

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

ESCUELA DE POSGRADO

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL**



TESIS:

**Influencia de los residuos sólidos de la construcción y demolición de
obras civiles en la estabilización de suelos arenosos, Ayacucho - 2021**

Para optar el grado académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN
GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE**

PRESENTADO POR:

Bach. Nilo CURI ROJAS

ASESOR:

Dr. Jaime Alberto HUAMÁN MONTES

AYACUCHO - PERÚ

2025

Resumen

La construcción de vías pavimentadas está constituida por un conjunto de capas superpuestas, que se diseñan con materiales seleccionados, apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante y que tienen que soportar los esfuerzos dinámicos del tránsito durante toda su vida útil.

Para lo cual se efectuó los ensayos de laboratorio tales como el Análisis granulométrico, Limite de consistencia, Clasificación del suelo, Prócto Modificado y C.B.R, donde se determinó el tipo de suelo que cuenta la Urbanización Santa Leonor clasificándose como arena limosa con un 14.50 % de cbr al 95% de M.D.S. clasificándola en la categoría de Subrasante como Buena.

Teniendo como objetivo determinar la influencia de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles en la estabilización de suelos arenosos, se propone utilizar diversas dosificaciones de residuos del concreto y ladrillo triturado como material estabilizante, estas dosificaciones son de 25%, 50% y 75% de residuos de concreto y 12.5%, 25% y 50% de residuo de ladrillo, llegando a ser los óptimos porcentajes de adición de 55% y 32% del residuo de concreto y ladrillo para los suelos arenosos limosos.

La metodología usada tiene un enfoque tipo cuantitativo, con alcance explicativo de diseño experimental - transversal, además se utilizan técnicas de campo, gabinete y laboratorio y el instrumento a utilizar principalmente será la guía de observación de campo. La validez viene por la evidencia relacionada con el contenido y criterio que de acuerdo a los resultados obtenidos por los diversos autores se estableció la tendencia positiva que sufren los suelos al ser incorporados residuos de concreto y ladrillo.

Finalmente se determinó que la incorporación de los residuos sólidos de la construcción y demolición mejora significativamente la estabilización de los suelos de fundación a nivel subrasante en un 13.46% y en un 18.0% con la adición del residuos del concreto y ladrillo respectivamente.

Palabras clave : Estabilización de suelos, Residuos de la construcción y demolición.

Abstract

The construction of paved roads is constituted by a set of superimposed layers, which are designed with selected, appropriate and adequately compacted materials. These layered structures rest on the subgrade and have to withstand the dynamic stresses of traffic throughout their useful life.

For which the laboratory tests were carried out such as the granulometric analysis, consistency limit, soil classification, modified project and CBR, where the type of soil that the Santa Leonor Urbanization has was determined, classifying as silty sand with 14.50% of cbr at 95% MDS classifying it in the Subgrade category as Good.

Aiming to determine the influence of solid waste from the construction and demolition of civil works on the stabilization of sandy soils, it is proposed to use various dosages of waste concrete and crushed brick as stabilizing material, these dosages are 25 %, 50 % and 75 % of concrete residues and 12.5 %, 25 % and 50 % of brick residue, reaching the optimal addition percentages of 55 % and 32 % of concrete and brick residue for sandy loamy soils.

The methodology used has a quantitative approach, with an explanatory scope of experimental design - cross-sectional, in addition field, cabinet and laboratory techniques are used and the instrument to be used mainly will be the field observation guide. The validity comes from the evidence related to the content and criteria that, according to the results obtained by the various authors, the positive trend suffered by soils was established when concrete and brick residues were incorporated.

Finally, it was determined that the incorporation of solid waste from construction and demolition significantly improves the stabilization of foundation soils at subgrade level by 13.46 % and 18.0 % with the addition of concrete and brick waste, respectively.

keywords : Soil stabilization, Construction and demolition waste. .

Introducción

La presente investigación, titulada: *INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021*, se centra en el problema de la estabilización de suelos arenosos a nivel subrasante por combinación de suelos con materiales reciclados tales como el concreto y ladrillo triturado.

