seco de la cantera El Suro.</p> <p><input type="checkbox"/> Determinar las propiedades mecánicas (resistencia al desgaste, compactación, CBR de laboratorio) de la subbase granular tratada con 0, 10, 30 y 50% de residuos de concreto de demolición, respecto al peso del suelo seco de la cantera El Suro.</p> <p><input type="checkbox"/> Comparar el comportamiento físico químico y mecánico del afirmado de la cantera El Suro con la inclusión en la mezcla de 0, 10, 30 y 50% de residuos de concreto de demolición para conformar una subbase granular tratada.</p> <p><input type="checkbox"/> Verificar si una subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición, cantera El Suro cumple con los requerimientos de la EG-2013 (MTC, 2015).</p>	<p>Ho: La subbase granular formada con suelo de la cantera El Suro no modifica su comportamiento físico, químico y mecánico cuando se combina con residuos de concreto de demolición (No hay diferencia significativa entre las propiedades de acuerdo al porcentaje de residuos de concreto en la subbase granular).</p> <p>H1: La subbase granular formada con suelo de la cantera El Suro modifica su comportamiento físico, químico y mecánico cuando se combina con residuos de concreto de demolición (Hay diferencia significativa entre las propiedades de acuerdo al porcentaje de residuos de concreto en la subbase granular).</p>	VI Residuos de concreto de demolición	Dosificación Propiedades físicas (gradación)	Enfoque: cuantitativo Tipo de investigación: aplicado Diseño de investigación: descriptiva causal simple
	VD Subbase granular tratada		Propiedades físicas del material Propiedades químicas del material Propiedades mecánicas del material	Muestra: Las subbases granulares tratadas en cuatro combinaciones (proporciones de mezcla) de residuos de concreto (RC) y suelo de la cantera El Suro, en proporciones de 0%-100%, 10%-90%, 30%-70% y 50%-50%, para determinar sus propiedades físicas, mecánicas y químicas en base a ensayos de laboratorio, para verificar que cumplan con la EG-2013 (MTC, 2015).	

Anexo B. Panel fotográfico

Fotografía 1. Vista general de la cantera El Suro



Fotografía 2. Tesista tomando muestras del perfil del talud de la cantera



Fotografía 3. Tesista recolectando las muestras de suelo alterado en sacos para su traslado al laboratorio



Fotografía 4. Recolección de residuos de concreto en la vivienda demolida



Fotografía 5. Ensayo de partículas chatas y alargadas en el suelo de la cantera



Fotografía 6. Ensayo de abrasión del suelo de la cantera



Fotografía 7. Ensayo de contenido de sales solubles en el suelo de la cantera



Fotografía 8. Ensayo de equivalente de arena en el suelo de la cantera



Fotografía 9. Ensayos de límites de consistencia en el suelo natural



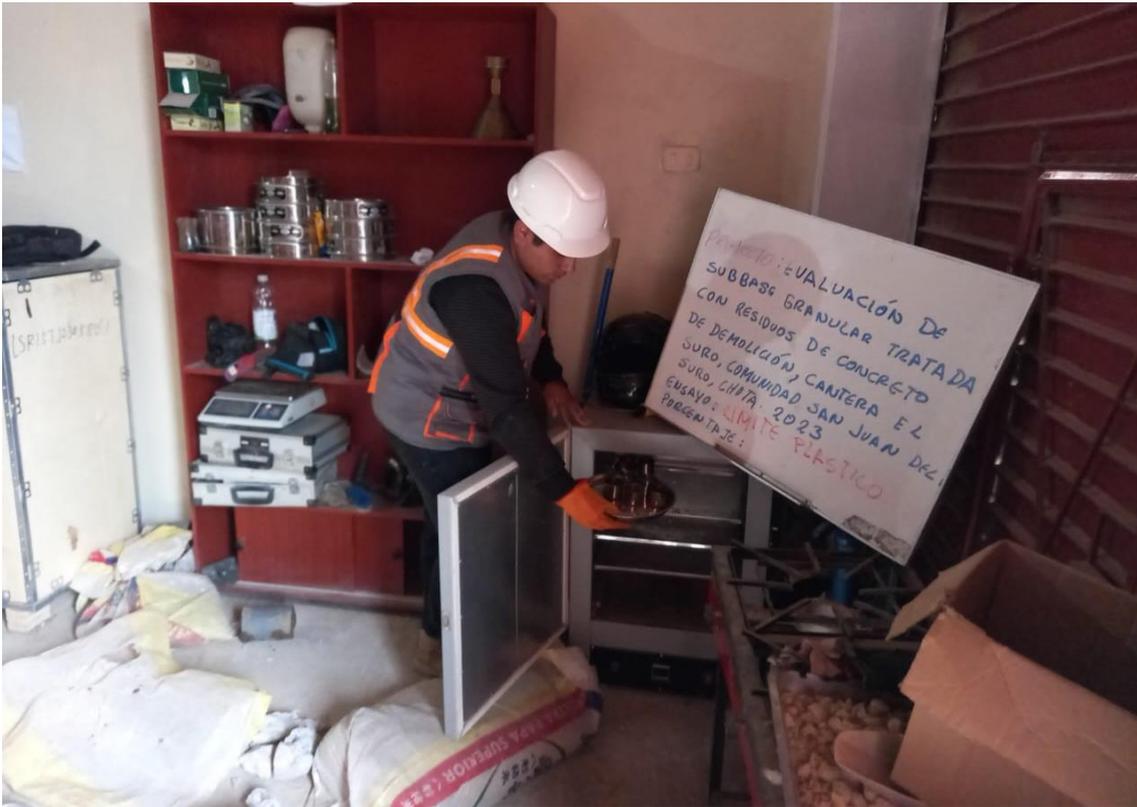
Fotografía 10. Ensayo de límite plástico del suelo con residuos de concreto



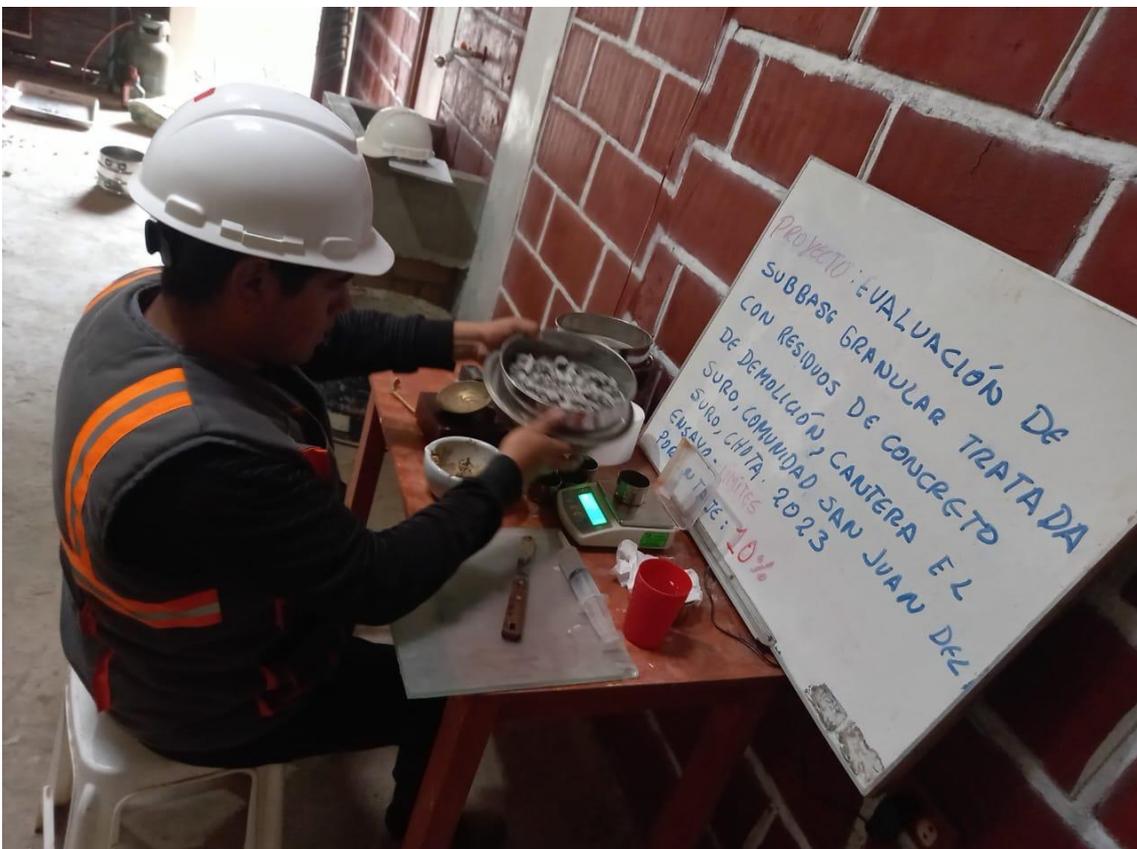
Fotografía 11. Ensayo de límite líquido del suelo con residuos de concreto



Fotografía 12. Colocación de muestras al horno para el ensayo de plasticidad



Fotografía 13. Análisis granulométrico de los residuos de concreto



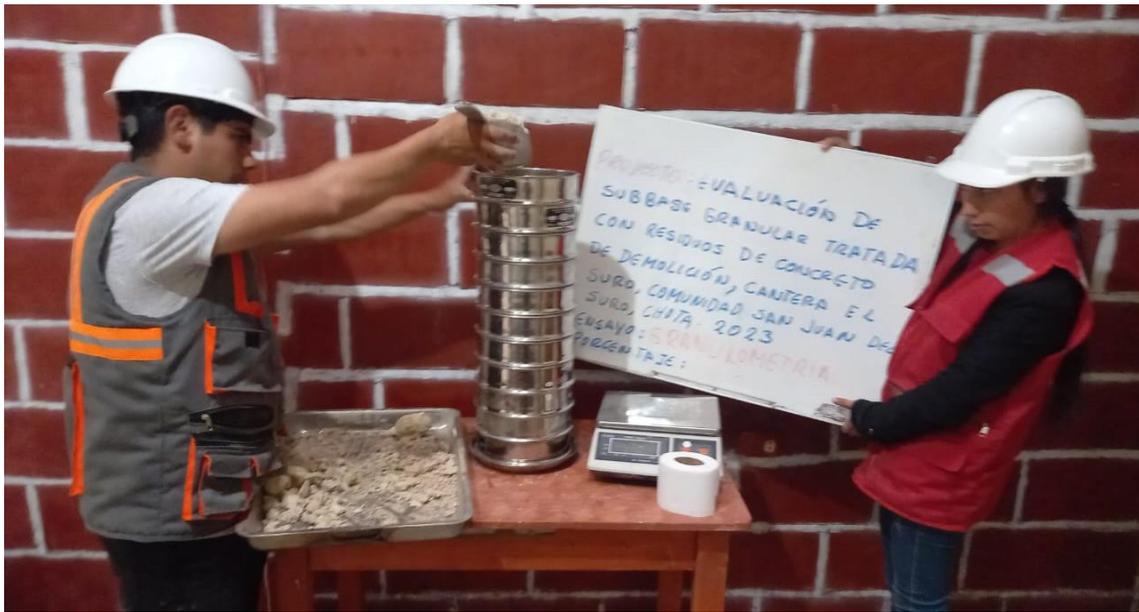
Fotografía 14. Cuarteo del suelo para ensayo de granulometría



Fotografía 15. Lavado para el ensayo de granulometría del suelo natural



Fotografía 16. Ensayo de granulometría al suelo de la cantera con residuos de concreto



Fotografía 17. Ensayo de Proctor modificado en el suelo de la cantera con residuos de concreto



Fotografía 18. Ensayo de CBR al suelo de la cantera con residuos de concreto



Anexo C. Combinación granulométrica método analítico



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO DE SAN JUAN DEL SURO (AASHTO T-88)

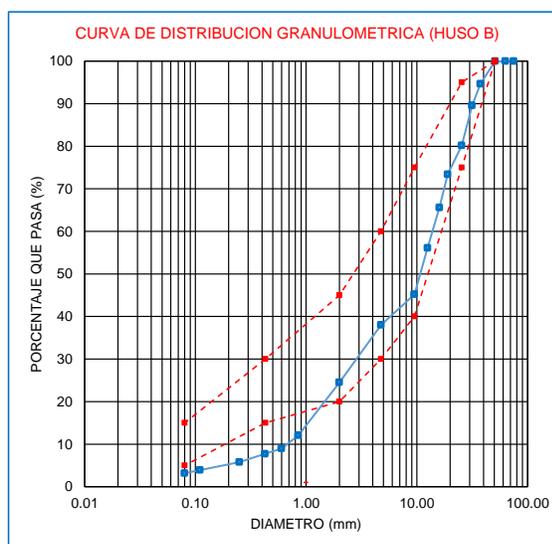
GRADACIÓN B PARA SUBBASE

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO							
Nº	Abertura(mm)	Gradación A (1)		Gradación B		Gradación C		Gradación D	
2"	50.80	100	100	100	100	-	-	-	-
1"	25.40	-	-	75	95	100	100	100	100
3/8"	9.50	30	65	40	75	50	85	60	100
Nº 4	4.75	25	55	30	60	35	65	50	85
Nº 10	2.00	15	40	20	45	25	50	40	70
Nº 40	0.43	8	20	15	30	15	30	25	45
Nº 200	0.08	2	8	5	15	5	15	8	15

PESO DE LA MUESTRA SECA MEZCLADA(g) 6340

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
Nº	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	376.0	5.37	5.37	94.63
1 1/4"	31.50	354.0	5.06	10.43	89.57
1"	25.40	657.0	9.39	19.81	80.19
3/4"	19.00	476.0	6.80	26.61	73.39
5/8"	16.00	546.0	7.80	34.41	65.59
1/2"	12.50	664.0	9.49	43.90	56.10
3/8"	9.50	764.0	10.91	54.81	45.19
Nº4	4.75	503.0	7.19	62.00	38.00
N 10	2.00	945.0	13.50	75.50	24.50
N 20	0.85	870.0	12.43	87.93	12.07
N 30	0.60	216.0	3.09	91.01	8.99
N 40	0.43	88.0	1.26	92.27	7.73
N 60	0.25	136.0	1.94	94.21	5.79
N 140	0.11	131.0	1.87	96.09	3.91
N 200	0.08	51.0	0.73	96.81	3.19
CAZOLETA	--	223.00	3.19		
TOTAL		7000.0			



METODO ANALITICO PARA MEZCLA DE CANTERAS
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MEZCLA DE MATERIALES SAN JUAN DEL SURO + RCD
GRADACIÓN B PARA SUBBASE

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO							
Nº	Abertura (mm)	Gradación A (1)		Gradación B		Gradación C		Gradación B	
2"	50.80	100	100	100	100	-	-	-	-
1"	25.40	-	-	75	95	100	100	100	100
3/8"	9.50	30	65	40	75	50	85	60	0
Nº 4	4.75	25	55	30	60	35	65	50	85
Nº 10	2.00	15	40	20	45	25	50	40	70
Nº 40	0.43	8	20	15	30	15	30	25	45
Nº 200	0.08	2	8	5	15	5	15	8	15

TAMIZ		ESPECIFICACIONES		San Juan del Suro	RCD
Nº	ABERTURA (mm)	% QUE PASA (HUSO B)		% QUE PASA	% QUE PASA
3"	75.00			100.00	100.00
2 1/2"	63.00			100.00	100.00
2"	50.80	100	100	100.00	100.00
1 1/2"	37.50			94.63	100.00
1 1/4"	31.50			89.57	100.00
1"	25.40	75	95	80.19	100.00
3/4"	19.00	----	----	73.39	100.00
5/8"	16.00			65.59	100.00
1/2"	12.50	----	----	56.10	100.00
3/8"	9.50	40	75	45.19	100.00
Nº4	4.75	30	60	38.00	100.00
Nº10	2.00	20	45	24.50	100.00
Nº20	0.85	----	----	12.07	95.00
Nº30	0.60	----	----	8.99	90.00
Nº40	0.43	15	30	7.73	80.00
Nº60	0.25	----	----	5.79	60.00
Nº140	0.11	----	----	3.91	30.00
Nº200	0.08	5	15	3.19	10.00

$$P = aA + bB + cC + \dots$$

(F1) Para "n" canteras

$$P = aA + bB$$

(F2) Para 2 canteras

Evidentemente $a + b = 100\%$ de donde:

$$a = 1 - b \quad (F3)$$

Sustituyendo en la ecuación (F2) se tiene:

$$P = (1 - b)A + bB = A - Aa + bB$$

$$P - A = b(B - A)$$

De donde se obtiene:

$$b = \frac{P - A}{B - A} \quad (F4)$$

$$a = \frac{P - B}{A - B} \quad (F5)$$

CONSIDERANDO EL TAMIZ Nº 10

P =	32.5	%	(% pasante que se desea obtener para el tamiz Nº10. Media de las especificaciones (P))
San Juan del Suro	24.50	%	(% Que pasa el tamiz Nº 10 del material "A")
RCD	100.00	%	(% Que pasa el tamiz Nº 10 del material "B")

% A USAR DE CADA CANTERA

RCD	0.11	b	0.10	10% material de RCD
San Juan del Suro	0.89	a	0.90	90% material de cantera
	1.00			



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MEZCLA DE MATERIALES SAN JUAN DEL SURO + RCD (AASHTO T-88)

GRADACIÓN B PARA SUBBASE

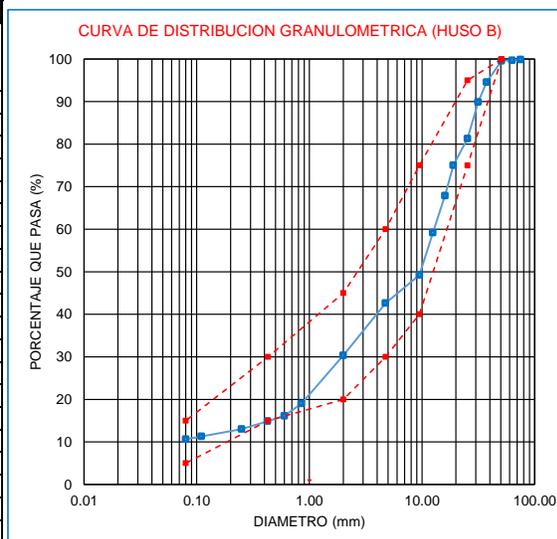
USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO							
Nº	Abertura(mm)	Gradación A (1)		Gradación B		Gradación C		Gradación D	
2"	50.80	100	100	100	100	-	-	-	-
1"	25.40	-	-	75	95	100	100	100	100
3/8"	9.50	30	65	40	75	50	85	60	100
Nº 4	4.75	25	55	30	60	35	65	50	85
Nº 10	2.00	15	40	20	45	25	50	40	70
Nº 40	0.43	8	20	15	30	15	30	25	45
Nº 200	0.08	2	8	5	15	5	15	8	15

RCD 10%
San Juan del Suro 90%

PESO SECO DE LA MUESTRA: CANTERA (g)	6300.0
PESO SECO DE LA MUESTRA: RCD (g)	700.0
PESO DE LA MUESTRA SECA MEZCLADA(g)	7000.0

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
Nº	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	10	0.14	0.14	99.86
2 ½"	63.00	10	0.14	0.29	99.71
2"	50.80	10	0.14	0.43	99.57
1 ½"	37.50	348.4	4.98	5.41	94.59
1 1/4"	31.50	328.6	4.69	10.10	89.90
1"	25.40	601.3	8.59	18.69	81.31
3/4"	19.00	438.4	6.26	24.95	75.05
5/8"	16.00	501.4	7.16	32.12	67.88
1/2"	12.50	607.6	8.68	40.80	59.20
3/8"	9.50	697.6	9.97	50.76	49.24
Nº4	4.75	462.7	6.61	57.37	42.63
N 10	2.00	860.5	12.29	69.66	30.34
N 20	0.85	792.5	11.32	80.99	19.01
N 30	0.60	203.40	2.91	83.89	16.11
N 40	0.43	87.20	1.25	85.14	14.86
N 60	0.25	128.4	1.83	86.97	13.03
N 140	0.11	120.9	1.73	88.70	11.30
N 200	0.08	46.9	0.67	89.37	10.63
CAZOLETA	--	200.7			
TOTAL					



OBSERVACIONES:



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO DE SAN JUAN DEL SURO (AASHTO T-88)

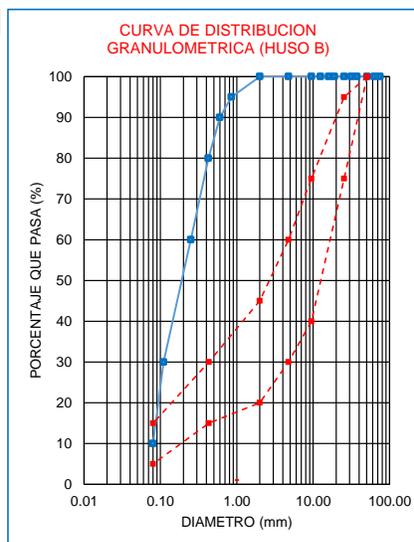
GRADACIÓN B PARA SUBBASE

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO							
Nº	Abertura(mm)	Gradación A (1)		Gradación B		Gradación C		Gradación D	
2"	50.80	100	100	100	100	-	-	-	-
1"	25.40	-	-	75	95	100	100	100	100
3/8"	9.50	30	65	40	75	50	85	60	100
Nº 4	4.75	25	55	30	60	35	65	50	85
Nº 10	2.00	15	40	20	45	25	50	40	70
Nº 40	0.43	8	20	15	30	15	30	25	45
Nº 200	0.08	2	8	5	15	5	15	8	15

PESO DE LA MUESTRA SECA MEZCLADA(g) 7000

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
Nº	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/4"	31.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.0	0.00	0.00	100.00
5/8"	16.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.0	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.75	0.0	0.00	0.00	100.00
N 10	2.00	0.0	0.00	0.00	100.00
N 20	0.85	350.0	5.00	5.00	95.00
N 30	0.60	350.0	5.00	10.00	90.00
N 40	0.43	700.0	10.00	20.00	80.00
N 60	0.25	1400.0	20.00	40.00	60.00
N 140	0.11	2100.0	30.00	70.00	30.00
N 200	0.08	1400.0	20.00	90.00	10.00
CAZOLETA	--	700.0	10.00	100.00	0.00
TOTAL		7000.0			