Actualmente la estabilización de suelos en la construcción de vías tiene un escaso desarrollo, debido fundamentalmente a la abundancia de agregados en las canteras, sin embargo existen zonas que tienen escasez de agregados y con altos costos de extracción y/o transporte, especialmente en áreas de desarrollo poniendo en vigencia así la necesidad de buscar alternativas de estabilización que puedan aplicarse en nuestro entorno, además de contribuir al cuidado del medio ambiente y desarrollo sostenible.

Además, el uso de los residuos sólidos de la construcción y demolición tales como concreto y ladrillo triturado requiere de una segregación y tratamiento buscando controlar la granulometría, limpieza, entre otros.

La estructura del trabajo de investigación consta de cuatro capítulos con sus respectivos contenidos temáticos. CAPITULO I: Se presenta el planteamiento del problema con su respectiva descripción, delimitación y formulación del problema, conllevando a una justificación e importancia y con las limitaciones de la investigación para plantear los objetivos del proyecto. CAPITULO II: Muestra el marco teórico que sustenta la hipótesis de la investigación. CAPITULO III: Se establece el método de la investigación, los enfoques y alcance, se define el tipo de población y tamaño de la muestra, además se plantea la hipótesis y se establecen las variables como las técnicas y desarrollo de la tesis. CAPITULO IV: Se desarrolla la Contrastación de la hipótesis y análisis e interpretación de los resultados obtenidos del desarrollo de la investigación, para finalmente terminar con las conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.

Consecuente con lo afirmado, estos pequeños aportes no *inventa* la metodología usada, pero sí nos permite alcanzar nuestro objetivo.

Dedicatoria. A Dios, gracias por todo. A mis Padres Alejandro y Herminia, a quienes respeto mucho; tenerlos aun presente es un privilegio.

A mi esposa Lecia, a quien amo, por su comprensión y apoyo incondicional en este reto que emprendí . A mi hermosa hija Ivanna Amely, por todos inmensos momentos de alegría y felicidad que pasamos y seguiremos avanzando hacia un correcto horizonte.

Finalmente a todos mis seres queridos que estuvieron y están presente, gracias.

Agradecimientos

Al Dr. Ing. Jaime Alberto Huamán Montes, asesor de la presente investigación de tesis, por sus recomendaciones, apreciaciones, sugerencias y por el apoyo brindado en la formulación del presente trabajo de investigación.

Agradezco también al Msc. Ing. Hugo Angel Vilchez Peña, por sus recomendación, guía y uso de las instalaciones de su laboratorio de mecánica de suelos.

Agradezco también a la Municipalidad Distrital de San Juan Bautista por el uso del expediente técnico “Mejoramiento y ampliación integral de pistas y veredas en asociación Santa Leonor y asociación la Victoria del distrito de San Juan Bautista - provincia de Huamanga - departamento de Ayacucho”.

A los docentes de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Mención en Gerencia de Proyectos y Medio Ambiente, Unidad de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por su contribución durante mi desarrollo académico y profesional.

Finalmente, a mis compañeros y amigos de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, y todos las personas que contribuyeron en el desarrollo de esta investigación.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

AYACUCHO, OCTUBRE DEL 2021

ING. NILO CURI ROJAS

Índice general

Resumen	ii
Introducción	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice general	vii
Índice de figuras	xii
Índice de tablas	xvii
Lista de acrónimos	xx
Símbolos	xxii

Capítulo I

Planteamiento del problema	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Delimitación del problema.	3
1.2.1. Espacial.	3
1.2.1.1. Políticamente	3
1.2.1.2. Geográficamente	4
1.2.2. Temporal.	5
1.2.3. Temática y unidad de análisis.	5
1.3. Formulación del problema.	5
1.3.1. Problema general.	5
1.3.2. Problemas específicos.	5
1.4. Objetivos.	5
1.4.1. Objetivo general.	5
1.4.2. Objetivos específicos.	6
1.5. Justificación e importancia de la investigación.	6
1.5.1. Justificación de la investigación	6
1.5.2. Importancia de la investigación.	7
1.6. Limitaciones de la investigación.	8