METODO ANALITICO PARA MEZCLA DE CANTERAS
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MEZCLA DE MATERIALES SAN JUAN DEL SURO + RCD
GRADACIÓN B PARA SUBBASE

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES
 TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO							
Nº	Abertura (mm)	Gradación A (1)		Gradación B		Gradación C		Gradación B	
2"	50.80	100	100	100	100	-	-	-	-
1"	25.40	-	-	75	95	100	100	100	100
3/8"	9.50	30	65	40	75	50	85	60	0
Nº 4	4.75	25	55	30	60	35	65	50	85
Nº 10	2.00	15	40	20	45	25	50	40	70
Nº 40	0.43	8	20	15	30	15	30	25	45
Nº 200	0.08	2	8	5	15	5	15	8	15

TAMIZ		ESPECIFICACIONES		San Juan del Suro	RCD
Nº	ABERTURA (mm)	% QUE PASA (HUSO B)		% QUE PASA	% QUE PASA
3"	75.00			100.00	100.00
2 1/2"	63.00			100.00	100.00
2"	50.80	100	100	100.00	100.00
1 1/2"	37.50			94.63	100.00
1 1/4"	31.50			89.57	100.00
1"	25.40	75	95	80.19	100.00
3/4"	19.00	----	----	73.39	100.00
5/8"	16.00			65.59	100.00
1/2"	12.50	----	----	56.10	100.00
3/8"	9.50	40	75	45.19	90.00
Nº4	4.75	30	60	38.00	75.00
Nº10	2.00	20	45	24.50	55.00
Nº20	0.85	----	----	12.07	50.00
Nº30	0.60	----	----	8.99	45.00
Nº40	0.43	15	30	7.73	35.00
Nº60	0.25	----	----	5.79	25.00
Nº140	0.11	----	----	3.91	15.00
Nº200	0.08	5	15	3.19	10.00

$$P = aA + bB + cC + \dots$$

(F1) Para "n" canteras

$$P = aA + bB$$

(F2) Para 2 canteras

Evidentemente $a + b = 100\%$ de donde:

$$a = 1 - b \quad (F3)$$

Sustituyendo en la ecuación (F2) se tiene:

$$P = (1 - b)A + bB = A - Aa + bB$$

$$P - A = b(B - A)$$

De donde se obtiene:

$$b = \frac{P - A}{B - A} \quad (F4)$$

$$a = \frac{P - B}{A - B} \quad (F5)$$

CONSIDERANDO EL TAMIZ Nº 10

P =	32.5	%	(% pasante que se desea obtener para el tamiz Nº10. Media de las especificaciones (P))
San Juan del Suro	24.50	%	(% Que pasa el tamiz Nº 10 del material "A")
RCD	55.00	%	(% Que pasa el tamiz Nº 10 del material "B")

% A USAR DE CADA CANTERA

RCD	0.26	b	0.30	30% material de RCD
San Juan del Suro	0.74	a	0.70	70% material de cantera
	1.00			



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MEZCLA DE MATERIALES SAN JUAN DEL SURO + RCD (AASHTO T-88)

GRADACIÓN B PARA SUBBASE

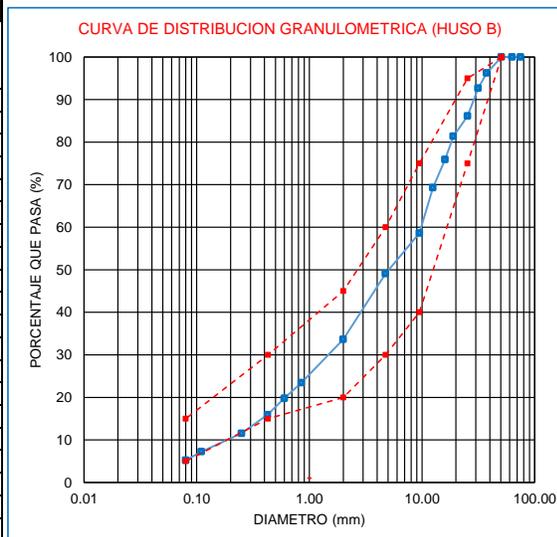
USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO							
Nº	Abertura(mm)	Gradación A (1)		Gradación B		Gradación C		Gradación D	
2"	50.80	100	100	100	100	-	-	-	-
1"	25.40	-	-	75	95	100	100	100	100
3/8"	9.50	30	65	40	75	50	85	60	100
Nº 4	4.75	25	55	30	60	35	65	50	85
Nº 10	2.00	15	40	20	45	25	50	40	70
Nº 40	0.43	8	20	15	30	15	30	25	45
Nº 200	0.08	2	8	5	15	5	15	8	15

RCD 30%
San Juan del Suro 70%

PESO SECO DE LA MUESTRA: CANTERA (g)	4900.0
PESO SECO DE LA MUESTRA: RCD (g)	2100.0
PESO DE LA MUESTRA SECA MEZCLADA(g)	7000.0

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
Nº	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	263.2	3.76	3.76	96.24
1 1/4"	31.50	247.8	3.54	7.30	92.70
1"	25.40	459.9	6.57	13.87	86.13
3/4"	19.00	333.2	4.76	18.63	81.37
5/8"	16.00	382.2	5.46	24.09	75.91
1/2"	12.50	464.8	6.64	30.73	69.27
3/8"	9.50	744.8	10.64	41.37	58.63
Nº4	4.75	667.1	9.53	50.90	49.10
N 10	2.00	1081.5	15.45	66.35	33.65
N 20	0.85	714	10.20	76.55	23.45
N 30	0.60	256.2	3.66	80.21	19.79
N 40	0.43	271.6	3.88	84.09	15.91
N 60	0.25	305.2	4.36	88.45	11.55
N 140	0.11	301.7	4.31	92.76	7.24
N 200	0.08	140.7	2.01	94.77	5.23
CAZOLETA	--	366.1			
TOTAL					



OBSERVACIONES:



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO DE SAN JUAN DEL SURO (AASHTO T-88)

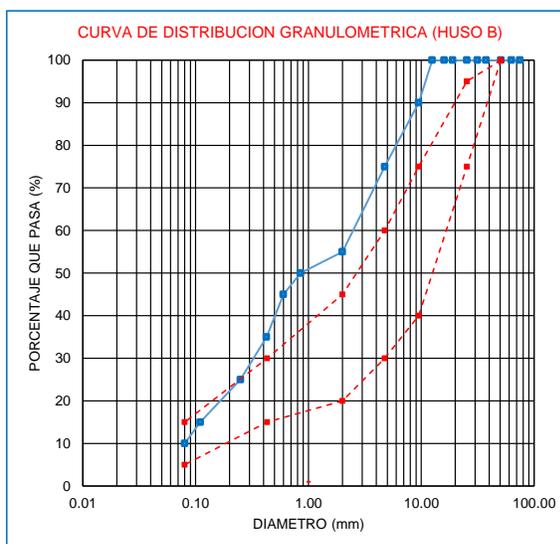
GRADACIÓN B PARA SUBBASE

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO							
Nº	Abertura(mm)	Gradación A (1)		Gradación B		Gradación C		Gradación D	
2"	50.80	100	100	100	100	-	-	-	-
1"	25.40	-	-	75	95	100	100	100	100
3/8"	9.50	30	65	40	75	50	85	60	100
Nº 4	4.75	25	55	30	60	35	65	50	85
Nº 10	2.00	15	40	20	45	25	50	40	70
Nº 40	0.43	8	20	15	30	15	30	25	45
Nº 200	0.08	2	8	5	15	5	15	8	15

PESO DE LA MUESTRA SECA MEZCLADA(g) 7000

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
Nº	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/4"	31.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.0	0.00	0.00	100.00
5/8"	16.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	700.0	10.00	10.00	90.00
Nº4	4.75	1050.0	15.00	25.00	75.00
N 10	2.00	1400.0	20.00	45.00	55.00
N 20	0.85	350.0	5.00	50.00	50.00
N 30	0.60	350.0	5.00	55.00	45.00
N 40	0.43	700.0	10.00	65.00	35.00
N 60	0.25	700.0	10.00	75.00	25.00
N 140	0.11	700.0	10.00	85.00	15.00
N 200	0.08	350.0	5.00	90.00	10.00
CAZOLETA	--	700.0	10.00	100.00	0.00
TOTAL		7000.0			



METODO ANALITICO PARA MEZCLA DE CANTERAS
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MEZCLA DE MATERIALES SAN JUAN DEL SURO + RCD
GRADACIÓN B PARA SUBBASE

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO							
Nº	Abertura (mm)	Gradación A (1)		Gradación B		Gradación C		Gradación B	
2"	50.80	100	100	100	100	-	-	-	-
1"	25.40	-	-	75	95	100	100	100	100
3/8"	9.50	30	65	40	75	50	85	60	0
Nº 4	4.75	25	55	30	60	35	65	50	85
Nº 10	2.00	15	40	20	45	25	50	40	70
Nº 40	0.43	8	20	15	30	15	30	25	45
Nº 200	0.08	2	8	5	15	5	15	8	15

TAMIZ		ESPECIFICACIONES		San Juan del Suro	RCD
Nº	ABERTURA (mm)	% QUE PASA (HUSO B)		% QUE PASA	% QUE PASA
3"	75.00			100.00	100.00
2 1/2"	63.00			100.00	100.00
2"	50.80	100	100	100.00	100.00
1 1/2"	37.50			94.63	100.00
1 1/4"	31.50			89.57	100.00
1"	25.40	75	95	80.19	100.00
3/4"	19.00	----	----	73.39	100.00
5/8"	16.00			65.59	100.00
1/2"	12.50	----	----	56.10	90.00
3/8"	9.50	40	75	45.19	75.00
Nº4	4.75	30	60	38.00	60.00
Nº10	2.00	20	45	24.50	40.00
Nº20	0.85	----	----	12.07	35.00
Nº30	0.60	----	----	8.99	30.00
Nº40	0.43	15	30	7.73	25.00
Nº60	0.25	----	----	5.79	20.00
Nº140	0.11	----	----	3.91	15.00
Nº200	0.08	5	15	3.19	10.00

$$P = aA + bB + cC + \dots$$

(F1) Para "n" canteras

$$P = aA + bB$$

(F2) Para 2 canteras

Evidentemente $a + b = 100\%$ de donde:

$$a = 1 - b \quad (F3)$$

Sustituyendo en la ecuación (F2) se tiene:

$$P = (1 - b)A + bB = A - Aa + bB$$

$$P - A = b(B - A)$$

De donde se obtiene:

$$b = \frac{P - A}{B - A} \quad (F4)$$

$$a = \frac{P - B}{A - B} \quad (F5)$$

CONSIDERANDO EL TAMIZ Nº 10

P =	32.5	%	(% pasante que se desea obtener para el tamiz Nº10. Media de las especificaciones (P))
San Juan del Suro	24.50	%	(% Que pasa el tamiz Nº 10 del material "A")
RCD	40.00	%	(% Que pasa el tamiz Nº 10 del material "B")

% A USAR DE CADA CANTERA

RCD	0.52	b	0.50	50% material de RCD
San Juan del Suro	0.48	a	0.50	50% material de cantera
	1.00			



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE MEZCLA DE MATERIALES SAN JUAN DEL SURO + RCD (AASHTO T-88)

GRADACIÓN B PARA SUBBASE

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES
TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

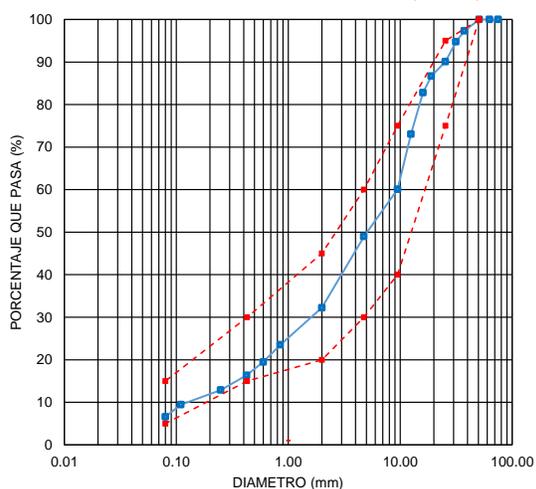
TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO							
Nº	Abertura(mm)	Gradación A (1)		Gradación B		Gradación C		Gradación D	
2"	50.80	100	100	100	100	-	-	-	-
1"	25.40	-	-	75	95	100	100	100	100
3/8"	9.50	30	65	40	75	50	85	60	100
Nº 4	4.75	25	55	30	60	35	65	50	85
Nº 10	2.00	15	40	20	45	25	50	40	70
Nº 40	0.43	8	20	15	30	15	30	25	45
Nº 200	0.08	2	8	5	15	5	15	8	15

RCD 50%
San Juan del Suro 50%

PESO SECO DE LA MUESTRA: CANTERA (g)	3500.0
PESO SECO DE LA MUESTRA: RCD (g)	3500.0
PESO DE LA MUESTRA SECA MEZCLADA(g)	7000.0

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
Nº	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.00	0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0	0.00	0.00	100.00
1 ½"	37.50	188	2.69	2.69	97.31
1 1/4"	31.50	177	2.53	5.21	94.79
1"	25.40	328.5	4.69	9.91	90.09
3/4"	19.00	238	3.40	13.31	86.69
5/8"	16.00	273	3.90	17.21	82.79
1/2"	12.50	682	9.74	26.95	73.05
3/8"	9.50	907	12.96	39.91	60.09
Nº4	4.75	776.5	11.09	51.00	49.00
N 10	2.00	1172.5	16.75	67.75	32.25
N 20	0.85	610	8.71	76.46	23.54
N 30	0.60	283	4.04	80.51	19.49
N 40	0.43	219	3.13	83.64	16.36
N 60	0.25	243	3.47	87.11	12.89
N 140	0.11	240.5	3.44	90.54	9.46
N 200	0.08	200.5	2.86	93.41	6.59
CAZOLETA	--	461.5			
TOTAL					

CURVA DE DISTRIBUCION GRANULOMETRICA (HUSO B)



OBSERVACIONES:



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO DE SAN JUAN DEL SURO (AASHTO T-88)

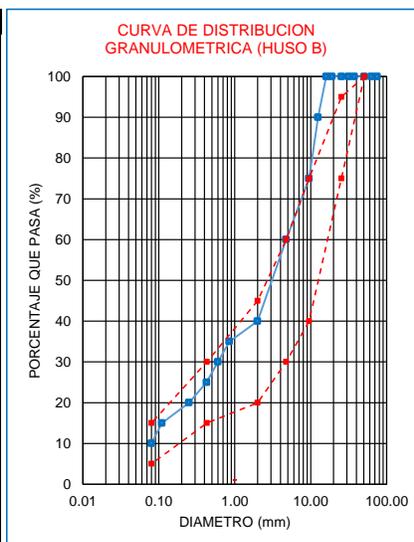
GRADACIÓN B PARA SUBBASE

USOS SEGÚN EL MANUAL DE CARRETERAS - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN EG-2013 DEL MTC

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO							
Nº	Abertura(mm)	Gradación A (1)		Gradación B		Gradación C		Gradación D	
2"	50.80	100	100	100	100	-	-	-	-
1"	25.40	-	-	75	95	100	100	100	100
3/8"	9.50	30	65	40	75	50	85	60	100
Nº 4	4.75	25	55	30	60	35	65	50	85
Nº 10	2.00	15	40	20	45	25	50	40	70
Nº 40	0.43	8	20	15	30	15	30	25	45
Nº 200	0.08	2	8	5	15	5	15	8	15

PESO DE LA MUESTRA SECA MEZCLADA(g) 7000

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUM.	% QUE PASA
Nº	ABERTURA (mm)				
3"	75.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/4"	31.50	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.0	0.00	0.00	100.00
5/8"	16.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	700.0	10.00	10.00	90.00
3/8"	9.50	1050.0	15.00	25.00	75.00
Nº4	4.75	1050.0	15.00	40.00	60.00
N 10	2.00	1400.0	20.00	60.00	40.00
N 20	0.85	350.0	5.00	65.00	35.00
N 30	0.60	350.0	5.00	70.00	30.00
N 40	0.43	350.0	5.00	75.00	25.00
N 60	0.25	350.0	5.00	80.00	20.00
N 140	0.11	350.0	5.00	85.00	15.00
N 200	0.08	350.0	5.00	90.00	10.00
CAZOLETA	--	700.0	10.00	100.00	0.00
TOTAL		7000.0			



Anexo D. Resultado de ensayos de laboratorio



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION"
EJECUCION DE OBRAS DE INGENIERIA, ELABORACION DE
PERFILES Y EXPEDIENTES TECNICOS, ESTUDIO DE ANALISIS
DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CANTERA EL SURO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC

Iván Cieza Díaz
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

 LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC

Geremías Rimarachín Rimarachín
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 267870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

	INFORME	Código	CAL-ABR-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	2 de 3

ABRASIÓN LOS ÁNGELES
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 207, ASTM C 131, AASHTO T 96

DATOS DE PROYECTO	
PROYECTO :	"EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD E SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"
UBICACIÓN :	DISTRITO DE CHOTA
SOLICITANTE :	LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE
CANTERA :	EL SURO
PROGRESIVA (km) :	ACOPIO
MATERIAL :	SUBBASE GRANULAR
	REALIZADO POR: I.C.D APROBADO POR: G.R.R FECHA DE MUESTREO: 28/08/2023 FECHA DE ENSAYO: 30/08/2023

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA :	-
MUESTRA :	-
	PROF. (m): - COORDENADAS: -

TAMIZ PASA - RETIENE	GRADACIÓN			
	"A"	B	C	D
1 1/2" - 1"	1250			
1" - 3/4"	1250			
3/4" - 1/2"	1250			
1/2" - 3/8"	1250			
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
PESO TOTAL	5,000			
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N° 12	3,739			
MATERIAL PASA TAMIZ N° 12	1,261			
N° DE ESFERAS	12			
PESO DE LAS ESFERAS (gr)	5000 ± 25			
PORCENTAJE DE DESGASTE	25.2			

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC	
TECNICO DE LABORATORIO  LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC <i>Iván Cieza Díaz</i> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	ING. RESPONSABLE  LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC <i>Geremías Rimarachín</i> INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 267870

	INFORME	Código	CAL-C.A-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	3 de 3

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

DATOS DE PROYECTO			
PROYECTO	:	"EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD E SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"	
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE CHOTA	
SOLICITANTE	:	LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE	REALIZADO POR: I.C.D
CANTERA	:	EL SURO	APROBADO POR: G.R.R
PROGRESIVA (km)	:	ACOPIO	FECHA DE MUESTREO: 28/08/2023
MATERIAL	:	SUBBASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO: 30/08/2023

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	:	-	PROF. (m): -
MUESTRA	:	-	COORDENADAS: -

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATAS, NI ALARGADAS		
TAMIZ	apertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)												
3"	76.200												
2"	50.800												
1 1/2"	38.100			100.0									
1"	25.400	3000.0	57.7	42.3	2.0	0.1	0.0	13.4	0.4	0.3	2984.6	99.5	57.4
3/4"	19.050	1500.0	28.8	13.5	12.0	0.8	0.2	16.0	1.1	0.3	1472.0	98.1	28.3
1/2"	12.700	500.0	9.6	3.8	5.0	1.0	0.1	1.0	0.2	0.0	494.0	98.8	9.5
3/8"	8.750	200.0	3.8	0.0	6.0	3.0	0.1	56.0	28.0	1.1	138.0	69.0	2.7
TOTALES		5200.0	100.0				0.5			1.7	5088.6		97.9

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	5200.0
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS DE ENSAYO	(%)	2.14 %
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (Especificación Max. de Proyecto)	(%)	

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO DE LABORATORIO	ING. RESPONSABLE
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC <i>Iván Cieza Díaz</i> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC <i>Geremias Rimarachin Rimarachin</i> INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

	INFORME	Código	CAL-S.S.F.-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 5

SALES SOLUBLES TOTALES
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 219, ASTM D 1888

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD E SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"

UBICACIÓN : DISTRITO DE CHOTA

SOLICITANTE : LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE

CANTERA : EL SURO

PROGRESIVA (km) : ACOPIO

MATERIAL : SUBBASE GRANULAR

REALIZADO POR: I.C.D
APROBADO POR: G.R.R
FECHA DE MUESTREO: 28/08/2023
FECHA DE ENSAYO: 30/08/2023

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : - PROF. (m): -
: - COORDENADAS: -

MUESTRA AGREGADO FINO	1	2	
Peso de Tara	49.13	49.03	
Peso tara + agua + sal	103.90	103.10	
Peso tara + sal	49.17	49.08	
Peso sal	0.040	0.050	
Peso agua	54.73	54.02	
% de sales solubles totales	0.073	0.093	
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)	0.083		

Observaciones: _____

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC	
TECNICO DE LABORATORIO	ING. RESPONSABLE
 Iván Cieza Díaz <small>LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO</small>	 Geremías Rimarachin Rimarachin <small>INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870</small>

	INFORME	Código	CAL-E.A-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 3

EQUIVALENTE DE ARENA
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 114, ASTM D 2419, AASHTO T 176

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD E SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"		
UBICACIÓN	DISTRITO DE CHOTA		
SOLICITANTE	LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE	REALIZADO POR:	I.C.D
CANTERA	EL SURO	APROBADO POR:	G.R.R
PROGRESIVA (km)	ACOPIO	FECHA DE MUESTREO:	28/08/2023
MATERIAL	SUBBASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO:	30/08/2023

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	-	PROF. (m):	-
MUESTRA	-	COORDENADAS:	-

Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Tamaño máximo (pasa malla Nº 4)	4.76	4.76	4.76
Hora de entrada a saturación	04:45	04:47	04:49
Hora de salida de saturación (mas 10")	04:55	04:57	04:59
Hora de entrada a decantación	04:57	04:59	05:01
Hora de salida de decantación (mas 20")	05:17	05:19	05:21
Altura máxima de material fino	13.3	13.1	13.1
Altura máxima de la arena	1.6	1.7	1.7
Equivalente de Arena (%)	12.0	13.0	13.0
PROMEDIO	13		

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO DE LABORATORIO	ING. RESPONSABLE
 Iván Cleza Díaz LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	 Geremías Rimarachín Rimarachín INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267670



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

MEZCLA 70% EL SURO - 30% RESIDUOS DE CONCRETO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC

Iván Cieza Díaz
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC

Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 287870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

	INFORME	Código	CAL-ABR-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	2 de 3