Capítulo II

Marco teórico.	9
2.1. Antecedentes.	9
2.1.1. Investigaciones internacionales	9

2.1.2. Investigaciones nacionales.	10
2.2. Bases teóricas	14
2.2.1. Suelo arenoso - limosos.	14
2.2.2. Estabilización de suelos de fundación a nivel subrasante	14
2.2.2.1. Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos . . .	15
2.2.3. Suelos de fundación a nivel de subrasante en pavimento.	17
2.2.3.1. Propiedades físicas y mecánicas de los suelos a nivel subrasante. . .	17
2.2.3.2. El tamaño de los granos.	17
2.2.3.3. La consistencia y contenido de humedad.	18
2.2.3.4. Clasificación de suelos.	20
2.2.3.5. Compactación del suelo.	22
2.2.3.6. Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC E 115.	24
2.2.3.7. California Bearing Ratio ASTM D-1883, MTC E 132	25
2.2.4. Residuos de la construcción y demolición (R.C.D).	27
2.2.4.1. Propiedades físicas de los residuos del concreto por demolición. . . .	29
2.2.4.2. Propiedades físicas de los residuos del ladrillo por demolición. . . .	29
2.3. Marco conceptual.	30
2.3.1. Suelos arenosos.	30
2.3.2. Estabilización del suelo.	30
2.3.3. Subrasante.	30
2.3.4. Resistencia admisible.	30
2.3.5. Escombros.	30
2.3.6. Concreto de demolición.	31
2.3.7. Granulado de concreto.	31
2.3.8. Granulado no clasificado (ladrillo).	31
2.3.9. Reciclaje.	31
2.3.10. Reutilización	31
2.3.11. Zonificación urbana.	31
2.3.12. Nivel Freático.	32
2.3.13. Napa Freático.	32
Capítulo III	
Método de la investigación	33
3.1. Enfoque	33
3.2. Alcance	33
3.3. Diseño de investigación.	33

3.4. Población y muestra	34
3.4.1. Población..	34
3.4.2. Muestra del estudio	35
3.5. Hipótesis	35
3.5.1. Hipótesis general	35
3.5.2. Hipótesis específicas	35
3.6. Operacionalización de variables..	36
3.6.1. Variables.	36
3.6.2. Variable independiente X	36
3.6.3. Variables dependiente Y	36
3.6.4. Indicadores.	36
3.7. Técnicas e instrumentos	37
3.7.1. Técnicas de recolección de datos.	37
3.7.2. Técnicas de campo	38
3.7.3. Técnicas de gabinete	38
3.7.4. Técnicas de laboratorio	38
3.7.5. Instrumento	38
3.8. Desarrollo del trabajo de tesis	39
3.8.1. Identificación de la zona de estudio	39
3.8.2. Delimitación del área de trabajo	40
3.8.3. Recolección de datos	41
3.8.3.1. Toma de muestras.	41
3.8.4. Instrumento de medición.	47
3.8.4.1. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos nivel subrasante.	47
3.8.4.2. Determinación de las propiedades físicas del residuo de concreto. . .	67
3.8.4.3. Determinación de las propiedades físicas del residuo de ladrillo. . . .	70
3.8.4.4. Determinación del porcentaje de adición de los residuos del concreto y del ladrillo.	72
3.8.4.5. Determinación de la resistencia admisible del suelo con optima adición de los residuos del concreto (55%) y ladrillo (32%).	80
3.8.5. Confiabilidad.	91
3.8.6. Validez.	91

Capítulo IV

Resultados	95
4.1. Geomorfología y geología.....	95
4.2. Perfil estratigráfico	95
4.3. Contrastación de hipótesis.....	96
4.3.1. Contrastación de hipótesis específica a):.....	97
4.3.2. Contrastación de hipótesis específica b):.....	98
4.3.3. Contrastación de hipótesis específica c):.....	100
4.4. Análisis e interpretación.....	102
4.4.1. Análisis del óptimo porcentaje de adición de residuo de concreto y del ladrillo. 102	
4.4.2. Análisis de la resistencia admisible del suelo con adición del residuo de concreto. 105	
4.4.3. Análisis de la resistencia admisible del suelo con adición del residuo de ladrillo. 108	
4.5. Costo de estabilización.....	112
4.5.1. Comparación del costo de estabilización del suelo a nivel subrasante con residuos del concreto y ladrillo.....	112
4.5.2. Diseño de pavimento rígido.	115
Conclusiones	117
Conclusiones	117
Recomendaciones	118
Trabajos futuros.....	119
Referencias bibliográficas	120
Ingeniería de transportes.....	120
Metodología de la investigación científica	121
Anexo A	
Residuos sólidos peligrosos de la construcción y demolición	122
Anexo B	
Relación de residuos sólidos de la construcción y demolición reutilizables y/o reciclables 123	
Anexo C	
Exploración y plano del terreno a nivel perfil. (Calicata N° 01 hasta la calicata N° 08).....	124
Anexo D	

Ensayo Estandar de Clasificación (ASTM D-422, NTP 339.128, MTC E 107) (Calicata N° 01 hasta la calicata N° 08)	133
Anexo E Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad (NTP 339.129) (Calicata N° 01 hasta la calicata N° 08)	141
Anexo F Ensayo de Procto Modificado (ASTM D-1557, NTP 339.141, MTC E 115) (Calicata N° 01 hasta la calicata N° 08)	149
Anexo G C.B.R. (ASTM D-1883, N.T.P. 339.145) (Calicata N° 08)	157
Anexo H Ensayo Estandar de Clasificación(NTP 339.128, MTC E107) - Residuos del concreto y ladrillo.	159
Anexo I Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad - Residuos del concreto y ladrillo	161
Anexo J Ensayo Procto Modificado (ASTM D-1557) (Con adición de % concreto + % Calicata N°8)	163
Anexo K Ensayo Procto Modificado (ASTM D-1557) (Con adición de % ladrillo + % Calicata N°8)	166
Anexo L Ensayo Procto Modificado (ASTM D-1557) (Con 55% concreto + 45% calicata N°8)	169
Anexo M Ensayo Procto Modificado (ASTM D-1557) (Con 32% ladrillo + 68% calicata N°8)	170
Anexo N C.B.R. (ASTM D-1883, N.T.P. 339.145) (Con 55% concreto + 45% Calicata N°8)	171
Anexo O C.B.R. (ASTM D-1883, N.T.P. 339.145) (Con 32% ladrillo + 68% Calicata N°8)	173
Anexo P ARTÍCULO CIENTÍFICO	175

Índice de figuras

Figura 1	Residuos de la construcción y demolición de pavimento - 1 y 2 cdra del Jr la Mar, San Juan Bautista	1
Figura 2	Botadero de los residuos de la construcción, vía alterna hacia Yanama.	2
Figura 3	Ubicación geográfica	4
Figura 4	Proceso para la identificación del tipo de suelo.	16
Figura 5	Proceso de selección del tipo de estabilización.	16
Figura 6	Delimitación del área de trabajo.	41
Figura 7	Vista fotográfica de la Calicata N° 01.	42
Figura 8	Vista fotográfica de la Calicata N° 02.	42
Figura 9	Vista fotográfica de la Calicata N° 03.	43
Figura 10	Vista fotográfica de la Calicata N° 04.	43
Figura 11	Vista fotográfica de la Calicata N° 05.	44
Figura 12	Vista fotográfica de la Calicata N° 06.	44
Figura 13	Vista fotográfica de la Calicata N° 07.	45
Figura 14	Vista fotográfica de la Calicata N° 08.	45
Figura 15	Vista fotográfica de las veredas demolidas.	46
Figura 16	Vista fotográfica de residuos de la construcción en edificación.	46
Figura 17	Vista fotográfica de la chancadora San Miguel.	47
Figura 18	Vista fotográfica de las muestras en el horno.	51
Figura 19	Vista fotográfica del cuarteo de la muestra C-2.	52
Figura 20	Zarandeo con los tamices en laboratorio.	53
Figura 21	Vista fotografica de la copa de casagrande.	55
Figura 22	Ensayo del límite plástico.	56
Figura 23	Cuarteo en 5 muestras para el ensayo Procto Modificado.	58
Figura 24	Pesado del molde + muestra del ensayo Procto Modificado.	58
Figura 25	Procto Modificado - Enrasado.	59
Figura 26	Representa la relacion de la Humedad vs Densidad Seca de la Calicata N° 8.61	
Figura 27	Vista fotográfica del ensayo de compactación C.B.R.	62
Figura 28	Control de la expansión - C.B.R.	64
Figura 29	Penetración de los moldes - C.B.R.	65
Figura 30	Representa el diagrama de la Carga (kg/cm2) vs Penetración (mm) de la Calicata N° 8.	66