ABRASIÓN LOS ANGELES

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 207, ASTM C 131, AASHTO T 96

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE SUB BASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CHOTA		
SOLICITANTE	: LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE	REALIZADO POR:	I.C.D
CANTERA	: MEZCLA 70% EL SURO - 30% RESIDUOS DE CONCRETO	APROBADO POR:	G.R.R
PROGRESIVA (km)	: PROCESADO EN LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO:	28/08/2023
MATERIAL	: SUBBASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO:	02/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: -	PROF. (m):	-
MUESTRA	: -	COORDENADAS:	-

TAMIZ PASA - RETIENE	GRADACIÓN			
	"A"	B	C	D
1 1/2" - 1"	1250			
1" - 3/4"	1250			
3/4" - 1/2"	1250			
1/2" - 3/8"	1250			
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
PESO TOTAL	5,000			
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N° 12	3,097			
MATERIAL PASA TAMIZ N° 12	1,903			
N° DE ESFERAS	12			
PESO DE LAS ESFERAS (gr)	5000 ± 25			
PORCENTAJE DE DESGASTE	38.1			

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO DE LABORATORIO	ING. RESPONSABLE
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  Iván Cieza Díaz LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  Geremías Rimarachín Rimarachín INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

	INFORME	Código	CAL-C.A-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	3 de 3

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

DATOS DE PROYECTO			
PROYECTO	:	"EVALUACIÓN DE SUB BASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"	
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE CHOTA	
SOLICITANTE	:	LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE	
CANTERA	:	MEZCLA 70% EL SURO - 30% RESIDUOS DE CONCRETO	
PROGRESIVA (km)	:	PROCESADO EN LABORATORIO	
MATERIAL	:	SUBBASE GRANULAR	
		REALIZADO POR:	I.C.D
		APROBADO POR:	G.R.R
		FECHA DE MUESTREO:	28/08/2023
		FECHA DE ENSAYO:	02/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	:	-	PROF. (m): -
MUESTRA	:	-	COORDENADAS: -

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATAS, NI ALARGADAS		
TAMIZ	apertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)												
3"	76.200												
2"	50.800												
1 1/2"	38.100			100.0									
1"	25.400	3000.0	57.7	42.3		0.0	0.0		0.0	0.0	3000.0	100.0	57.7
3/4"	19.050	1500.0	28.8	13.5	21.0	1.4	0.4	8.0	0.5	0.2	1471.0	98.1	28.3
1/2"	12.700	500.0	9.6	3.8	14.0	2.8	0.3	6.0	1.2	0.1	480.0	96.0	9.2
3/8"	8.750	200.0	3.8	0.0	6.0	3.0	0.1	5.0	2.5	0.1	189.0	94.5	3.6
TOTALES		5200.0	100.0				0.8			0.4	5140.0		98.8

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	5200.0
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS DE ENSAYO	(%)	1.15 %
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (Especificación Max. de Proyecto)	(%)	

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO DE LABORATORIO	ING. RESPONSABLE
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC <i>Iván Cieza Díaz</i> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC <i>Geremías Rimarachin Rimarachin</i> INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

	INFORME	Código	CAL-S.S.F.-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 5

SALES SOLUBLES TOTALES
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 219, ASTM D 1888

DATOS DE PROYECTO

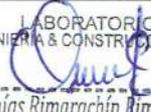
PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE SUB BASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"		
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CHOTA		
SOLICITANTE	: LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE	REALIZADO POR:	: I.C.D
CANTERA	: MEZCLA 70% EL SURO - 30% RESIDUOS DE CONCRETO	APROBADO POR:	: G.R.R
PROGRESIVA (km)	: PROCESADO EN LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO:	: 28/08/2023
MATERIAL	: SUBBASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO:	: 02/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: -	PROF. (m):	-
MUESTRA	: -	COORDENADAS:	-

MUESTRA AGREGADO FINO	1	2	
Peso de Tara	49.13	49.03	
Peso tara + agua + sal	104.40	105.30	
Peso tara + sal	49.20	49.11	
Peso sal	0.070	0.080	
Peso agua	55.20	56.19	
% de sales solubles totales	0.127	0.142	
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)	0.135		

Observaciones: _____

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC	
TECNICO DE LABORATORIO	ING. RESPONSABLE
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  Iván Cieza Díaz LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  Geremias Rimarachin INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

	INFORME		Código	CAL-E.A-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO		Versión	01
			Fecha	-
			Página	1 de 3
EQUIVALENTE DE ARENA				
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 114, ASTM D 2419, AASHTO T 176				
DATOS DE PROYECTO				
PROYECTO	"EVALUACIÓN DE SUB BASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"			
UBICACIÓN	DISTRITO DE CHOTA			
SOLICITANTE	LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE	REALIZADO POR: I.C.D		
CANTERA	MEZCLA 70% EL SURO - 30% RESIDUOS DE CONCRETO	APROBADO POR: G.R.R		
PROGRESIVA (km)	PROCESADO EN LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO: 28/08/2023		
MATERIAL	SUBBASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO: 02/09/2023		
DATOS DE LA MUESTRA				
CALICATA	-	PROF. (m): -		
MUESTRA	-	COORDENADAS: -		
Nº DE ENSAYOS	1	2	3	
Tamaño máximo (pasa malla Nº 4)	4.76	4.76	4.76	
Hora de entrada a saturación	08:16	08:18	08:20	
Hora de salida de saturación (mas 10")	08:26	08:28	08:30	
Hora de entrada a decantación	08:28	08:30	08:32	
Hora de salida de decantación (mas 20")	08:48	08:50	08:52	
Altura máxima de material fino	13.0	13.1	13.0	
Altura máxima de la arena	2.0	2.1	2.0	
Equivalente de Arena (%)	15.4	16.0	15.4	
PROMEDIO	16			
Observaciones: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				
GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC				
TECNICO DE LABORATORIO		ING. RESPONSABLE		
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  Iván Cieza Díaz LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO		 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  Geremías Rimarachin Rimarachin INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 251870		

	INFORME	Código	CAL-C.A-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	3 de 3

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

DATOS DE PROYECTO	
PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE SUB BASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CHOTA
SOLICITANTE	: LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE
CANTERA	: MEZCLA 50% EL SURO - 50% RESIDUOS DE CONCRETO
PROGRESIVA (km)	: PROCESADO EN LABORATORIO
MATERIAL	: SUBBASE GRANULAR

REALIZADO POR: I.C.D
APROBADO POR: G.R.R
FECHA DE MUESTREO: 28/08/2023
FECHA DE ENSAYO: 04/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: - PROF. (m): -
MUESTRA	: - COORDENADAS: -

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATAS, NI ALARGADAS		
TAMIZ	apertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)												
3"	76.200												
2"	50.800												
1 1/2"	38.100			100.0									
1"	25.400	3000.0	57.7	42.3		0.0	0.0		0.0	0.0	3000.0	100.0	57.7
3/4"	19.050	1500.0	28.8	13.5	16.0	1.1	0.3	5.0	0.3	0.1	1479.0	98.6	28.4
1/2"	12.700	500.0	9.6	3.8	10.0	2.0	0.2	7.0	1.4	0.1	483.0	96.6	9.3
3/8"	8.750	200.0	3.8	0.0	4.0	2.0	0.1	3.0	1.5	0.1	193.0	96.5	3.7
TOTALES		5200.0	100.0				0.6			0.3	5155.0		99.1

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	5200.0
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS DE ENSAYO	(%)	0.87 %
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (Especificación Max. de Proyec	(%)	

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO DE LABORATORIO	ING. RESPONSABLE
 Iván Cieza Díaz LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	 Geremias Rimarachin INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267670

	INFORME	Código	CAL-ABR-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	2 de 3

ABRASIÓN LOS ÁNGELES
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 207, ASTM C 131, AASHTO T 96

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO : "EVALUACIÓN DE SUB BASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"

UBICACIÓN : DISTRITO DE CHOTA

SOLICITANTE : LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE

CANTERA : MEZCLA 50% EL SURO - 50% RESIDUOS DE CONCRETO

PROGRESIVA (km) : PROCESADO EN LABORATORIO

MATERIAL : SUBBASE GRANULAR

REALIZADO POR: I.C.D
APROBADO POR: G.R.R
FECHA DE MUESTREO: 28/08/2023
FECHA DE ENSAYO: 04/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : - PROF. (m): -

MUESTRA : - COORDENADAS: -

TAMIZ PASA - RETIENE	GRADACIÓN			
	"A"	B	C	D
1 1/2" - 1"	1250			
1" - 3/4"	1250			
3/4" - 1/2"	1250			
1/2" - 3/8"	1250			
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
PESO TOTAL	5,000			
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N° 12	3,025			
MATERIAL PASA TAMIZ N° 12	1,975			
N° DE ESFERAS	12			
PESO DE LAS ESFERAS (gr)	5000 ± 25			
PORCENTAJE DE DESGASTE	39.5			

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC	
TECNICO DE LABORATORIO	ING. RESPONSABLE
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  Iván Cieza Díaz LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  Geremías Rimarachin Rimarachin INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

	INFORME	Código	CAL-S.S.F.-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 5

SALES SOLUBLES TOTALES
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 219, ASTM D 1888

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	:	"EVALUACIÓN DE SUB BASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"	
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE CHOTA	
SOLICITANTE	:	LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE	REALIZADO POR: I.C.D
CANTERA	:	MEZCLA 50% EL SURO - 50% RESIDUOS DE CONCRETO	APROBADO POR: G.R.R
PROGRESIVA (km)	:	PROCESADO EN LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO: 28/08/2023
MATERIAL	:	SUBBASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO: 04/09/2023

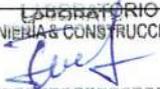
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	:	-	PROF. (m):	-
MUESTRA	:	-	COORDENADAS:	-

MUESTRA AGREGADO FINO	1	2	
Peso de Tara	49.13	49.03	
Peso tara + agua + sal	105.10	106.40	
Peso tara + sal	49.23	49.12	
Peso sal	0.100	0.090	
Peso agua	55.87	57.28	
% de sales solubles totales	0.179	0.157	
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)	0.168		

Observaciones: _____

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO DE LABORATORIO  Iván Cleza Díaz LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	ING RESPONSABLE  Geremías Rimarachín INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267670
--	--

	INFORME	Código	CAL-E.A-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 3

EQUIVALENTE DE ARENA
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 114, ASTM D 2419, AASHTO T 176

DATOS DE PROYECTO

PROYECTO	"EVALUACIÓN DE SUB BASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"		
UBICACIÓN	DISTRITO DE CHOTA		
SOLICITANTE	LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE	REALIZADO POR: I.C.D	
CANTERA	MEZCLA 50% EL SURO - 50% RESIDUOS DE CONCRETO	APROBADO POR: G.R.R	
PROGRESIVA (km)	PROCESADO EN LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO: 28/08/2023	
MATERIAL	SUBBASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO: 04/09/2023	

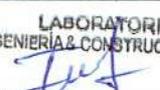
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: -	PROF. (m):	-
MUESTRA	: -	COORDENADAS:	-

Nº DE ENSAYOS	1	2	3
Tamaño máximo (pasa malla Nº 4)	4.76	4.76	4.76
Hora de entrada a saturación	10:20	10:22	10:24
Hora de salida de saturación (mas 10")	10:30	10:32	10:34
Hora de entrada a decantación	10:32	10:34	10:36
Hora de salida de decantación (mas 20")	10:52	10:54	10:56
Altura máxima de material fino	12.3	12.4	12.3
Altura máxima de la arena	2.4	2.3	2.4
Equivalente de Arena (%)	19.5	18.5	19.5
PROMEDIO	19		

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO DE LABORATORIO	ING. RESPONSABLE
  LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC Iván Cieza Díaz LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	  LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC Geremias Rimarachán Rimarachán INGENIERO CIVIL REG. CIP. Nº 267670



"GSE LABORATORIO, INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y
PAVIMENTOS

MEZCLA 90% EL SURO - 10% RESIDUOS DE CONCRETO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC

Iván Cieza Díaz
LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

LABORATORIO
INGENIERIA & CONSTRUCCION SAC

Geremías Rimarachín Rimarachín
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 267870

DIRECCIÓN: Jr. ANAXIMANDRO VEGA N° 865 – 1ER. PISO.
TELF.: 930866995 – 939225167 – CHOTA – CAJAMARCA
RUC: 20605442235 EMAIL: gselaboratorio2019@gmail.com

	INFORME	Código	CAL-ABR-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	2 de 3

ABRASION LOS ANGELES
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 207, ASTM C 131, AASHTO T 96

DATOS DE PROYECTO	
PROYECTO	: "EVALUACIÓN DE SUB BASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"
UBICACIÓN	: DISTRITO DE CHOTA
SOLICITANTE	: LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILIER YDROGO COLUNCHE
CANTERA	: MEZCLA 90% EL SURO - 10% RESIDUOS DE CONCRETO
PROGRESIVA (km)	: PROCESADO EN LABORATORIO
MATERIAL	: SUBBASE GRANULAR
	REALIZADO POR: I.C.D APROBADO POR: G.R.R FECHA DE MUESTREO: 28/08/2023 FECHA DE ENSAYO: 01/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: -
MUESTRA	: -
PROF. (m):	-
COORDENADAS:	-

TAMIZ PASA - RETIENE	GRADACIÓN			
	"A"	B	C	D
1 1/2" - 1"	1250			
1" - 3/4"	1250			
3/4" - 1/2"	1250			
1/2" - 3/8"	1250			
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
PESO TOTAL	5,000			
MATERIAL RETENIDO TAMIZ N° 12	3,416			
MATERIAL PASA TAMIZ N° 12	1,584			
N° DE ESFERAS	12			
PESO DE LAS ESFERAS (gr)	5000 ± 25			
PORCENTAJE DE DESGASTE	31.7			

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC	
TECNICO DE LABORATORIO	ING. RESPONSABLE
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC <i>Iván Cieza Díaz</i> LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC <i>Geremías Rimarachín Rimarachín</i> INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

	INFORME	Código	CAL-C.A-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	3 de 3

LÍMITES DE CONSISTENCIA - MALLA N°40
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

DATOS DE PROYECTO			
PROYECTO	:	"EVALUACIÓN DE SUB BASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"	
UBICACIÓN	:	DISTRITO DE CHOTA	
SOLICITANTE	:	LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE	REALIZADO POR: I.C.D
CANTERA	:	MEZCLA 90% EL SURO - 10% RESIDUOS DE CONCRETO	APROBADO POR: G.R.R
PROGRESIVA (km)	:	PROCESADO EN LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO: 28/08/2023
MATERIAL	:	SUBBASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO: 01/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	:	-	PROF. (m): -
MUESTRA	:	-	COORDENADAS: -

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS			NI CHATAS, NI ALARGADAS		
TAMIZ	apertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)												
3"	76.200												
2"	50.800												
1 1/2"	38.100			100.0									
1"	25.400	3000.0	57.7	42.3	10.0	0.3	0.2	26.0	0.9	0.5	2964.0	98.8	57.0
3/4"	19.050	1500.0	28.8	13.5	6.0	0.4	0.1	4.0	0.3	0.1	1490.0	99.3	28.7
1/2"	12.700	500.0	9.6	3.8	3.0	0.6	0.1	9.0	1.8	0.2	488.0	97.6	9.4
3/8"	8.750	200.0	3.8	0.0	10.0	5.0	0.2	12.0	6.0	0.2	178.0	89.0	3.4
TOTALES		5200.0	100.0				0.6			1.0	5120.0		98.5

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	5200.0
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS DE ENSAYO	(%)	1.54 %
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (Especificación Max. de Proyecto)	(%)	

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TÉCNICO DE LABORATORIO  Iván Cieza Díaz LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	ING. RESPONSABLE  Geremías Rimarachín INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267670
--	---

	INFORME	Código	CAL-S.S.F.-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 5

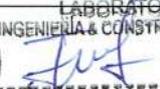
SALES SOLUBLES TOTALES
NORMAS TECNICAS: MTC E 219, ASTM D 1888

DATOS DE PROYECTO			
PROYECTO :	EVALUACION DE SUB BASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICION, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO. CHOTA. 2023"		
UBICACIÓN :	DISTRITO DE CHOTA		
SOLICITANTE :	LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE	REALIZADO POR:	I.C.D
CANTERA :	MEZCLA 90% EL SURO - 10% RESIDUOS DE CONCRETO	APROBADO POR:	G.R.R
PROGRESIVA (km) :	PROCESADO EN LABORATORIO	FECHA DE MUESTREO:	28/08/2023
MATERIAL :	SUBBASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO:	01/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA :	- PROF. (m): -
MUESTRA :	- COORDENADAS: -

MUESTRA AGREGADO FINO	1	2	
Peso de Tara	49.13	49.03	
Peso tara + agua + sal	103.40	104.50	
Peso tara + sal	49.19	49.09	
Peso sal	0.060	0.060	
Peso agua	54.21	55.41	
% de sales solubles totales	0.111	0.108	
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)	0.109		

Observaciones: _____

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC	
TECNICO DE LABORATORIO  Iván Cieza Díaz LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	ING. RESPONSABLE  Geremías Rimarachin INGENIERO CIVIL REG. CIP. N° 267870

	INFORME	Código	CAL-E.A-001
	LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 3

EQUIVALENTE DE ARENA
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 114, ASTM D 2419, AASHTO T 176

DATOS DE PROYECTO	
PROYECTO :	"EVALUACIÓN DE SUB BASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023"
UBICACIÓN :	DISTRITO DE CHOTA
SOLICITANTE :	LEYDI HUAMÁN MEJÍA, JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE
CANTERA :	MEZCLA 90% EL SURO - 10% RESIDUOS DE CONCRETO
PROGRESIVA (km) :	PROCESADO EN LABORATORIO
MATERIAL :	SUBBASE GRANULAR
	REALIZADO POR: I.C.D APROBADO POR: G.R.R FECHA DE MUESTREO: 28/08/2023 FECHA DE ENSAYO: 01/09/2023

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA :	-
MUESTRA :	-
	PROF. (m): - COORDENADAS: -

N° DE ENSAYOS	1	2	3
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	4.76	4.76	4.76
Hora de entrada a saturación	09:10	09:12	09:14
Hora de salida de saturación (mas 10")	09:20	09:22	09:24
Hora de entrada a decantación	09:22	09:24	09:26
Hora de salida de decantación (mas 20")	09:42	09:44	09:46
Altura máxima de material fino	12.8	12.9	12.8
Altura máxima de la arena	1.9	2.0	1.9
Equivalente de Arena (%)	14.8	15.5	14.8
PROMEDIO	15		

Observaciones:

GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

TECNICO DE LABORATORIO	ING. RESPONSABLE
 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  Iván Cieza Díaz LABORATORISTA SUELOS CONCRETO Y ASFALTO	 LABORATORIO INGENIERIA & CONSTRUCCIÓN SAC  Geremías Rimarachin Rimarachin INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 267870



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO-180-2023

Página : 1 de 2

Expediente : 186-2023
Fecha de emisión : 2023-07-15

1. Solicitante : GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.
Dirección : JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865 - CHOTA - CAJAMARCA

2. Instrumento de Medición : EQUIPO DE ABRASIÓN LOS ANGELES

Marca : SHERMAN
Modelo : ALA-010
Serie : 0082019

Marca de Contómetro : COUNTER
Modelo de Contómetro : DH48J
Serie de Contómetro : NO INDICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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.

Punto de Precision 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.

3. Lugar y fecha de Calibración
JR. ANAXIMANDRO VEGA NRO. 865 - CHOTA - CAJAMARCA
12 - JULIO - 2023

4. Método de Calibración
Calibración efectuada según norma ASTM C131 Y C 535

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM22-C-0234-2022	INACAL - DM
REGLA	MITUTOYO	1AD-1577-2022	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM-002-2023	PUNTO DE PRECISIÓN

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	18,6	18,7
Humedad %	59	59

7. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO-180-2023

Página : 2 de 2

EQUIPO DE ABRASIÓN LOS ANGELES

Dimensiones del Tambor :

DIÁMETRO	ANCHO
710 mm	510 mm

	PESO DE ESFERAS g	DIÁMETRO DE ESFERAS mm
Peso de Esfera 1	418,23 g	46,86 mm
Peso de Esfera 2	421,64 g	46,71 mm
Peso de Esfera 3	422,83 g	47,33 mm
Peso de Esfera 4	412,08 g	46,75 mm
Peso de Esfera 5	423,16 g	47,34 mm
Peso de Esfera 6	420,42 g	47,05 mm
Peso de Esfera 7	416,94 g	46,86 mm
Peso de Esfera 8	408,26 g	46,62 mm
Peso de Esfera 9	417,94 g	46,94 mm
Peso de Esfera 10	420,62 g	46,89 mm
Peso de Esfera 11	417,56 g	47,17 mm
Peso de Esfera 12	415,57 g	47,05 mm
Total	5015,25 g	

NUMERO DE VUELTAS DEL TAMBOR

31 rpm

SEGÚN ESPECIFICACIONES DE LA NORMA DE ENSAYO ASTM C131 y C 535

EL PESO DE LAS ESFERAS DEBEN ESTAR ENTRE 390g a 445g

NUMERO DE VUELTAS ENTRE 30 rpm y 33 rpm

PESO TOTAL DE LAS 12 ESFERAS 5000 g ± 25g

DIÁMETRO DE ESFERAS ENTRE 46,38 mm a 47,63 mm

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



LABORATORIO
INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN SAC

Geremias Rimarachin Rimarachin
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 267870

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



PERÚ

Presidencia
del Consejo de Ministros

INDECOPI



Firmado digitalmente por:
CAMPOS FRANCO Carlos Jose FAU
20173894203 soft
Fecha: 20/06/2020 13:28:29-0600

DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS

RESOLUCIÓN N° 007029-2020/DSD-INDECOPI

EXPEDIENTE: 824970-2019

SOLICITANTE: GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.

Lima, 23 de junio de 2020

1. ANTECEDENTES:

Con fecha 08 de noviembre de 2019, GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C., de Perú, solicita el registro de marca de servicio constituida por la denominación GSE LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo, para distinguir servicios de la Clase 37 de la Clasificación Internacional.