Figura 31	Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm ³) de la Calicata N° 8.	67
Figura 32	Diámetro de partículas (mm) vs porcentaje que pasa (%) del concreto triturado.	69
Figura 33	Cuarteo del concreto triturado.	69
Figura 34	Representa el diagrama del diámetro de partículas (mm) vs porcentaje que pasa (%) del ladrillo triturado.	71
Figura 35	Cuarteo del ladrillo triturado.	72
Figura 36	Mezcla del 50% de R. concreto y 50% de muestra de la Calicata N°8.	73
Figura 37	Mezcla del 50% de R. ladrillo y 50% de muestra de la Calicata N°8.	73
Figura 38	Ensayo Procto Modificado con 50% de concreto + 50% de Calicata N°8 ...	75
Figura 39	Porcentaje de R. concreto vs Máxima Densidad Seca de las mezcla.	76
Figura 40	Ensayo Procto Modificado con 25% de ladrillo + 75% de Calicata N°8 ...	78
Figura 41	Representa la relación del porcentaje de concreto vs Densidad Máxima Seca de las mezcla.	79
Figura 42	Relación de la Humedad vs Densidad Seca de la mezcla N° 1.	81
Figura 43	Relación de la Humedad vs Densidad Seca de la mezcla N° 2.	82
Figura 44	Penetración del suelo + 54% concreto - C.B.R.	86
Figura 45	Penetración del suelo + 30% ladrillo - C.B.R.	87
Figura 46	Representa el diagrama de la Carga (kg/cm ²) vs Penetración (mm) de la Calicata N° 8 y el 55% de R. concreto.	88
Figura 47	Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm ³) de la Calicata N° 8 mas el 55% de R. concreto.	89
Figura 48	Representa el diagrama de la Carga (kg/cm ²) vs Penetración (mm) de la Calicata N° 8 y el 32% de Residuo de ladrillo.	90
Figura 49	Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm ³) de la Calicata N° 8 mas el 32% de Residuo de ladrillo.	90
Figura 50	Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm ³) de la Calicata N° 8 mas el 32% de residuo de ladrillo.	92
Figura 51	Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm ³) de la Calicata N° 8 mas el 55% de concreto.	93
Figura 52	Campana de Gauss - prueba Unilateral con cola a la derecha para la Hipótesis específica (a).	98
Figura 53	Campana de Gauss - prueba Unilateral con cola a la derecha para la Hipótesis específica (b).	100

Figura 54	Campana de Gauss - prueba Unilateral con cola a la derecha para la Hipótesis específica (c).....	102
Figura 55	Representa la relación del porcentaje del residuo de concreto vs Densidad Máxima Seca de las mezcla.....	103
Figura 56	Representa la relación del porcentaje de ladrillo vs Densidad Máxima Seca de las mezcla.....	104
Figura 57	Representa el diagrama de la Carga (kg/cm ²) vs Penetración (mm) de la Calicata N° 8 c/s el 55% residuo de concreto.	106
Figura 58	Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm ³) de la Calicata N° 8 c/s el 55% residuo de concreto.	107
Figura 59	Relación de la Humedad vs Densidad Seca para las diferentes mezclas con residuo de concreto.	107
Figura 60	Representa el diagrama de la Carga (kg/cm ²) vs Penetración (mm) de la Calicata N° 8 c/s el 32% residuo de ladrillo.....	110
Figura 61	Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm ³) de la Calicata N° 8 c/s el 32% residuo de ladrillo.....	111
Figura 62	Relación de la Humedad vs Densidad Seca para las diferentes mezclas con residuos de ladrillo.....	111
Figura 63	Relación de la Humedad vs Densidad Seca para las diferentes mezclas con el ladrillo.	114
Figura C.1	Exploración Subrasante - Calicata C1, Jr Jose Maria Arguedas.	124
Figura C.2	Exploración Subrasante - Calicata C2, Pse Argelia.....	125
Figura C.3	Exploración Subrasante - Calicata C3, Psje Ciro Alegria.	126
Figura C.4	Exploración Subrasante - Calicata C4, Jr Jose Santos Chocano.	127
Figura C.5	Exploración Subrasante - Calicata C5, Jr Primavera.....	128
Figura C.6	Exploración Subrasante - Calicata C6, Jr Los Álamos.	129
Figura C.7	Exploración Subrasante - Calicata C7, Jr Vista Alegre.....	130
Figura C.8	Exploración Subrasante - Calicata C8, Jr Jorge Basadre.....	131
Figura C.9	Plano de ubicación de Calicatas - Planta.	132
Figura D.10	Clasificación - Calicata C1, Jr Jose Maria Arguedas.....	133
Figura D.11	Clasificación - Calicata C2, Pse Argelia.	134
Figura D.12	Clasificación - Calicata C3, Psje Ciro Alegria.....	135
Figura D.13	Clasificación - Calicata C4, Jr Jose Santos Chocano.....	136
Figura D.14	Clasificación - Calicata C5, Jr Primavera.	137
Figura D.15	Clasificación - Calicata C6, Jr Los Álamos.....	138
Figura D.16	Clasificación - Calicata C7, Jr Vista Alegre.	139

Figura D.17	Clasificación - Calicata C8, Jr Jorge Basadre.	140
Figura E.18	Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C1, Jr Jose Maria Arguedas.	141
Figura E.19	Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C2, Pse Argelia.	142
Figura E.20	Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C3, Psje Ciro Alegria.	143
Figura E.21	Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C4, Jr Jose Santos Chocano.	144
Figura E.22	Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C5, Jr Primavera.	145
Figura E.23	Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C6, Jr Los Álamos.	146
Figura E.24	Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C7, Jr Vista Alegre.	147
Figura E.25	Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C8, Jr Jorge Basadre.	148
Figura F.26	Procto Modificado - Calicata C1, Jr Jose Maria Arguedas.	149
Figura F.27	Procto Modificado - Calicata C2, Pse Argelia.	150
Figura F.28	Procto Modificado - Calicata C3, Psje Ciro Alegria.	151
Figura F.29	Procto Modificado - Calicata C4, Jr Jose Santos Chocano.	152
Figura F.30	Procto Modificado - Calicata C5, Jr Primavera.	153
Figura F.31	Procto Modificado - Calicata C6, Jr Los Álamos.	154
Figura F.32	Procto Modificado - Calicata C7, Jr Vista Alegre.	155
Figura F.33	Procto Modificado - Calicata C8, Jr Jorge Basadre.	156
Figura G.34	C.B.R. - Calicata C8, Jr Jorge Basadre.	157
Figura G.35	C.B.R. gráfico - Calicata C8, Jr Jorge Basadre.	158
Figura H.36	Clasificación granulométrica del concreto triturado.	159
Figura H.37	Clasificación granulométrica del ladrillo triturado.	160
Figura I.38	Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad del concreto triturado.	161
Figura I.39	Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad del ladrillo triturado.	162
Figura J.40	Ensayo Procto Modificado, con 25% de concreto + 75% de C-8.	163
Figura J.41	Ensayo Procto Modificado, con 50% de concreto + 50% de C-8.	164
Figura J.42	Ensayo Procto Modificado, con 75% de concreto + 25% de C-8.	165

Figura K.43 Ensayo Procto Modificado, con 12.5% de ladrillo + 87.5% de C-8.	166
Figura K.44 Ensayo Procto Modificado, con 25% de ladrillo + 75% de C-8.	167
Figura K.45 Ensayo Procto Modificado, con 50% de ladrillo + 50% de C-8.	168
Figura L.46 Ensayo Procto Modificado, con 55% de concreto + 45% de C-8.	169
Figura M.47 Ensayo Procto Modificado, con 32% de ladrillo + 68% de C-8.	170
Figura N.48 C.B.R., con 55% de concreto + 45% de C-8.	171
Figura N.49 C.B.R. gráfico, 55% de concreto + 45% de C-8.	172
Figura O.50 C.B.R., con 32% de ladrillo + 68% de C-8.	173
Figura O.51 C.B.R. gráfico, con 32% de ladrillo + 68% de C-8.	174