2. EXAMEN DE REGISTRABILIDAD:

Realizado el examen de registrabilidad del signo solicitado con relación a los servicios que pretende distinguir, y habiendo tenido a la vista la totalidad de antecedentes fonéticos y figurativos en la clase solicitada, se concluye que cumple con los requisitos previstos en el artículo 134 de la Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial, y no se encuentra comprendido en las prohibiciones señaladas en los artículos 135 y 136 del dispositivo legal referido.

La presente Resolución se emite en aplicación de las normas legales antes mencionadas y en uso de las facultades conferidas por los artículos 36, 40 y 41 de la Ley de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI sancionada por Decreto Legislativo N° 1033, concordante con el artículo 4.2 del Decreto Legislativo N° 1075, de acuerdo a las modificaciones introducidas al mismo por los Decretos Legislativos N°s 1309 y 1397.

3. DECISIÓN DE LA DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS:

INSCRIBIR en el Registro de Marcas de servicio de la Propiedad Industrial, a favor de GSE LABORATORIO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C., de Perú, la marca de servicio constituida por la denominación GSE LABORATORIO INGENIERÍA & CONSTRUCCIÓN y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo que se consignará en el certificado correspondiente; para distinguir servicio de construcción de obras, supervisión (dirección) de obras de construcción civil, de la Clase 37 de la Clasificación Internacional.



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Id Documento:142636602x

Pág. 1 de 2



PERÚ

Presidencia
del Consejo de Ministros

INDECOPI

El presente registro queda bajo el amparo de ley por el plazo de diez años, contado a partir de la fecha de la presente Resolución.

Regístrese y Comuníquese

CARLOS CAMPOS FRANCO
DIRECCIÓN DE SIGNOS DISTINTIVOS
INDECOPI



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(A.S.T.M D 422) / A.A.S.H.T.O T 89**

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641 CEL:960234555
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

DATOS DEL PROYECTO

Pag: 2.00

PROYECTO : EVALUACION DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICION, CANTERA EL SURO,
COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023
UBICACION : COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA
SOLICITANTE : LEYDI HUAMAN MEJIA / JOSUE LILER YDROGO COLLUNCHE

COORDENADAS:

NORTE: -
ESTE: -
COTA: -

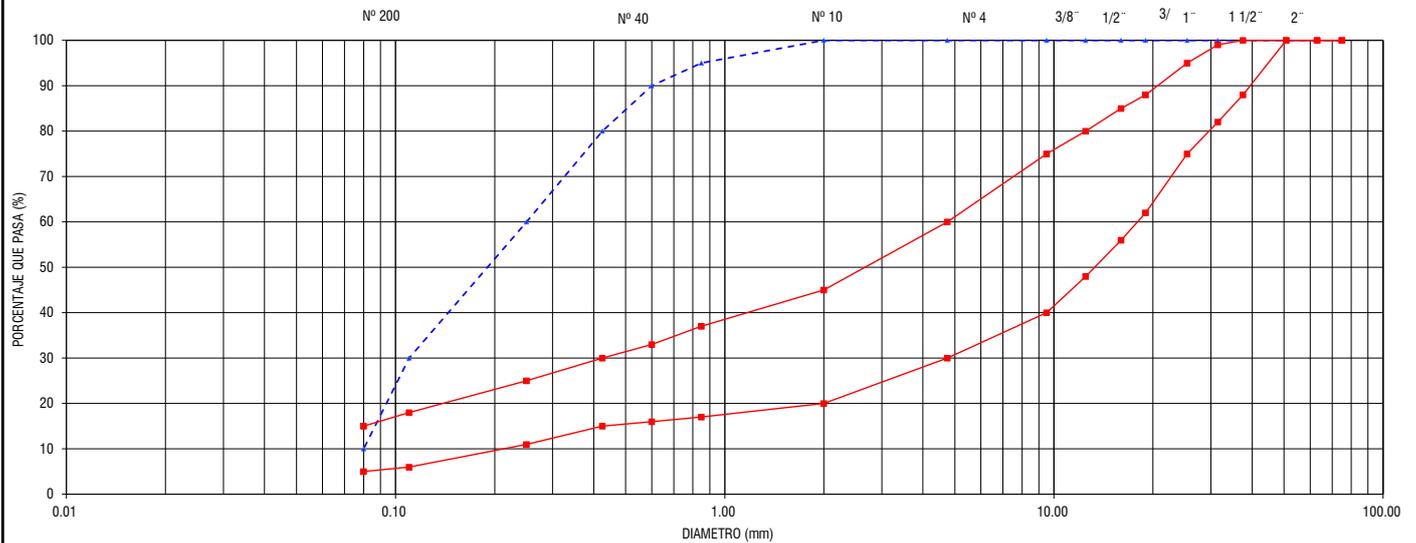
DATOS DEL MUESTREO

CANTERA: CANTERA SAN JUAN DEL SURO
USO: SUB BASE **PORCENTAJE (%):** 10% **FECHA DE INFORME:** F-21/6/2023

**STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - A.A.S.H.T.O. T 88
METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

FRACCION	TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACION GRADACION "B" % QUE PASA	CLASIFICACION	
	Nº	ABERTURA(mm)	(gr)	(gr)					
FRACCION GRUESA	3"	75.00	0.00	0.0	0.00	100.00	-	CLASIFICACION (S.U.C.S)	GP-GC
	2 1/2"	63.00	0.00	0.0	0.00	100.00	-		
	2"	50.80	0.00	0.0	0.00	100.00	100		
	1 1/2"	37.50	0.00	0.0	0.00	100.00	-	CLASIFICACION (A.A.S.H.T.O. M 145)	A - 2 - 4 (0)
	1 1/4"	31.50	0.00	0.0	0.00	100.00	-		
	1"	25.40	0.00	0.0	0.00	100.00	75 - 95		
	3/4"	19.00	0.00	0.0	0.00	100.00	-		
	5/8"	16.00	0.00	0.0	0.00	100.00	-		
	1/2"	12.50	0.00	0.0	0.00	100.00	-		
	3/8"	9.50	0.00	0.0	0.00	100.00	40 - 75		
Nº 4	4.75	0.00	0.0	0.00	100.00	30 - 60	MUESTRA TOTAL SECA		
FRACCION FINA	Nº 10	2.00	0.00	0.0	0.00	100.00	20 - 45	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	7000.00
	Nº 20	0.85	350.00	350.0	5.00	95.00	-		
	Nº 30	0.60	350.00	700.0	10.00	90.00	-	BASE GRANULAR	
	Nº 40	0.43	700.00	1400.0	20.00	80.00	15 - 30		
	Nº 60	0.25	1400.00	2800.0	40.00	60.00	-		
	Nº 140	0.11	2100.00	4900.0	70.00	30.00	-		
	N 200	0.08	1400.00	6300.0	90.00	10.00	5 - 15		
	CAZOLETA	--	700.00	7000.0	100.00	0.00			
TOTAL				7000					

(CURVA GRANULOMETRICA A.A.S.H.T.O. T 88) - HUSO B (SECCION 402 - MTC)



OBSERVACIONES :

CALIDAD: Suelo regular para Sub rasante

LA CURVA GRANULOMETRICA DEL MATERIAL EN ESTUDIO, NO CUMPLE EN GRAN PARTE CON LA GRADACION B, DE LA SECCION 402, (ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES).

LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGUN LA NORMA A.A.S.H.T.O. M 145 - THE CLASSIFICATION OF SOILS - AGGREGATE MIXTURES FOR HIGHWAY CONSTRUCTION PURPOSES).



Técnico de Laboratorio:

Firma:



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(A.S.T.M D 422) / A.A.S.H.T.O T 89**

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CORREO:ciexlianlab@gmail.com
CEL:960234555

DATOS DEL PROYECTO

Pag: 2.00

PROYECTO : EVALUACION DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICION, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023
UBICACION : COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA
SOLICITANTE : LEYDI HUAMAN MEJIA / JOSUE LILER YDROGO COLLUNCHE

COORDENADAS:

NORTE: -
ESTE: -
COTA: -

CANTERA: CANTERA SAN JUAN DEL SURO
USO: SUB BASE

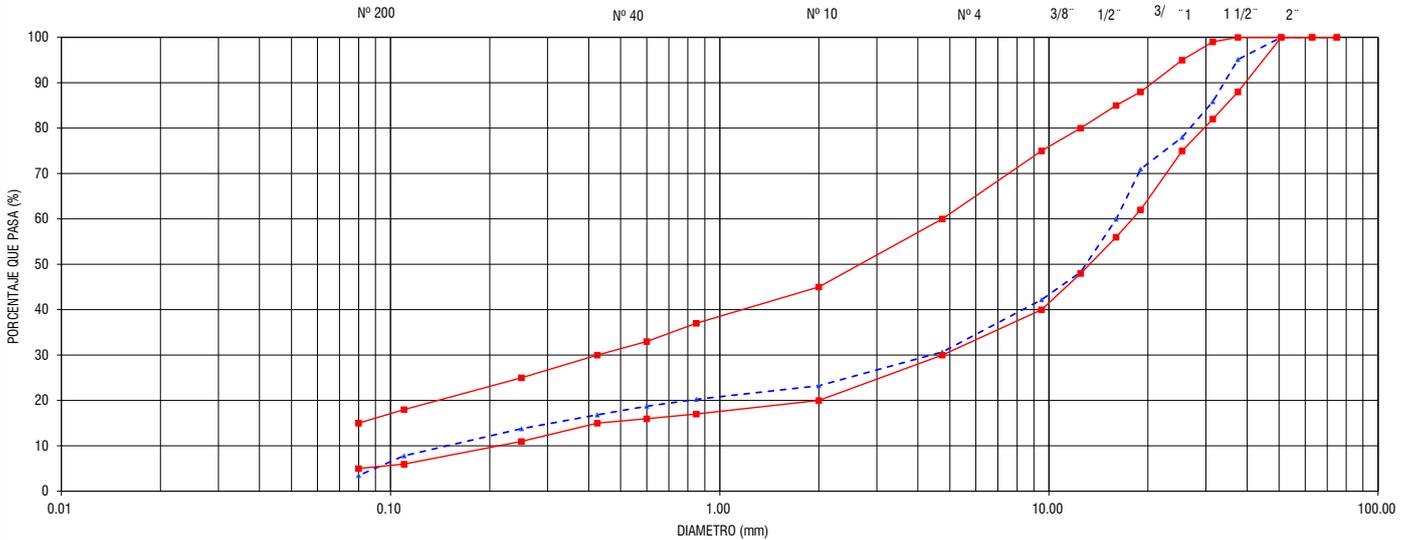
PORCENTAJE (%): 10%

FECHA DE INFORME: F-21/6/2023

**STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - A.A.S.H.T.O. T 88
METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

FRACCION	TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACION GRADACION "B"	CLASIFICACION	
	Nº	ABERTURA(mm)	(gr)	(gr)			% QUE PASA		
FRACCION GRUESA	3"	75.00	0.00	0.0	0.00	100.00	-	CLASIFICACION (S.U.C.S)	GP-GC
	2 1/2"	63.00	0.00	0.0	0.00	100.00	-		
	2"	50.80	0.00	0.0	0.00	100.00	100	L.L (%) :	20.67
	1 1/2"	37.50	104.00	104.00	4.88	95.12	-	L.P (%) :	10.63
	1 1/4"	31.50	198.00	302.00	14.17	85.83	-	I.P (%) :	10.04
	1"	25.40	167.00	469.00	22.00	78.00	75 - 95	CLASIFICACION (A.A.S.H.T.O. M 145)	A - 2 - 4 (0)
	3/4"	19.00	150.00	619.00	29.03	70.97	-		
	5/8"	16.00	235.00	854.00	40.06	59.94	-		
	1/2"	12.50	248.00	1102.00	51.69	48.31	-		
	3/8"	9.50	130.00	1232.00	57.79	42.21	40 - 75		
Nº 4	4.75	246.00	1478.00	69.32	30.68	30 - 60	MUESTRA TOTAL SECA		
FRACCION FINA	Nº 10	2.00	159.00	1637.00	76.78	23.22	20 - 45	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	2132.00
	Nº 20	0.85	63.00	1700.00	79.74	20.26	-		
	Nº 30	0.60	33.00	1733.00	81.29	18.71	-	BASE GRANULAR	
	Nº 40	0.43	40.00	1773.00	83.16	16.84	15 - 30		
	Nº 60	0.25	65.00	1838.00	86.21	13.79	-		
	Nº 140	0.11	127.00	1965.00	92.17	7.83	-		
	N 200	0.08	93.00	2058.00	96.53	3.47	5 - 15		
CAZOLETA	--	74.00	2132.00	100.00	0.00				
TOTAL				2132.0					

Titulo del gráfico



OBSERVACIONES :

CALIDAD: Suelo regular para Sub rasante

LA CURVA GRANULOMETRICA DEL MATERIAL EN ESTUDIO, CUMPLE EN LA GRADACION B DE LA SECCION 402, (ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRERAS DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES).

LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGUN LA NORMA A.A.S.H.T.O. M 145 - THE CLASSIFICATION OF SOILS - AGGREGATE MIXTURES FOR HIGHWAY CONSTRUCTION PURPOSES).

Ing. Dante H. Cieza León
REG. CIP. 181947

Técnico de Laboratorio:

Firma:



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(A.S.T.M D 422) / A.A.S.H.T.O T 89**

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

DATOS DEL PROYECTO

Pag: **2.00**

PROYECTO : EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023
UBICACIÓN : COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA
SOLICITANTE : LEYDI HUAMAN MEJÍA / JOSUE LILER YDROGO COLLUNCHE

COORDENADAS:

NORTE: -
ESTE: -
COTA: -

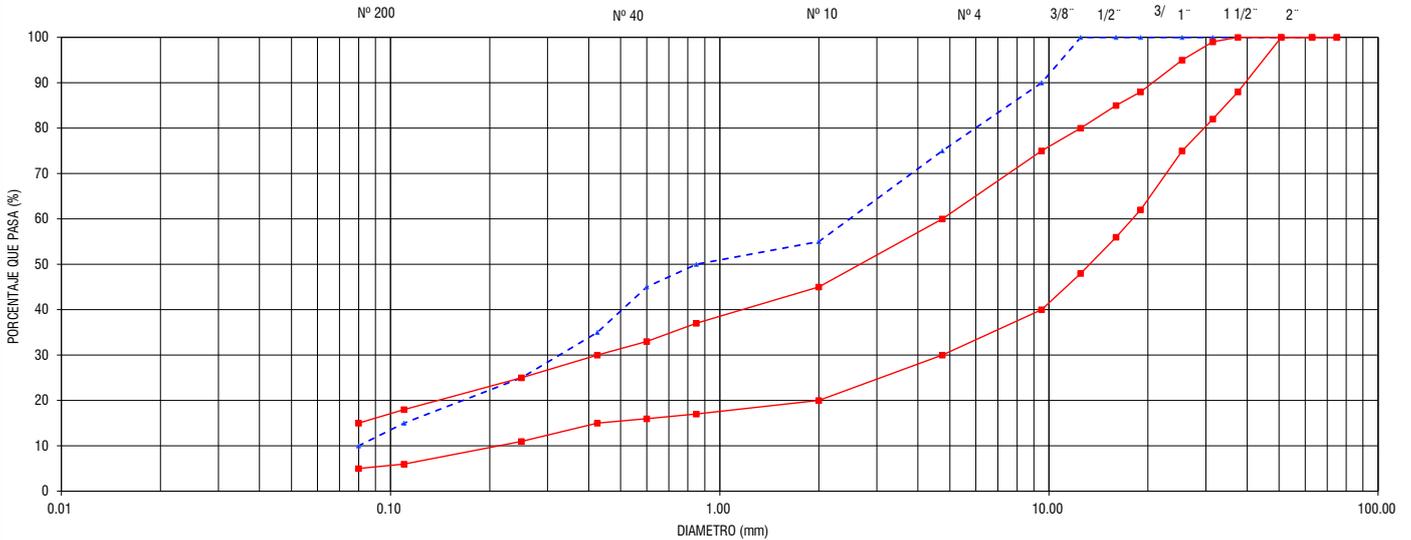
DATOS DEL MUESTREO

CANTERA: CANTERA SAN JUAN DEL SURO
USO: SUB BASE
PORCENTAJE (%): 30%
FECHA DE INFORME: F-21/6/2023

**STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - A.A.S.H.T.O. T 88
METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

FRACCIÓN	TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION GRADACION "B"	CLASIFICACIÓN		
	Nº	ABERTURA(mm)	(gr)	(gr)	ACUMULADO (%)	(%)	% QUE PASA			
FRACCIÓN GRUESA	3"	75.00	0.00				100.00	-	CLASIFICACION (S.U.C.S)	GP - GC
	2 1/2"	63.00	0.00				100.00	-		
	2"	50.80	0.00	-	-	-	100.00	100		
	1 1/2"	37.50	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00	-		
	1 1/4"	31.50	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00	-		
	1"	25.40	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00	75 - 95		
	3/4"	19.00	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00	-		
	5/8"	16.00	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00	-		
	1/2"	12.50	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00	-	CLASIFICACION (A.A.S.H.T.O. M 145)	A - 2 - 4 (0)
	3/8"	9.50	700.00	700.0	10.00	90.00	40 - 75			
	Nº 4	4.75	1050.00	1750.0	25.00	75.00	30 - 60	MUESTRA TOTAL SECA		
FRACCIÓN FINA	Nº 10	2.00	1400.00	3150.0	45.00	55.00	20 - 45	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	7000	
	Nº 20	0.85	350.00	3500.0	50.00	50.00	-			
	Nº 30	0.60	350.00	3850.0	55.00	45.00	-			
	Nº 40	0.43	700.00	4550.0	65.00	35.00	15 - 30			
	Nº 60	0.25	700.00	5250.0	75.00	25.00	-			
	Nº 140	0.11	700.00	5950.0	85.00	15.00	-			
	N 200	0.08	350.00	6300.0	90.00	10.00	5 - 15			
	CAZOLETA	--	700.00	7000.0	100.00	0.00	BASE GRANULAR			
	TOTAL		7000							

(CURVA GRANULOMETRICA A.A.H.S.T.O. T 88) - HUSO B (SECCION 402 - MTC)



OBSERVACIONES :

CALIDAD: Suelo bueno para Sub rasante
LA CURVA GRANULOMETRICA DEL MATERIAL EN ESTUDIO, NO CUMPLE EN GRAN PARTE CON LA GRADACION B, DE LA SECCION 402, (ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES) DE LA LEY LEON
LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGUN LA NORMA A.A.S.H.T.O. M 145 - THE CLASSIFICATION OF SOILS - AGGREGATE MIXTURES FOR HIGHWAY CONSTRUCTION PURPOSES).

Técnico de Laboratorio:

Firma:



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(A.S.T.M D 422) / A.A.S.H.T.O T 89**

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

DATOS DEL PROYECTO

Pag: **2.00**

PROYECTO : EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023
UBICACIÓN : COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA
SOLICITANTE : LEYDI HUAMAN MEJÍA / JOSUE LILER YDROGO COLLUNCHE

COORDENADAS:

NORTE: -
ESTE: -
COTA: -

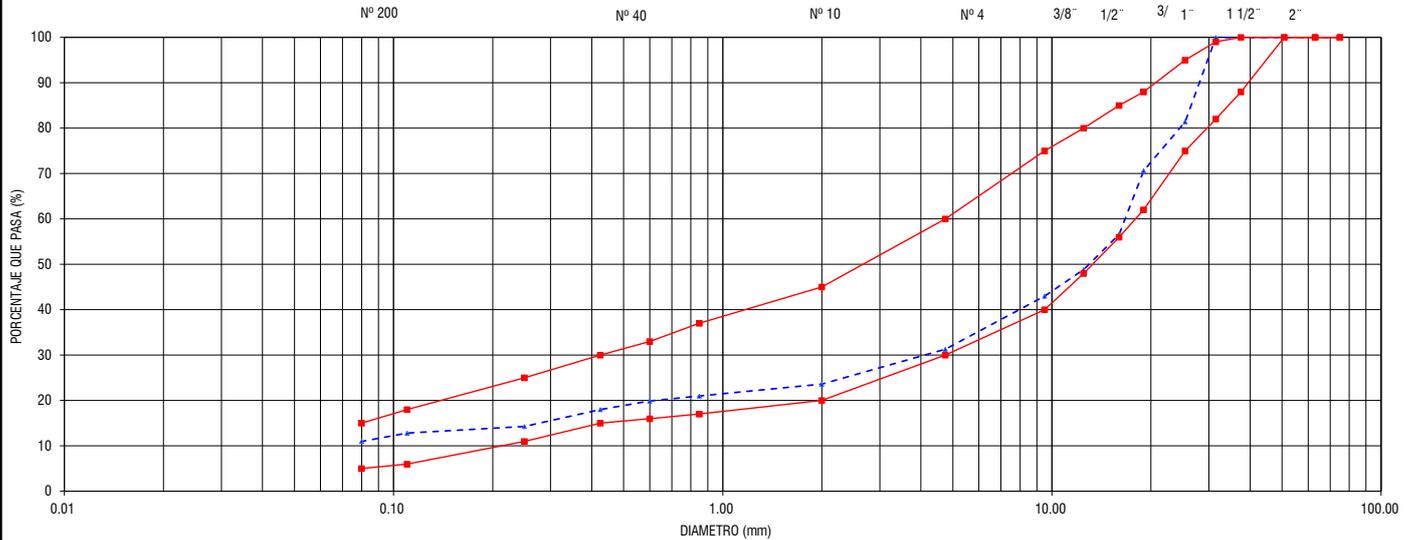
DATOS DEL MUESTREO

CANTERA: CANTERA SAN JUAN DEL SURO
USO: SUB BASE
PORCENTAJE (%): 30%
FECHA DE INFORME: F-21/6/2023

**STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - A.A.S.H.T.O. T 88
METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

FRACCIÓN	TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION GRADACION "B"	CLASIFICACIÓN	
	Nº	ABERTURA(mm)	(gr)	(gr)	ACUMULADO (%)	(%)	% QUE PASA		
FRACCIÓN GRUESA	3"	75.00	0.00	0.0	0.00	100.00	-	CLASIFICACION (S.U.C.S)	GP - GC
	2 1/2"	63.00	0.00	0.0	0.00	100.00	-		
	2"	50.80	0.00	0.0	0.00	100.00	100	L.L (%) :	21.83
	1 1/2"	37.50	194.00	194.0	7.19	100.00	-	L.P (%) :	13.21
	1 1/4"	31.50	130.00	324.0	12.00	100.00	-	I.P (%) :	8.62
	1"	25.40	179.00	503.0	18.63	81.37	75 - 95	CLASIFICACION (A.A.S.H.T.O. M 145)	A - 2 - 4 (0)
	3/4"	19.00	290.00	793.0	29.37	70.63	-		
	5/8"	16.00	380.00	1173.0	43.44	56.56	-		
	1/2"	12.50	208.00	1381.0	51.15	48.85	-		
	3/8"	9.50	158.00	1539.0	57.00	43.00	40 - 75		
FRACCIÓN FINA	Nº 4	4.75	316.00	1855.0	68.70	31.30	30 - 60	MUESTRA TOTAL SECA	
	Nº 10	2.00	208.00	2063.0	76.41	23.59	20 - 45	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	2700
	Nº 20	0.85	71.00	2134.0	79.04	20.96	-		
	Nº 30	0.60	30.00	2164.0	80.15	19.85	-	BASE GRANULAR	
	Nº 40	0.43	50.00	2214.0	82.00	18.00	15 - 30		
	Nº 60	0.25	100.00	2314.0	85.70	14.30	-		
	Nº 140	0.11	40.00	2354.0	87.19	12.81	-		
		N 200	0.08	50.00	2404.0	89.04	10.96	5 - 15	
	CAZOLETA	--	292.00	2696.0	99.85	0.15			
	TOTAL			296					

(CURVA GRANULOMETRICA A.A.H.S.T.O. T 88) - HUSO B (SECCION 402 - MTC)



OBSERVACIONES :

CALIDAD: Suelo bueno para Sub rasante
LA CURVA GRANULOMETRICA DEL MATERIAL EN ESTUDIO CON LA GRADACION B DE LA SECCION 402, (ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES).
LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGUN LA NORMA A.A.S.H.T.O. M 145 - THE CLASSIFICATION OF SOILS - AGGREGATE MIXTURES FOR HIGHWAY CONSTRUCTION PURPOSES).

Ing. Dante H. Cieza León
ESPECIALISTA EN SUELOS - INGENIEROS
REG. CIP 181947

Técnico de Laboratorio:

Firma:



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(A.S.T.M D 422) / A.A.S.H.T.O T 89**

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

DATOS DEL PROYECTO

Pag: **2.00**

PROYECTO : EVALUACION DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICION, CANTERA EL SURO,
COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023
UBICACIÓN : COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA
SOLICITANTE : LEYDI HUAMAN MEJÍA / JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE

COORDENADAS:

NORTE: -
ESTE: -
COTA: -

DATOS DEL MUESTREO

CANTERA: CANTERA SAN JUAN DEL SURO
USO: SUB BASE

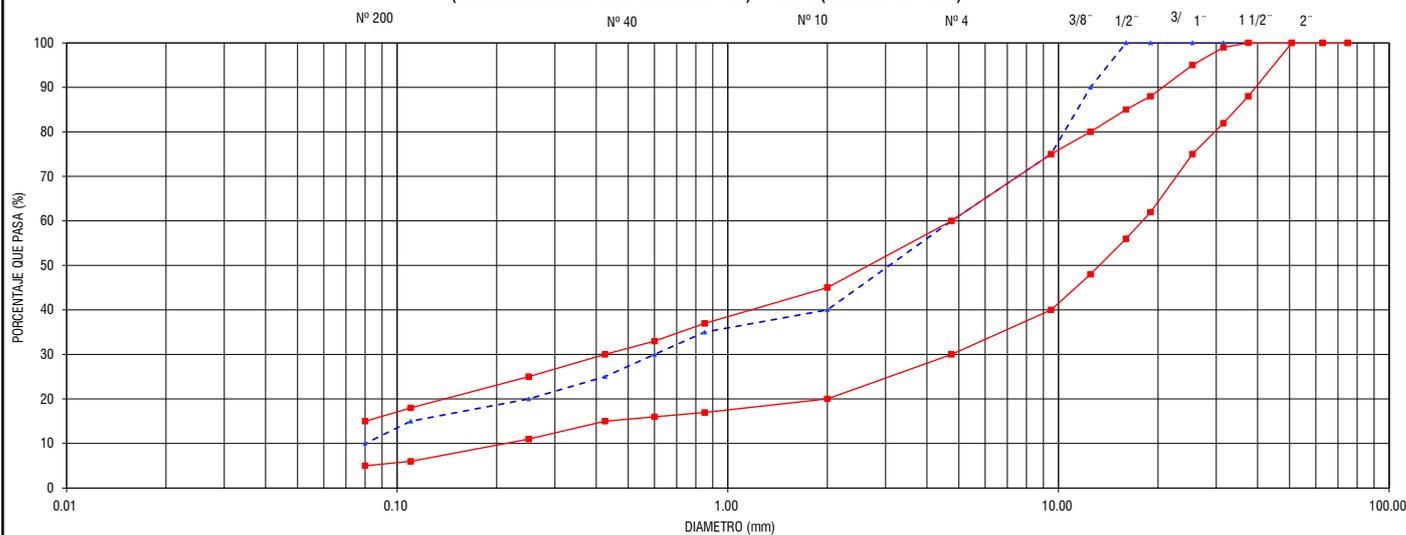
PORCENTAJE (%): 50%

FECHA DE INFORME: F-21/6/2023

**STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - A.A.S.H.T.O. T 88
METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

FRACCIÓN	TAMIZ		PESO RETENIDO	PESO RETENIDO	PORCENTAJE	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	CLASIFICACIÓN	
	Nº	ABERTURA (mm)	PARCIAL (gr)	ACUMULADO (gr)	RETENIDO ACUMULADO (%)	QUE PASA (%)	GRADACION "B" % QUE PASA		
FRACCIÓN GRIESA	3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	-	CLASIFICACION (S.U.C.S)	GM
	2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00	-		
	2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00	100		
	1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	-		
	1 1/4"	31.50	0.00	0.00	0.00	100.00	-	CLASIFICACION (A.A.S.H.T.O. M 145)	A - 1 - a (0)
	1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00	75 - 95		
	3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	-		
	5/8"	16.00	0.00	0.00	0.00	100.00	-		
	1/2"	12.50	700.00	700.00	10.00	90.00	-		
	3/8"	9.50	1050.00	1750.00	25.00	75.00	40 - 75		
Nº 4	4.75	1050.00	2800.00	40.00	60.00	30 - 60	MUESTRA TOTAL SECA		
FRACCIÓN FINA	Nº 10	2.00	1400.00	4200.00	60.00	40.00	20 - 45	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	7000
	Nº 20	0.85	350.00	4550.00	65.00	35.00	-		
	Nº 30	0.60	350.00	4900.00	70.00	30.00	-		
	Nº 40	0.43	350.00	5250.00	75.00	25.00	15 - 30	BASE GRANULAR	
	Nº 60	0.25	350.00	5600.00	80.00	20.00	-		
	Nº 140	0.11	350.00	5950.00	85.00	15.00	-		
	N 200	0.08	350.00	6300.00	90.00	10.00	5 - 15		
	CAZOLETA	--	700.00	7000.00	100.00	0.00			
TOTAL			7000						

(CURVA GRANULOMETRICA A.A.H.S.T.O. T 88) - HUSO B (SECCION 402 - MTC)



OBSERVACIONES :

CALIDAD: Suelo Bueno para Sub rasante
LA CURVA GRANULOMETRICA DEL MATERIAL EN ESTUDIO, CUMPLE EN GRAN PARTE CON LA GRADACION B, DE LA SECCION 402, (ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES).
LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGUN LA NORMA (A.A.S.H.T.O. M.145 - THE CLASSIFICATION OF SOILS - AGGREGATE MIXTURES FOR HIGHWAY CONSTRUCTION PURPOSES).

Ing. Dante H. Cieza Leon
ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
REG. CIP. 181947

Técnico de Laboratorio:

Firma:



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(A.S.T.M D 422) / A.A.S.H.T.O T 89**

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555
CORREO:ciexlianlab@gmail.com

DATOS DEL PROYECTO

Pag: **2.00**

PROYECTO : EVALUACION DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICION, CANTERA EL SURO,
COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023
UBICACIÓN : COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA
SOLICITANTE : LEYDI HUAMAN MEJÍA / JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE

COORDENADAS:

NORTE: -
ESTE: -
COTA: -

DATOS DEL MUESTREO

CANTERA: CANTERA SAN JUAN DEL SURO
USO: SUB BASE

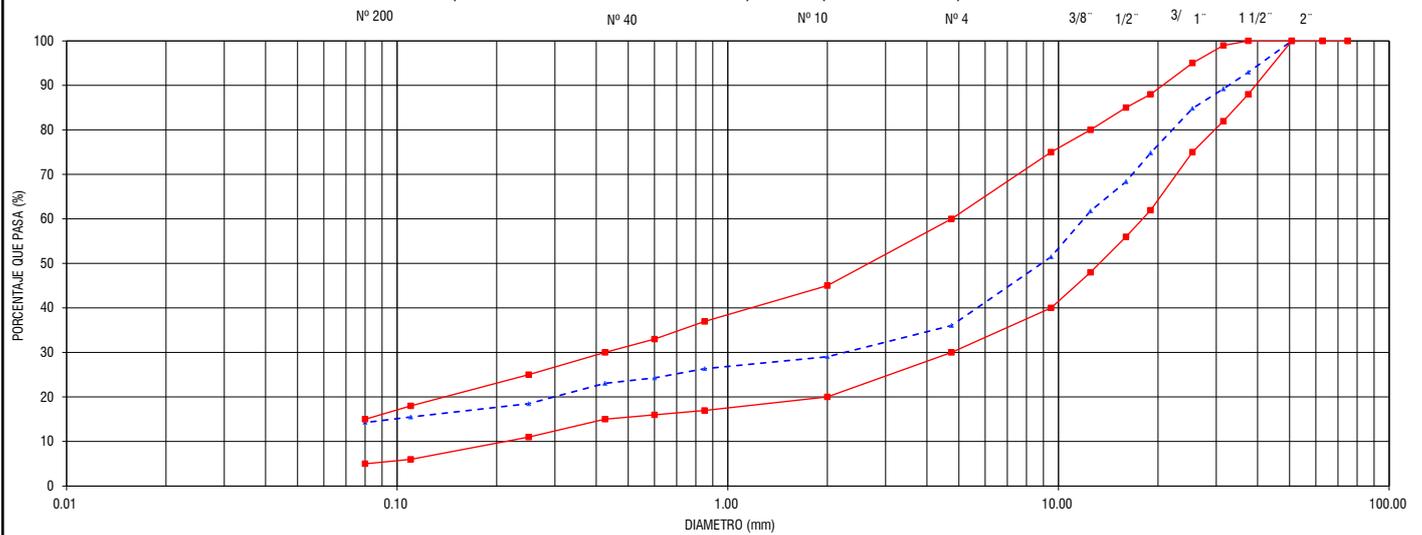
PORCENTAJE (%): 50%

FECHA DE INFORME: F-21/6/2023

**STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS - A.A.S.H.T.O. T 88
METODO DE ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

FRACCIÓN	TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION GRADACION "B"	CLASIFICACIÓN	
	Nº	ABERTURA(mm)	(gr)	(gr)	ACUMULADO (%)	(%)	% QUE PASA		
FRACCIÓN GRIESA	3"	75.00	0.00			100.00	-	CLASIFICACION (S.U.C.S)	GM
	2 1/2"	63.00	0.00			100.00	-		
	2"	50.80	0.00	-	-	100.00	100	L.L (%) :	22.43
	1 1/2"	37.50	232.00	232.00	7.03	92.97	-		
	1 1/4"	31.50	123.00	355.00	10.76	89.24	-	L.P (%) :	14.51
	1"	25.40	145.00	500.00	15.15	84.85	75 - 95		
	3/4"	19.00	331.00	831.00	25.18	74.82	-	I.P (%) :	7.92
	5/8"	16.00	213.00	1044.00	31.64	68.36	-		
	1/2"	12.50	217.00	1261.00	38.21	61.79	-	CLASIFICACION (A.A.S.H.T.O. M 145)	A - 1 - a (0)
	3/8"	9.50	339.00	1600.00	48.48	51.52	40 - 75		
Nº 4	4.75	509.00	2109.00	63.91	36.09	30 - 60	MUESTRA TOTAL SECA		
FRACCIÓN FINA	Nº 10	2.00	233.00	2342.00	70.97	29.03	20 - 45	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	3300
	Nº 20	0.85	87.00	2429.00	73.61	26.39	-		
	Nº 30	0.60	70.00	2499.00	75.73	24.27	-		
	Nº 40	0.43	40.00	2539.00	76.94	23.06	15 - 30	BASE GRANULAR	
	Nº 60	0.25	150.00	2689.00	81.48	18.52	-		
	Nº 140	0.11	100.00	2789.00	84.52	15.48	-		
	N 200	0.08	40.00	2829.00	85.73	14.27	5 - 15		
	CAZOLETA	--	463.00	3292.00	99.76	0.24			
TOTAL			471						

(CURVA GRANULOMETRICA A.A.S.H.T.O. T 88) - HUSO B (SECCION 402 - MTC)



OBSERVACIONES :

CALIDAD: Suelo Bueno para Sub rasante

LA CURVA GRANULOMETRICA DEL MATERIAL EN ESTUDIO, CUMPLE EN CON LA GRADACION B, DE LA SECCION 402, (ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCION DE CARRETERAS DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES).

LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA SEGUN LA NOMENCLATURA A.A.S.H.T.O. M 145 - THE CLASSIFICATION OF SOILS - AGGREGATE MIXTURES FOR HIGHWAY CONSTRUCTION PURPOSES).

ESPECIALISTA EN SUELOS Y MATERIALES

Técnico de Laboratorio:

Firma:

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA **PORCENTAJE (%):** 10%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA / JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE **FECHA DE INFORME:** 21/06/2023

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA SAN JUAN DEL SURO **Muestra/Calicata:** C-1
Fecha de Muestreo: 15/06/2023 **Prof.(m):** -

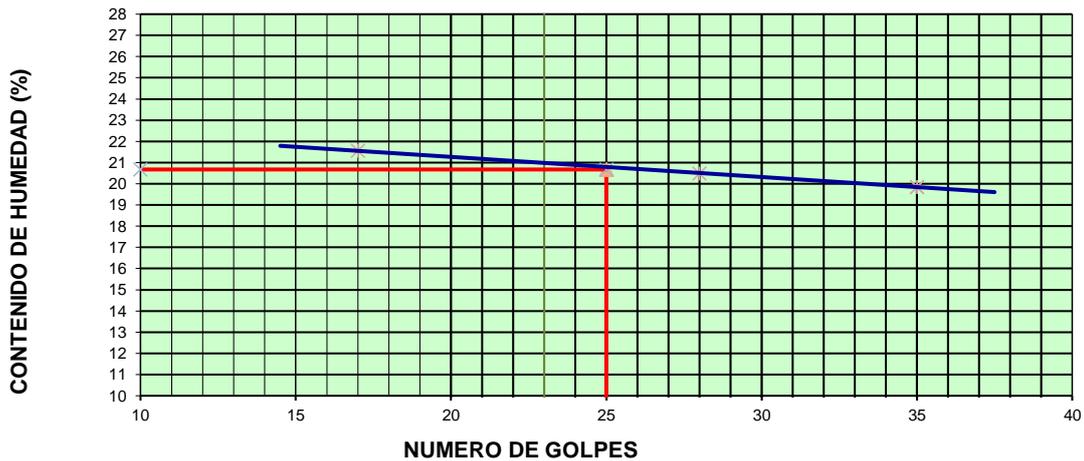
LIMITE LIQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T7	T8	T9	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	46.20	45.19	43.47	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	44.90	44.12	42.49	
PESO DE AGUA	(g)	1.30	1.07	0.98	
PESO DEL TARRO	(g)	38.86	38.92	37.57	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	6.04	5.20	4.92	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	21.56	20.49	19.85	
NUMERO DE GOLPES		17	28	35	

LIMITE PLASTICO

Descripción	Und	Ensayos		Observaciones
		T11	T12	
Nº TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	16.38	17.89	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	16.19	17.62	
PESO DE AGUA	(g)	0.19	0.27	
PESO DEL TARRO	(g)	14.38	15.09	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.81	2.53	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	10.64	10.62	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	%	20.67
LIMITE PLASTICO	%	10.63
INDICE DE PLASTICIDAD	%	10.04

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: _____

Firma: _____

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA

PORCENTAJE (%): 30%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA / JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE

FECHA DE INFORME: 21/06/2023

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA SAN JUAN DEL SURO **Muestra/Calicata:** C-1
Fecha de Muestreo: 15/06/2023 **Prof.(m):** -

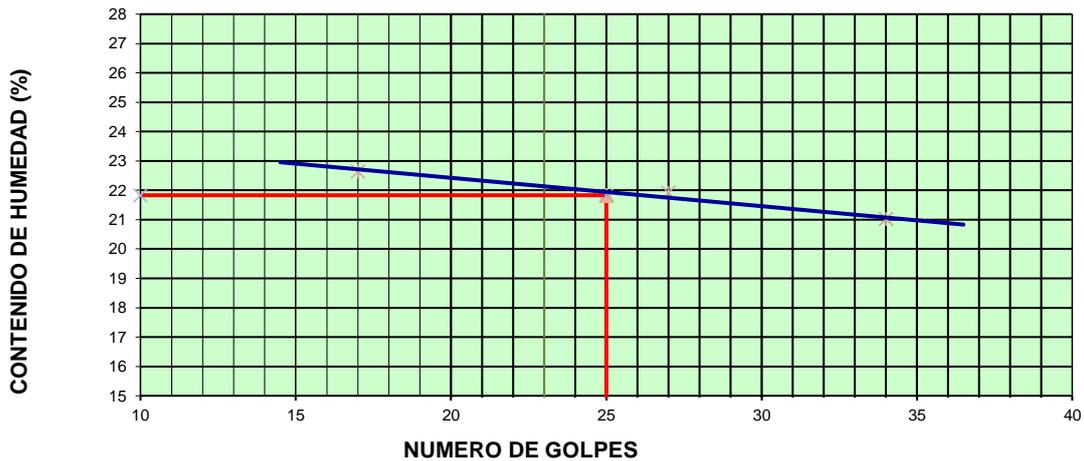
LIMITE LIQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T1	T2	T3	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	46.32	43.72	47.83	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.09	42.37	46.5	
PESO DE AGUA	(g)	1.23	1.35	1.33	
PESO DEL TARRO	(g)	39.65	36.21	40.17	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.44	6.16	6.33	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.64	21.93	21.02	
NUMERO DE GOLPES		17	27	34	

LIMITE PLASTICO

Descripción	Und	Ensayos		Observaciones
		T13	T14	
Nº TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	15.74	15.81	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	15.59	15.55	
PESO DE AGUA	(g)	0.15	0.26	
PESO DEL TARRO	(g)	14.47	13.58	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.12	1.97	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	13.22	13.20	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	%	21.83
LIMITE PLASTICO	%	13.21
INDICE DE PLASTICIDAD	%	8.62

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: _____

Firma: _____

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA

PORCENTAJE (%): 50%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA / JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE

FECHA DE INFORME: 21/06/2023

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA SAN JUAN DEL SURO **Muestra/Calicata:** C-1
Fecha de Muestreo: 15/06/2023 **Prof.(m):** -

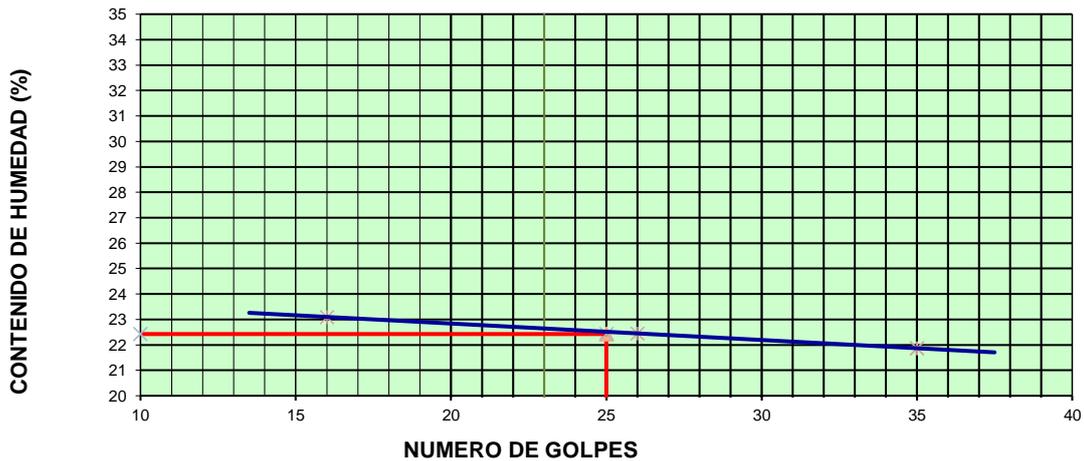
LIMITE LIQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
		T1	T2	T3	
Nº TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	49.83	44.66	44.51	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	47.92	43.11	43.73	
PESO DE AGUA	(g)	1.91	1.55	0.78	
PESO DEL TARRO	(g)	39.65	36.21	40.18	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	8.27	6.90	3.55	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.10	22.45	21.87	
NUMERO DE GOLPES		16	26	35	

LIMITE PLASTICO

Descripción	Und	Ensayos		Observaciones
		T16	T17	
Nº TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	17.10	16.07	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	16.86	15.85	
PESO DE AGUA	(g)	0.24	0.22	
PESO DEL TARRO	(g)	15.21	14.34	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.65	1.51	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	14.51	14.50	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	%	22.43
LIMITE PLASTICO	%	14.51
INDICE DE PLASTICIDAD	%	7.92

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: _____

Firma: 



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS
(A.S.T.M D 2216)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

Pag: 3 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA PORCENTAJE (%): 50%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA / JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE FECHA DE INFORME: 21/06/2023

LOCALIZACIÓN: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA SAN JUAN DEL SURO Muestra/Calicata: C-1

Fecha de Muestreo: 15/06/2023 Fecha de Recepción: 15/06/2023 Prof.(m): -

Descripción	Und.	Ensayos			Promedio
		T1	T2		
Tara	Nº	T1	T2		
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	1564,0	1578,0		
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	1472,4	1485,5		
Peso de Agua (A-B)	gr.	91,6	92,5		
Peso de Tara ©	gr.	120,0	119,0		
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	1352,4	1366,5		
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	6,77%	6,77%		6,77%

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 6.77%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +/- 5C°

Técnico de Laboratorio:

Firma:

CIEXLIAN - LABORATORIO
Ing. Dante H. Cieza León
ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
REG. CIP. 181947



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS
(A.S.T.M D 2216)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

Pag: 3 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA **PORCENTAJE (%):** 30%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA / JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE **FECHA DE INFORME:** 21/06/2023

LOCALIZACIÓN: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA SAN JUAN DEL SURO **Muestra/Calicata:** C-1

Fecha de Muestreo: 15/06/2023 **Fecha de Recepción:** 15/06/2023 **Prof.(m):** -

Descripción	Und.	Ensayos				Promedio
		T1	T2			
Tara	Nº					
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	1453,0	1547,0			
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	1358,5	1450,1			
Peso de Agua (A-B)	gr.	94,5	96,9			
Peso de Tara ©	gr.	115,0	116,0			
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	1243,5	1334,1			
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	7,60%	7,26%		7,43%	

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 7.43%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: _____

Firma: 

CIEXLIAN - LABORATORIO

Ing. Dante H. Cieza León
ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
REG. CIP. 181947



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS
(A.S.T.M D 2216)

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

Pag: 3 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA PORCENTAJE (%): 10%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA / JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE FECHA DE INFORME: 21/06/2023

LOCALIZACIÓN: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA SAN JUAN DEL SURO Muestra/Calicata: C-1

Fecha de Muestreo: 15/06/2023 Fecha de Recepción: 15/06/2023 Prof.(m): -

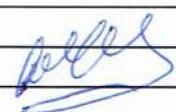
Descripción	Und.	Ensayos			Promedio
		T1	T2		
Tara	Nº				
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	1266,0	1354,0		
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	1174,5	1260,6		
Peso de Agua (A-B)	gr.	91,5	93,4		
Peso de Tara ©	gr.	120,0	123,0		
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	1054,5	1137,6		
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	8,67%	8,21%		8,44%

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 8.44%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: _____

Firma: 


Dante H. Cieza León
ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
REG. CIP. 181947



**CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS
(A.S.T.M D 2216)**

CIEXLIAN S.R.L - LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

Pag: 3 de 1

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO - CHOTA - CAJAMARCA PORCENTAJE (%): 0%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA / JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE FECHA DE INFORME: 21/06/2023

LOCALIZACIÓN: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA SAN JUAN DEL SURO Muestra/Calicata: C-1

Fecha de Muestreo: 15/06/2023 Fecha de Recepción: 15/06/2023 Prof.(m): -

Descripción	Und.	Ensayos			Promedio
		T1	T2		
Tara	Nº	T1	T2		
Peso Material Humedo + Tara (A)	gr.	3227,6	305,8		
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	2949,7	289,8		
Peso de Agua (A-B)	gr.	277,9	16,0		
Peso de Tara ©	gr.	112,5	112,7		
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	2837,1	177,1		
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	9,80%	9,03%		9,41%

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 9.41%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

Técnico de Laboratorio: _____

Firma: 

 
Ing. Dante H. Cieza León
ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
REG. CIP. 101



PROCTOR MODIFICADO
(MTC E-115 / A.S.T.M-1557 / AASHTO- T 180)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL : 960234555

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO **PORCRNTAJE** 0%
CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE **FECHA DE INFORME:** 21/06/2023
COORDENADAS: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CANTERA **Prof.(m):** 1.50 m
Fecha de Muestreo: 15/06/2023 **Fecha de Recepción:** 15/06/2023

PROCTOR MODIFICADO

MOLDE N° 1 **N° GOLPES** 56 **METODO**
VOLUMEN 2123,31 cm **CONPACTACIÓN** C

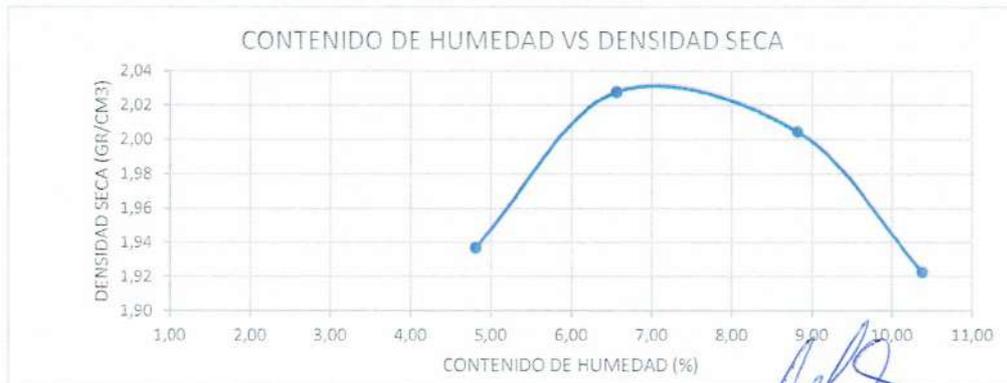
METODO DE COMPACTACION (NTP 339.141)

N° MUESTRA		1	2	3	4
Peso de Suelo Humedo Compactado + Molde	(g)	11002,00	11280,00	11324,00	11198,00
Peso de Molde	(g)	6690,00	6690,00	6690,00	6690,00
Peso de Suelo Húmedo Compactado	(g)	4312,00	4590,00	4634,00	4508,00
Densidad Húmedo	(g/cm ³)	2,03	2,16	2,18	2,12

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° de Resipiente		1	2	3	4
Peso de la Tara	(g)	22,99	23,95	25,46	24,67
Peso de Suelo Humedo + Tara	(g)	132,45	113,37	127,47	118,46
Pesode Suelo Seco + Tara	(g)	127,42	107,86	119,20	109,64
Peso de Agua	(g)	5,03	5,51	8,27	8,82
Peso del Suelo Seco	(g)	104	84	94	85
Contenido de Agua	%	4,82	6,57	8,82	10,38
Maxima Densidad Seca	(g/cm ³)	1,94	2,03	2,01	1,92

DENSIDAD SECA MAXIMA: 2,03 /g/cm³ **CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO:** 7,00 %



Técnico de Laboratorio: **Hermes Rojas Tiravanti**

Firma: 


CIEXLIAN - LABORATORIO
Dante H. Cieza León
 ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
 REG. CIP. 181947



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)**

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO PORCRNTAJE 0%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE PORCRNTAJE 0% FECHA DE INFORME: 21/06/2023

COORDENADAS: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material:

Fecha de Muestreo: 15/06/2023 Fecha de Recepción: 15/06/2023 Prof.(m): 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	12170,96		12120,06		11794,73	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545,00		7532,00		7562,00	
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	4625,96		4588,06		4232,73	
VOLUMEN DEL SUELO (cm ³)	2122,00		2165,00		2127,00	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2,18		2,12		1,99	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	93,07		102,15		87,74	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	90,00		98,30		85,00	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	3,07		3,85		2,74	
PESO DE CAPSULA (gr)	46,20		43,50		46,20	
PESO DE SUELO SECO (gr)	43,80		54,80		38,80	
HUMEDAD (%)	7,00%		7,03%		7,06%	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2,04		1,98		1,86	

EXPANSIÓN

DÍAS	HORAS	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION	PULG.	CARGA ESTÁNDAR (Lbs/pulg ²)	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION		
				Lectura	Lbs	lbs/pulg ²		%	Lectura	Lbs		lbs/pulg ²	%	Lectura
0,020		50,00	585	195,00		30,00	351	117,00		15,00	176	58,67		
0,040		62,00	725	241,67		40,00	468	156,00		25,00	293	97,67		
0,060		80,00	936	312,00		50,00	585	195,00		35,00	410	136,67		
0,080		100,00	1170	390,00		60,00	936	312,00		60,00	702	234,00		
0,100		1000	120,00	1404	468,00	46,8	100,00	1170	390,00	39,00	60,00	702	234,00	23,40
0,200		1500	180,00	2106	702,00	46,80	160,00	1872	624,00	41,60	80,00	936	312,00	20,80
0,300			230,00	2691	897,00		200,00	2340	780,00		140,00	1638	546,00	
0,400			250,00	2925	975,00		219,00	2562	854,00		160,00	1872	624,00	
0,500			260,00	3042	1014,00		230,00	2691	897,00		170,00	1989	663,00	


 CIEXLIAN - LABORATORIO
 Ing. Dante H. Cieza León
 ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
 REG. RIP: 181947



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)**

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO PORCRNTAJE 0%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE PORCRNTAJE 0% FECHA DE INFORME: 21/06/2023

COORDENADAS: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

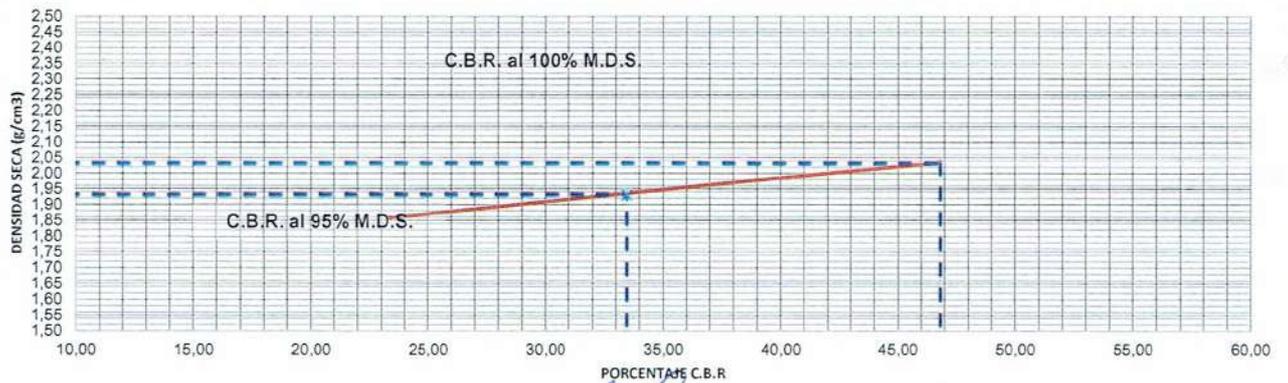
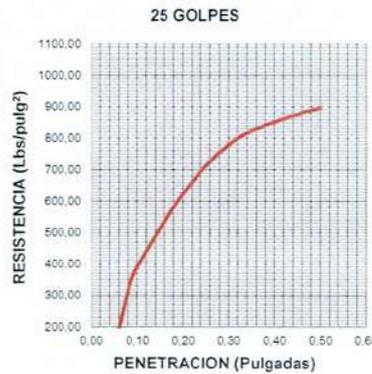
Material:

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD MAXIMA (gr/cm ³)	2,03
HUMEDAD OPTIMA (%)	7,00

DATOS DEL C.B.R.

CBR al 100% de M.D.S. (%)	46,80
CBR al 95% de M.D.S. (%)	33,45



Técnico de Laboratorio: **Hermes Rojas Trivanti**

CIEXLIAN - LABORATORIO
 Ing. Dante H. Cieza León
 ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
 REG. CIP. 181947



PROCTOR MODIFICADO
(MTC E-115 / A.S.T.M-1557 / AASHTO- T 180)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO **PORCRNTAJE** 10%
CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE **FECHA DE INFORME:** 21/06/2023
COORDENADAS: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CALICATA N° 1 PROGRESIVA :0+020 **Prof.(m):** 1.50 m
Fecha de Muestreo: 15/06/2023 **Fecha de Recepción:** 15/06/2023

PROCTOR MODIFICADO

MOLDE N° 1 **N° GOLPES** 56 **METODO**
VOLUMEN 2123,31 cm **CONPACTACIÓN** C

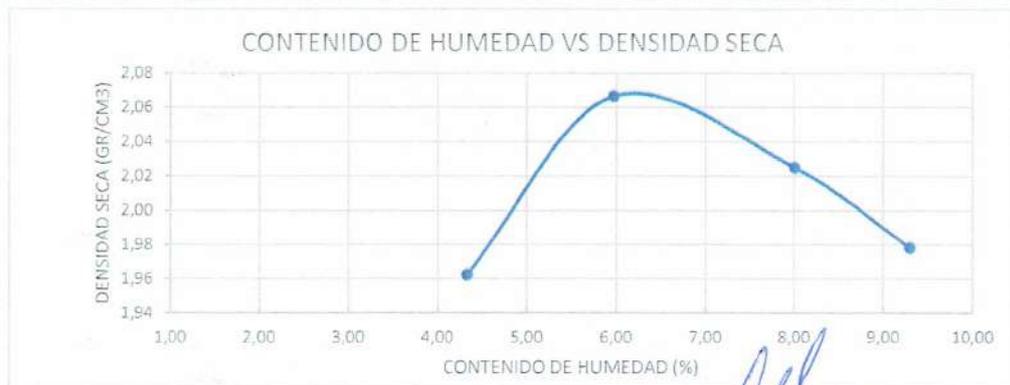
METODO DE COMPACTACION (NTP 339.141)

N° MUESTRA		1	2	3	4
Peso de Suelo Humedo Compactado + Molde	(g)	11039,00	11342,00	11336,00	11283,00
Peso de Molde	(g)	6690,00	6690,00	6690,00	6690,00
Peso de Suelo Húmedo Compactado	(g)	4349,00	4652,00	4646,00	4593,00
Densidad Húmedo	(g/cm3)	2,05	2,19	2,19	2,16

CONTENIDO DE HÚMEDAD

N° de Resipiente		1	2	3	4
Peso de la Tara	(g)	36,41	35,99	69,08	43,74
Peso de Suelo Humedo + Tara	(g)	575,70	683,40	659,50	584,20
Pesode Suelo Seco + Tara	(g)	553,30	646,90	615,70	538,20
Peso de Agua	(g)	22,40	36,50	43,80	46,00
Peso del Suelo Seco	(g)	517	611	547	494
Contenido de Agua	%	4,33	5,97	8,01	9,30
Maxima Densidad Seca	(g/cm3)	1,96	2,07	2,03	1,98

DENSIDAD SECA MAXIMA: 2,07 /g/cm3 **CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO:** 6,20 %



Técnico de Laboratorio: **Hermes Rojas Tiravanti**

Firma:


CIEXLIAN - LABORATORIO
Ing. Dante H. Cieza León
 ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
 REG. CIP 181947



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)**

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO PORCRNTAJE 10%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE PORCRNTAJE 0% FECHA DE INFORME: 21/06/2023

COORDENADAS: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CALICATA N° 1 PROGRESIVA :0+020

Fecha de Muestreo: 15/06/2023 Fecha de Recepción: 15/06/2023 Prof.(m): 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	12192,18		12078,50		11794,73	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545,00		7532,00		7562,00	
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	4647,18		4546,50		4232,73	
VOLUMEN DEL SUELO (cm ³)	2122,00		2165,00		2127,00	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2,19		2,10		1,99	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	98,00		97,16		87,59	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	95,00		94,02		85,14	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	3,00		3,14		2,45	
PESO DE CAPSULA (gr)	46,20		43,50		46,20	
PESO DE SUELO SECO (gr)	48,80		50,52		38,94	
HUMEDAD (%)	6,15%		6,21%		6,28%	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2,06		1,98		1,87	

EXPANSIÓN

DÍAS	HORAS	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION	PULG.	CARGA ESTÁNDAR (Lbs/pulg ²)	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION		
			Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%
0,020		55,00	644	214,67		30,00	351	117,00		10,00	117	39,00		
0,040		60,00	702	234,00		40,00	468	156,00		21,00	246	82,00		
0,060		84,00	983	327,67		60,00	702	234,00		32,00	374	124,67		
0,080		105,00	1229	409,67		80,00	936	312,00		50,00	585	195,00		
0,100		130,00	1521	507,00	50,7	110,00	1287	429,00	42,90	70,00	819	273,00	27,30	
0,200		200,00	2340	780,00	52,00	170,00	1989	663,00	44,20	110,00	1287	429,00	28,60	
0,300		230,00	2691	897,00		190,00	2223	741,00		140,00	1638	546,00		
0,400		250,00	2925	975,00		200,00	2340	780,00		160,00	1872	624,00		
0,500		260,00	3042	1014,00		210,00	2457	819,00		168,00	1966	655,33		


 CIEXLIAN - LABORATORIO
 Ing. Darío H. Cieza León
 ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
 REG. CIP. 181947



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO PORCRNTAJE 10%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE PORCRNTAJE 0% FECHA DE INFORME: 21/06/2023

COORDENADAS: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

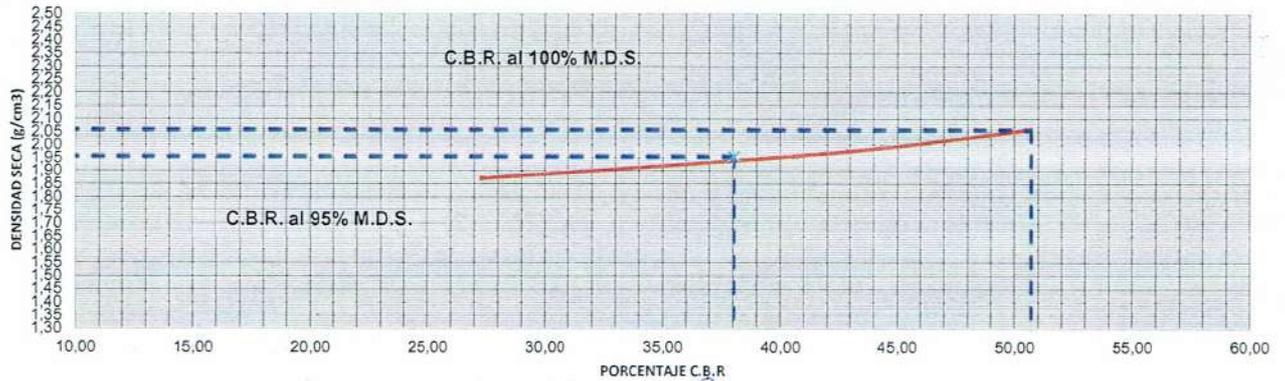
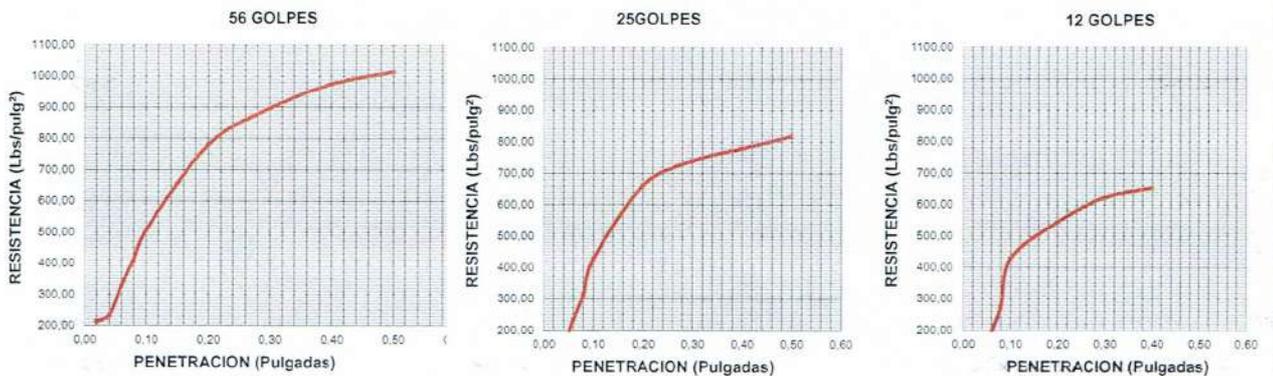
Material: CALICATA N° 1 PROGRESIVA :0+020

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	2,07
HUMEDAD OPTIMA (%)	6,20

DATOS DEL C.B.R.

CBR al 100% de M.D.S. (%)	50,70
CBR al 95% de M.D.S. (%)	38,05



Técnico de Laboratorio: **Hermes Rojas Tiravanti**

CIEXLIAN LABORATORIO
Ing. Dante H. Cieza León
ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
REG. CIP. 181947



PROCTOR MODIFICADO
(MTC E-115 / A.S.T.M-1557 / AASHTO- T 180)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO **PORCRNTAJE** 30%
CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE **FECHA DE INFORME:** 21/06/2023
COORDENADAS: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CALICATA N° 1 PROGRESIVA :0+020 **Prof.(m):** 1.50 m
Fecha de Muestreo: 15/06/2023 **Fecha de Recepción:** 15/06/2023

PROCTOR MODIFICADO

MOLDE N° 1 **N° GOLPES** 56 **METODO**
VOLUMEN 2123,31 cm **CONPACTACIÓN** C

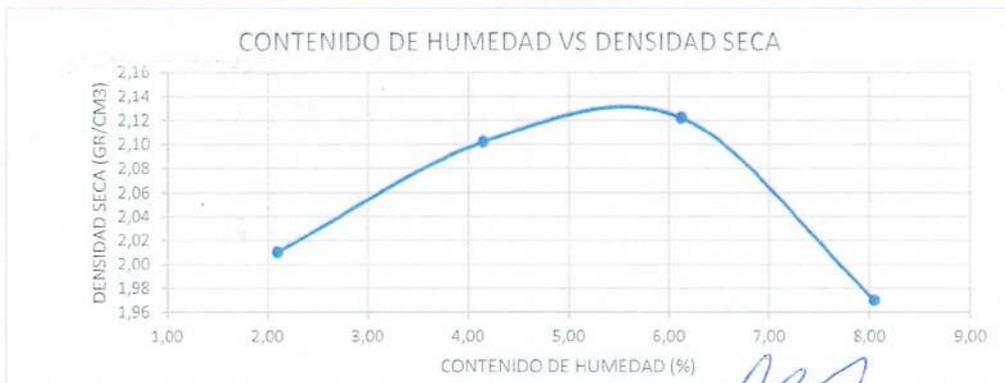
METODO DE COMPACTACION (NTP 339.141)

N° MUESTRA		1	2	3	4
Peso de Suelo Humedo Compactado + Molde	(g)	11050,00	11341,00	11475,00	11212,00
Peso de Molde	(g)	6690,00	6690,00	6690,00	6690,00
Peso de Suelo Húmedo Compactado	(g)	4360,00	4651,00	4785,00	4522,00
Densidad Húmedo	(g/cm3)	2,05	2,19	2,25	2,13

CONTENIDO DE HÚMEDAD

N° de Resipiente		1	2	3	4
Peso de la Tara	(g)	15,28	15,28	48,95	15,36
Peso de Suelo Humedo + Tara	(g)	36,85	36,85	70,31	46,03
Pesode Suelo Seco + Tara	(g)	36,41	35,99	69,08	43,74
Peso de Agua	(g)	0,44	0,86	1,23	2,29
Peso del Suelo Seco	(g)	21	21	20	28
Contenido de Agua	%	2,10	4,15	6,12	8,05
Maxima Densidad Seca	(g/cm3)	2,01	2,10	2,12	1,97

DENSIDAD SECA MAXIMA: 2,13 /g/cm3 **CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO:** 5,50 %



Técnico de Laboratorio: Hermes Rojas Tiravanti

Firma:

CIEXLIAN LABORATORIO
 Ing. Dante H. Cieza León
 ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
 REG. CIP. 181947



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO **PORCRNTAJE** 30%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE **PORCRNTAJE** 0% **FECHA DE INFORME:** 21/06/2023

COORDENADAS: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CALICATA N° 1 PROGRESIVA :0+020

Fecha de Muestreo: 15/06/2023 **Fecha de Recepción:** 15/06/2023 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
CONDICION DE MUESTRA						
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	12319,50		12121,80		11922,35	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545,00		7532,00		7562,00	
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	4774,50		4589,80		4360,35	
VOLUMEN DEL SUELO (cm ³)	2122,00		2165,00		2127,00	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2,25		2,12		2,05	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	97,68		96,58		87,12	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	95,00		94,02		85,14	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	2,68		2,56		1,98	
PESO DE CAPSULA (gr)	46,20		43,50		46,20	
PESO DE SUELO SECO (gr)	48,80		50,52		38,94	
HUMEDAD (%)	5,50%		5,06%		5,08%	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2,13		2,02		1,95	

EXPANSIÓN

DÍAS	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION	PULG.	CARGA ESTÁNDAR (Lbs/pulg ²)	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION		CARGA		CORECCION	
			Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%
0,020			70,00	819	273,00		60,00	702	234,00		10,00	117	39,00	
0,040			85,00	995	331,67		70,00	819	273,00		30,50	357	119,00	
0,060			110,00	1267	429,00		100,00	1170	390,00		50,30	589	196,33	
0,080			130,00	1521	507,00		120,00	1404	468,00		90,00	1053	351,00	
0,100		1000	155,00	1814	604,67	60,5	130,00	1521	507,00	60,70	120,00	1404	468,00	46,80
0,200		1500	250,00	2925	975,00	65,00	200,00	2340	780,00	52,00	180,00	2106	702,00	46,80
0,300			330,00	3861	1287,00		230,00	2691	897,00		220,00	2574	858,00	
0,400			350,00	4095	1365,00		260,00	3042	1014,00		250,00	2925	975,00	
0,500			370,00	4329	1443,00		270,00	3159	1053,00		250,00	2925	975,00	


Dante H. Cieza León
 ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
 REG. CIP. 181947



ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)

CIEXLIAN S.R.L. -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO PORCRNTAJE 30%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE PORCRNTAJE 0% FECHA DE INFORME: 21/06/2023

COORDENADAS: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CALICATA N° 1 PROGRESIVA :0+020

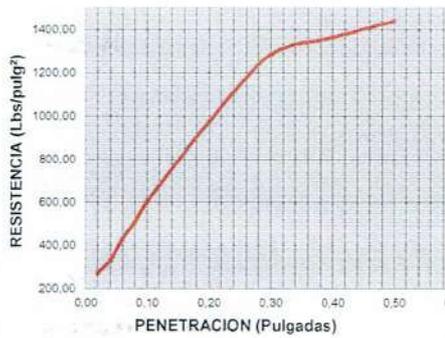
DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	2,13
HUMEDAD OPTIMA (%)	5,50

DATOS DEL C.B.R.

CBR al 100% de M.D.S. (%)	60,47
CBR al 95% de M.D.S. (%)	52,45

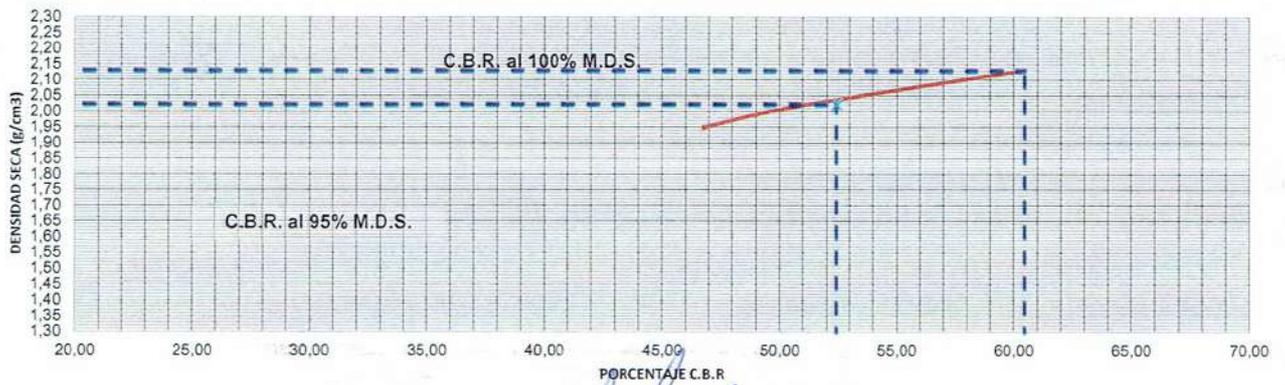
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



Técnico de Laboratorio: **Hermes Rojas Tiravanti**

CIEXLIAN - LABORATORIO
Ing. Dante H. Cieza León
ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
REG. CIP. 191947



PROCTOR MODIFICADO
(MTC E-115 / A.S.T.M-1557 / AASHTO- T 180)

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO **PORCRNTAJE** 50%
CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE **FECHA DE INFORME:** 21/06/2023
COORDENADAS: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CALICATA N° 1 PROGRESIVA :0+020 **Prof.(m):** 1.50 m
Fecha de Muestreo: 15/06/2023 **Fecha de Recepción:** 15/06/2023

PROCTOR MODIFICADO

MOLDE N° 1 **N° GOLPES** 56 **METODO**
VOLUMEN 2123,31 cm **COMPACTACIÓN** C

METODO DE COMPACTACION (NTP 339.141)

N° MUESTRA		1	2	3	4
Peso de Suelo Humedo Compactado + Molde	(g)	11162,00	11596,00	11572,00	11437,00
Peso de Molde	(g)	6690,00	6690,00	6690,00	6690,00
Peso de Suelo Húmedo Compactado	(g)	4472,00	4906,00	4882,00	4747,00
Densidad Húmedo	(g/cm3)	2,11	2,31	2,30	2,24

CONTENIDO DE HÚMEDAD

N° de Resipiente		1	2	3	4
Peso de la Tara	(g)	24,58	24,62	36,00	22,94
Peso de Suelo Humedo + Tara	(g)	101,57	102,36	116,41	102,26
Pesode Suelo Seco + Tara	(g)	100,04	99,16	111,71	96,23
Peso de Agua	(g)	1,53	3,20	4,70	6,03
Peso del Suelo Seco	(g)	75	75	76	73
Contenido de Agua	%	2,03	4,29	6,21	8,23
Maxima Densidad Seca	(g/cm3)	2,06	2,22	2,16	2,07

DENSIDAD SECA MAXIMA: 2,22 /g/cm3 **CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO:** 4,80 %



Técnico de Laboratorio: **Hermes Rojas Tiravanti**

Firma:


CIEXLIAN - LABORATORIO
 Ing. Dante H. Cieza León
 ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
 REG. CIP. 181947



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)**

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL.960234555

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO **PORCRNTAJE** 50%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE **PORCRNTAJE** 0% **FECHA DE INFORME:** 21/06/2023

COORDENADAS: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

Material: CALICATA N° 1 PROGRESIVA :0+020

Fecha de Muestreo: 15/06/2023 **Fecha de Recepción:** 15/06/2023 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
	56		25		12	
N° DE GOLPES POR CAPA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
CONDICION DE MUESTRA						
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	12446,82		12121,80		11816,00	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545,00		7532,00		7562,00	
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	4901,82		4589,80		4254,00	
VOLUMEN DEL SUELO (cm ³)	2122,00		2165,00		2127,00	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2,31		2,12		2,00	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (gr)	104,68		93,29		98,00	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	102,00		91,00		95,00	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	2,68		2,29		3,00	
PESO DE CAPSULA (gr)	46,20		43,50		46,20	
PESO DE SUELO SECO (gr)	55,80		47,50		48,80	
HUMEDAD (%)	4,80%		4,82%		6,15%	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2,20		2,02		1,88	

EXPANSIÓN

DÍAS	HORAS	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION PULG.	CARGA ESTÁNDAR (Lbs/pulg ²)	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION			CARGA	CORECCION		
		Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg ²	%
0,020	120,00	1404	468,00		80,00	936	312,00		79,00	924	308,00		
0,040	140,00	1638	546,00		100,00	1170	390,00		90,00	1053	351,00		
0,060	160,00	1755	585,00		125,00	1463	487,67		100,00	1170	390,00		
0,080	160,00	1872	624,00		150,00	1755	585,00		120,00	1404	468,00		
0,100	1000	200,00	2340,00	780,00	78,00	170,00	1989,00	663,00	66,30	150,00	1755	585,00	58,50
0,200	1500	320,00	3744,00	1248,00	83,20	270,00	3159,00	1053,00	70,20	230,00	2691	897,00	59,80
0,300		370,00	4329,00	1443,00		330,00	3861,00	1287,00		270,00	3159	1053,00	
0,400		380,00	4446,00	1482,00		350,00	4095,00	1365,00		300,00	3510	1170,00	
0,500		390,00	4563,00	1521,00		351,00	4107,00	1369,00		310,00	3627	1209,00	


Ing. Dante H. Cieza León
 ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
 REG. CIP. 181947



**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO
(MTC E-132 / A.S.T.M D 1883 / AASHTO- T 193)**

CIEXLIAN S.R.L -
LABORATORIO
RUC : 20604291641
CEL:960234555

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

PROYECTO: EVALUACIÓN DE SUBBASE GRANULAR TRATADA CON RESIDUOS DE CONCRETO DE DEMOLICIÓN, CANTERA EL SURO, COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO, CHOTA, 2023

UBICACIÓN: COMUNIDAD SAN JUAN DEL SURO **PORCNRTAJE** 50%

CLIENTE: LEYDI HUAMAN MEJÍA JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE **PORCNRTAJE** 0% **FECHA DE INFORME:** 21/06/2023

COORDENADAS: NORTE: - ESTE: - COTA: -

DATOS DE LA MUESTRA

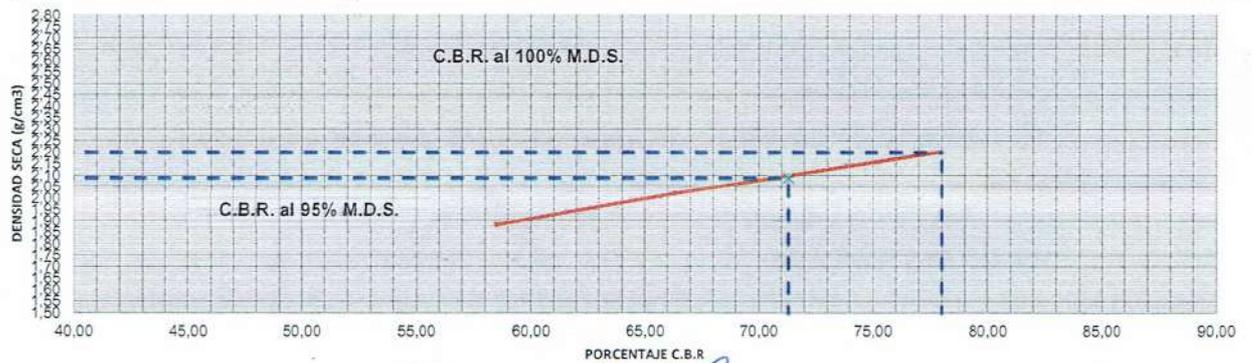
Material: CALICATA N° 1 PROGRESIVA :0+020

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)	2,22
HUMEDAD OPTIMA (%)	4,80

DATOS DEL C.B.R.

CBR al 100% de M.D.S. (%)	78,00
CBR al 95% de M.D.S. (%)	71,28



Técnico de Laboratorio: **Hermes Rojas Tiravanti**


CIEXLIAN - LABORATORIO
 Ing. Dante H. Cieza León
 ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
 REG. GIP. 191847



PERÚ

Presidencia
del Consejo de Ministros

INDECOPI



Firmado digitalmente por
CHUBET GALAZAR Sergio Jean Piero RAJ
20133040503 hard
Fecha: 2023/05/26 12:36:45-0500

Registro de la Propiedad Industrial

Dirección de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00147604

La Dirección de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 012890-2023/DSD - INDECOPI de fecha 26 de mayo de 2023, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo	:	La denominación CIEXLIAN CONSTRUYENDO SUEÑOS y logotipo (se reivindica colores), conforme al modelo
Clase	:	42 de la clasificación Internacional.
Solicitud	:	0000770-2023
Titular	:	CIEXLIAN S.R.L.
País	:	Perú
Vigencia	:	26 de mayo de 2033
Distingue	:	Servicios científicos y tecnológicos, así como servicios de investigación y diseño en estos ámbitos; servicios de análisis e investigación industriales; diseño y desarrollo de equipos informáticos y de software



CIEXLIAN
Construyendo sueños



Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por Indecopi, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web.

<https://enlinea.indecopi.gob.pe/verificador>

Pág. 1 de 1



CIEXLIAN - LAB

Id Documento: qjgw2y00y



Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 0134-034-2023

Página 1 de 1

Fecha de emisión	2023/02/09
Solicitante	CIEZA LEON DANTE HARTMAN
Instrumento de medición	PRENSA CBR CON CELDA DE CARGA
Identificación	0134-034-2023
Marca Prensa	ARSOU
Modelo	NO INDICA
Serie	500040
Celda de Carga	TIPO S
Serie	1805022474
Indicador	DIGITAL
Modelo	NO INDICA
Serie	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
Lugar de calibración	Laboratorio de ARSOU GROUP S.A.C.
Fecha de calibración	2023/02/09

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.

Ing. Hugo Luis Arevalo Carrico
METROLOGÍA

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



CIEXLIAN - LABORATORIO

Ing. Dante A. Cieza Le
ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 0134-034-2023

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	MT-LF-263-2019 con trazabilidad INF-LE 030-19B.

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 18,3 °c	Final: 18,0 °C
Humedad Relativa	Inicial: 87 %hr	Final: 87 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

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	500.5	500.1	0.10	0.02	500.3	0.06	0.06
1000	1000.1	1000.3	0.01	0.03	1000.2	0.02	0.01
1500	1500.5	1500.2	0.03	0.01	1500.4	0.02	0.01
2000	2000.8	2000.8	0.04	0.04	2000.8	0.04	0.00
2500	2501.5	2500.5	0.06	0.02	2501.0	0.04	0.03
3000	3001.1	3000.8	0.04	0.03	3001.0	0.03	0.01
3500	3500.2	3500.5	0.01	0.01	3500.4	0.01	0.01
4000	4000.3	4000.2	0.01	0.00	4000.3	0.01	0.00

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:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$
- 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: +51 926 196 793 / Cel: +51 925 151 437
 ventas@arsoupgroup.com
 www.arsoupgroup.com

ARSOU GROUP
 Ing. Luis Arevalo Carrico
 METROLOGIA

CIEXLIAN - LABORATORIO
 Ing. Dante Rieza León
 ESPECIALISTA EN SUELO Y MATERIALES
 REG. CIP. 181947



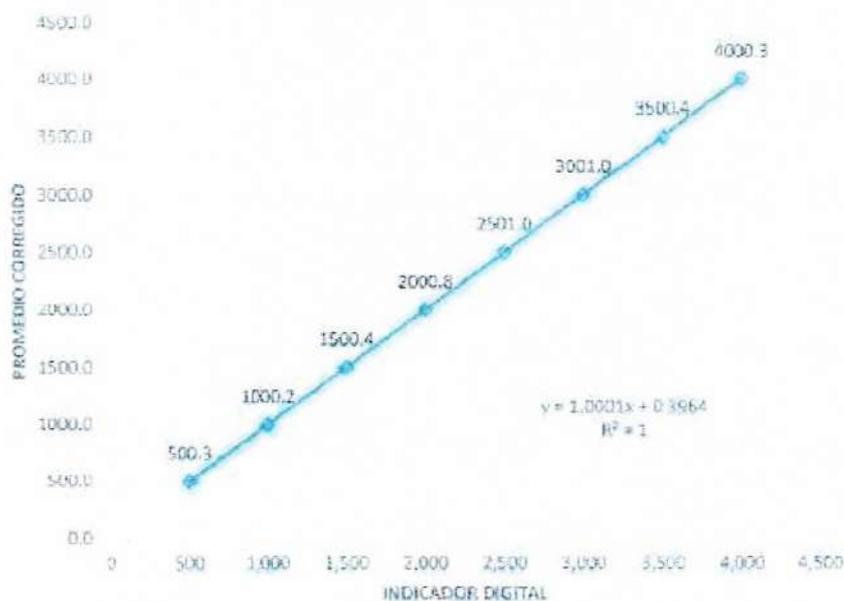
Arsou Group
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 0134-034-2023

Página 3 de 3

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde: $y = 1,0001x - 0,3964$

Coeficiente 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

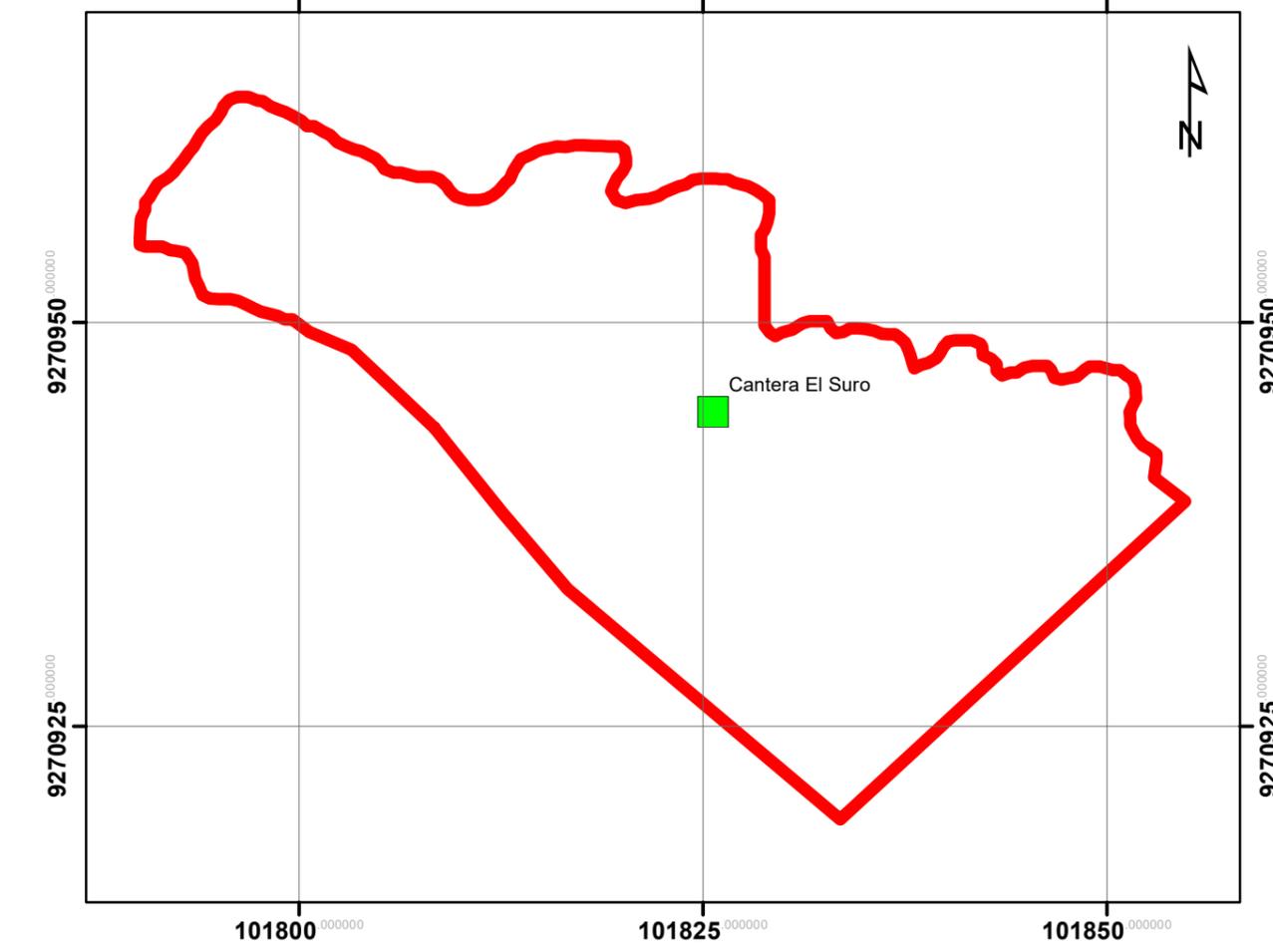
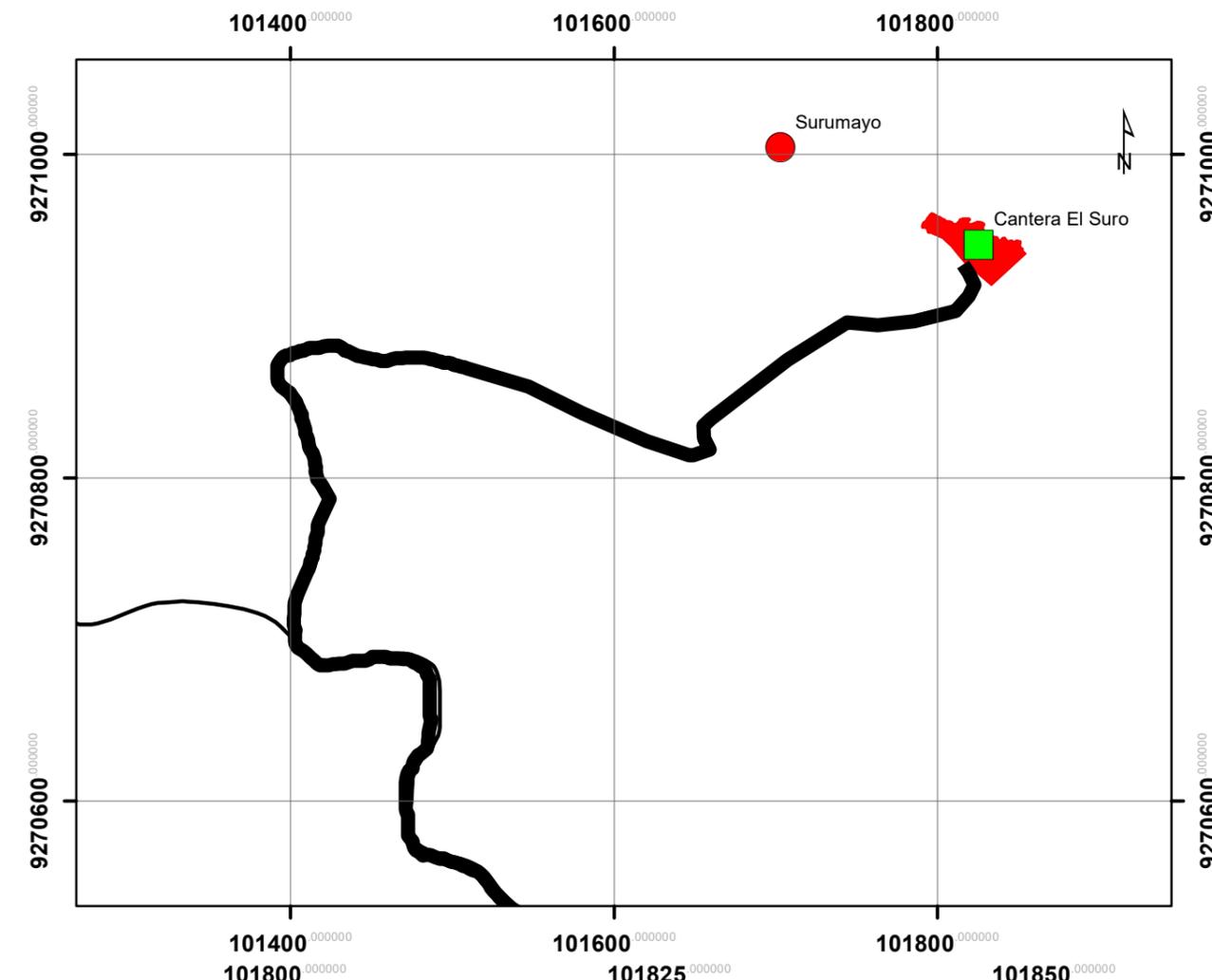
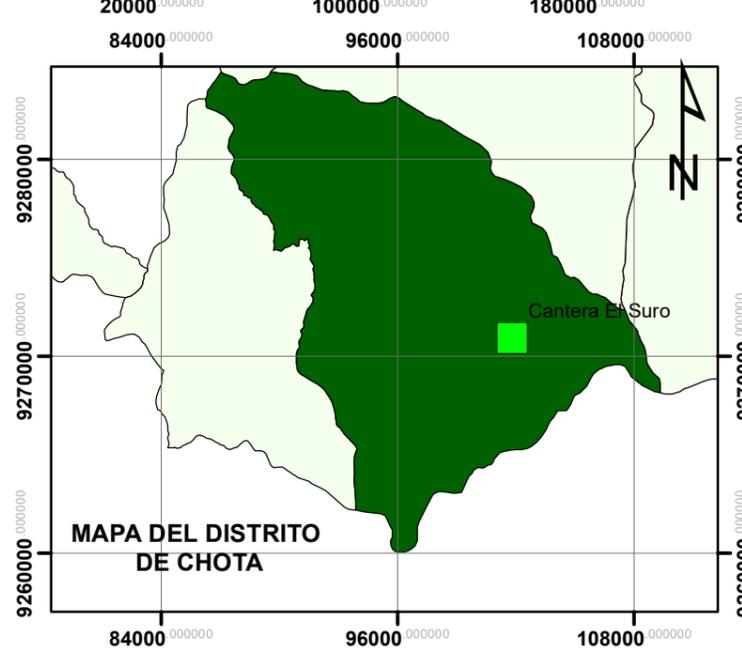
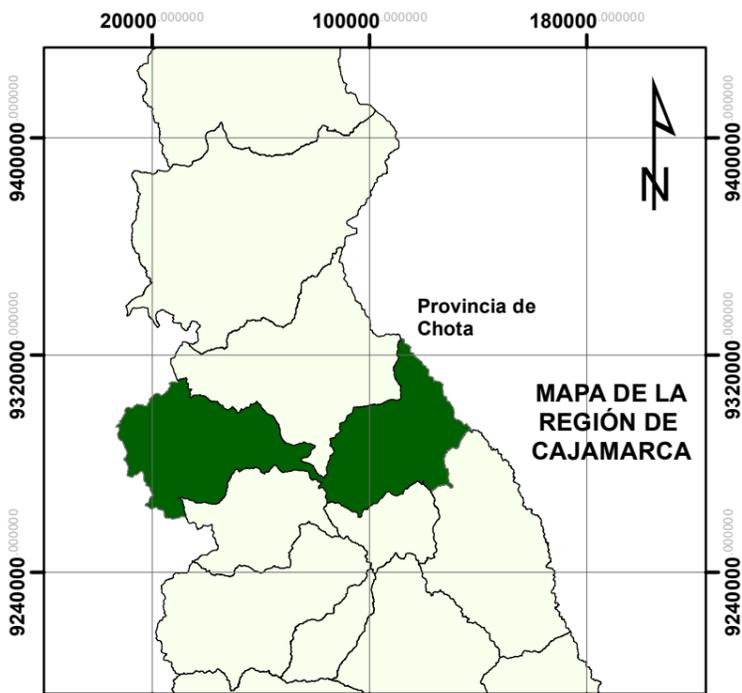
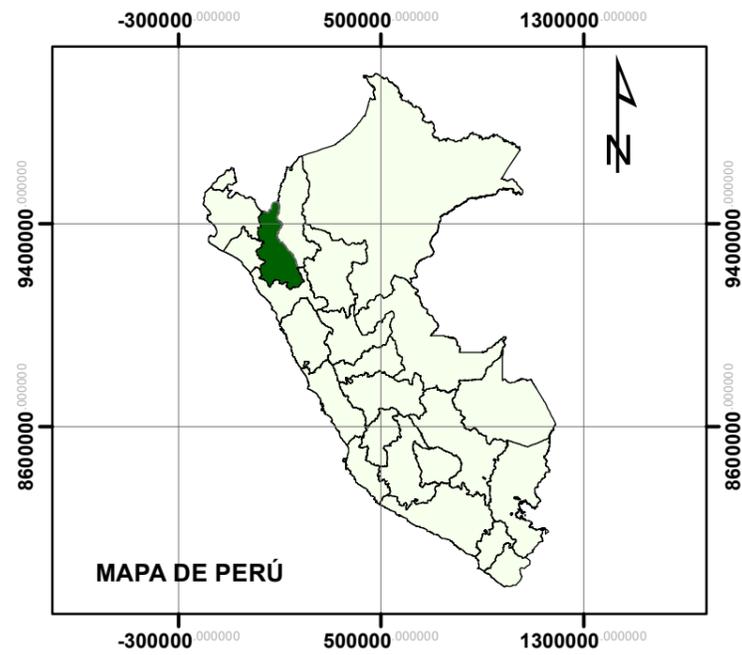
Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

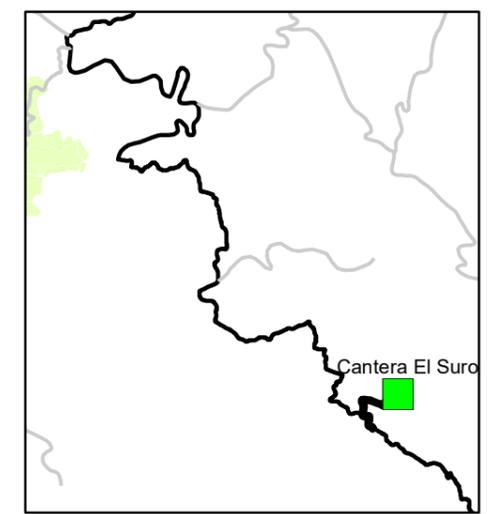
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.
Luchez & Alvarez Carnicer
S.A. CALIBRACION, S.A.S.
Ino. Dante H. Cieza León

Anexo E. Plano de ubicación



Evaluación de subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición, cantera El Suro, comunidad San Juan del Suro, Chota, 2023



MAPA DE UBICACIÓN Y ACCESO A LA CANTERA EL SURO EN SAN JUAN DEL SURO, DISTRITO DE CHOTA

Presentado por:
 LEYDI HUAMAN MEJÍA
 JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE

Asesor:
 Mg. Ing. CLAUDIA EMILIA BENAVIDEZ NÚÑEZ

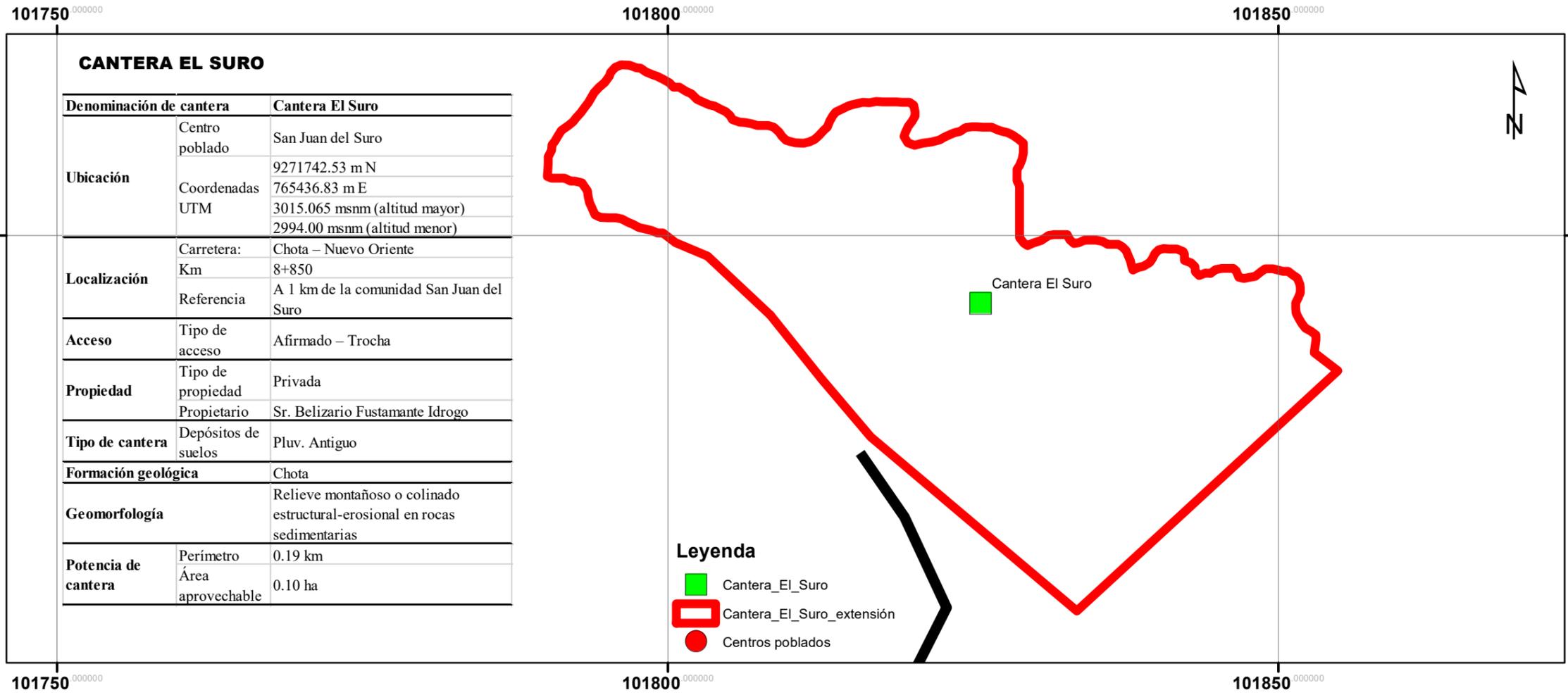
Datum WGS 84
 Proyección UTM Zona 17 S

Formato de impresión:
 A3

Fecha: Noviembre, 2023

Escala: 1:436 Escala gráfica

Mapa: **M-01**



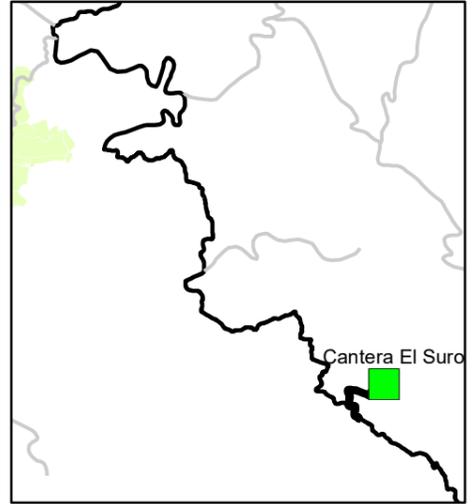
CANTERA EL SURO

Denominación de cantera		Cantera El Suro
Ubicación	Centro poblado	San Juan del Suro
	Coordenadas UTM	9271742.53 m N
		765436.83 m E
		3015.065 msnm (altitud mayor) 2994.00 msnm (altitud menor)
Localización	Carretera:	Chota – Nuevo Oriente
	Km	8+850
	Referencia	A 1 km de la comunidad San Juan del Suro
Acceso	Tipo de acceso	Afirmado – Trocha
	Tipo de propiedad	Privada
Propiedad	Propietario	Sr. Belizario Fustamante Idrogo
	Tipo de cantera	Depósitos de suelos
Formación geológica	Depósitos de suelos	Pluv. Antiguo
	Formación geológica	Chota
Geomorfología	Relieve montañoso o colinado estructural-erosional en rocas sedimentarias	
	Potencia de cantera	
Potencia de cantera	Perímetro	0.19 km
	Área aprovechable	0.10 ha

Leyenda

- Cantera_El_Suro
- Cantera_El_Suro_extensión
- Centros poblados

Evaluación de subbase granular tratada con residuos de concreto de demolición, cantera El Suro, comunidad San Juan del Suro, Chota, 2023



MAPA DE LA CANTERA EL SURO EN SAN JUAN DEL SURO, DISTRITO DE CHOTA

Presentado por:
LEYDI HUAMAN MEJÍA
JOSUE LILER YDROGO COLUNCHE

Asesor:
Mg. Ing. CLAUDIA EMILIA BENAVIDEZ NÚÑEZ

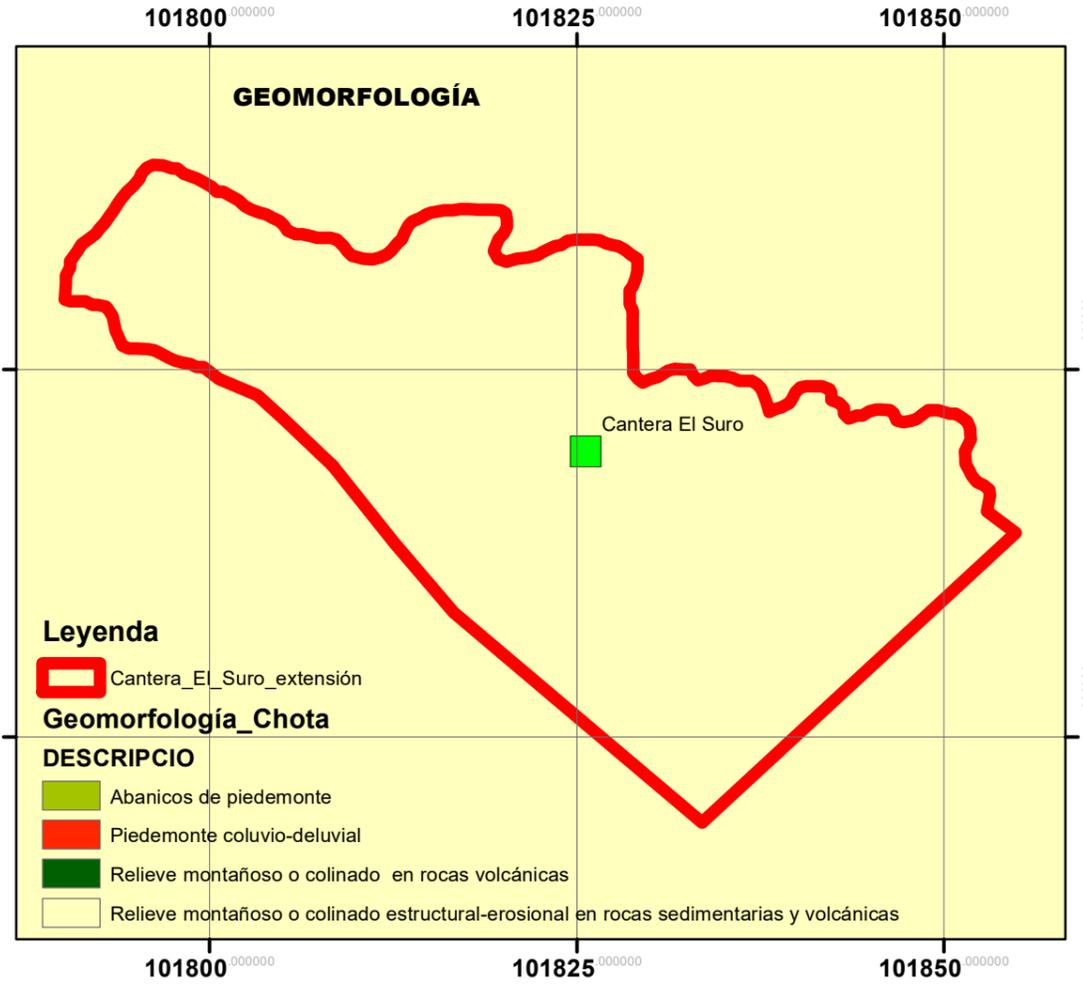
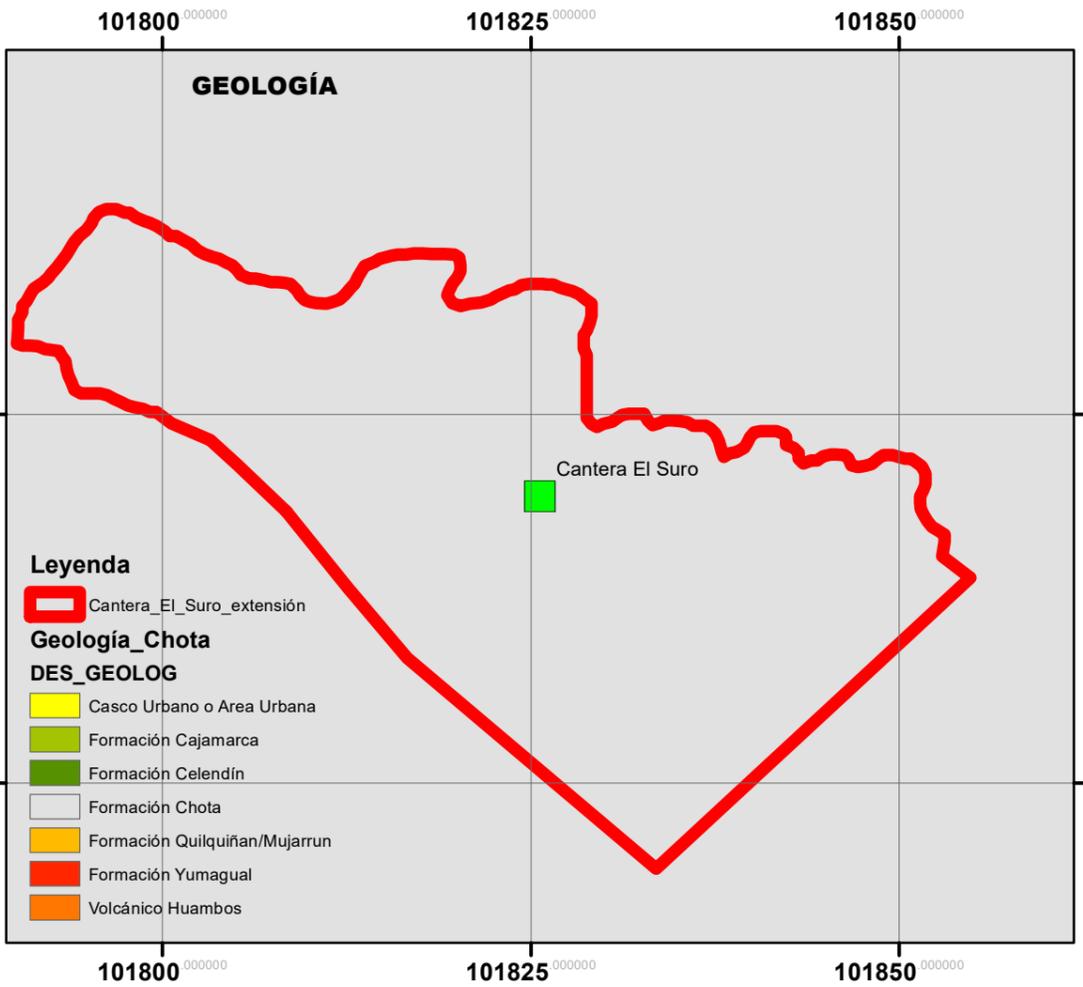
Datum WGS 84
Proyección UTM Zona 17 S

Formato de impresión:
A3

Fecha: Noviembre, 2023

Escala: 1:408 Escala gráfica

Mapa: **M-02**



Leyenda

- Cantera_El_Suro_extensión

Geología_Chota

DES_GEOLOG

- Casco Urbano o Area Urbana
- Formación Cajamarca
- Formación Celendín
- Formación Chota
- Formación Quilquiñan/Mujarrun
- Formación Yumagual
- Volcánico Huambos

Leyenda

- Cantera_El_Suro_extensión

Geomorfología_Chota

DESCRIPCIO

- Abanicos de piedemonte
- Piedemonte coluvio-deluvial
- Relieve montañoso o colinado en rocas volcánicas
- Relieve montañoso o colinado estructural-erosional en rocas sedimentarias y volcánicas