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Clasificación de suelos según Tamaño de partículas.</i>	18
Tabla 2	<i>Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad.</i>	20
Tabla 3	<i>Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS.</i>	21
Tabla 4	<i>Clasificación de suelos según Índice de Grupo.</i>	21
Tabla 5	<i>Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282.</i>	23
Tabla 6	<i>Categorías de Sub rasante.</i>	26
Tabla 7	<i>Clasificación y opciones de manejo de los residuos de la actividad de la construcción.</i>	28
Tabla 8	<i>Indicadores de la variable independiente (X)</i>	37
Tabla 9	<i>Indicadores de la variable dependiente (Y)</i>	37
Tabla 10	<i>Fichas de los indicadores de la variable independiente (X)</i>	39
Tabla 11	<i>Fichas de los indicadores de la variable dependiente (Y)</i>	39
Tabla 12	<i>Resumen de los resultados del contenido de humedad de los suelos.</i>	51
Tabla 13	<i>Resumen de los resultados granulométricos de los suelos.</i>	52
Tabla 14	<i>Resumen de los resultados del Límite líquido.</i>	54
Tabla 15	<i>Resumen de los resultados del Límite Plástico.</i>	56
Tabla 16	<i>Resumen de los resultados del Índice de plasticidad.</i>	57
Tabla 17	<i>Resumen de los resultados de la Máxima Densidad Seca.</i>	59
Tabla 18	<i>Resumen de los resultados del contenido de humedad.</i>	60
Tabla 19	<i>Resultado del Método de Compactación de la Calicata N°8.</i>	62
Tabla 20	<i>Resultado del contenido de humedad de la Calicata N°8.</i>	63
Tabla 21	<i>Resultado de expansión de la Calicata N°8.</i>	63
Tabla 22	<i>Resultado de penetración de la Calicata N°8.</i>	65
Tabla 23	<i>Resultado granulométrico del concreto.</i>	68
Tabla 24	<i>Resultado granulométrico del ladrillo.</i>	71
Tabla 25	<i>Resumen de la dosificación en peso del concreto sobre el suelo de la calicata N°8.</i>	74
Tabla 26	<i>Resumen de los resultados de la Máxima Densidad Seca con adición de concreto en la calicata N°8.</i>	75
Tabla 27	<i>Resumen de los resultados del contenido de humedad con adición del concreto en la calicata N°8.</i>	76
Tabla 28	<i>Resumen de la dosificación en peso del ladrillo sobre el suelo de la calicata N°8.</i>	77

Tabla 29	<i>Resumen de los resultados de la Máxima Densidad Seca con adición de ladrillo</i>	78
Tabla 30	<i>Resumen de los resultados del contenido de humedad con adición del ladrillo.</i>	79
Tabla 31	<i>Resumen de los resultados de la Máxima Densidad Seca de la mezcla óptima.</i>	81
Tabla 32	<i>Resumen de los resultados del contenido de humedad de la mezcla óptima. . .</i>	81
Tabla 33	<i>Resumen de dosificación en peso del concreto y ladrillo sobre el suelo de la calicata N°8.</i>	83
Tabla 34	<i>Resultado del Método de Compactación para 45% de Calicata N°8 y el 55% de residuos de concreto.</i>	83
Tabla 35	<i>Resultado del Método de Compactación para 68% de Calicata N°8 y el 32% de residuo de ladrillo.</i>	84
Tabla 36	<i>Resultado del contenido de humedad de la Calicata N°8 y el 55% de concreto.</i>	84
Tabla 37	<i>Resultado del contenido de humedad de la Calicata N°8 y el 32% de ladrillo. .</i>	84
Tabla 38	<i>Resultado de expansión de la Calicata N°8 y el 55% de concreto.</i>	85
Tabla 39	<i>Resultado de expansión de la Calicata N°8 y el 32% de ladrillo.</i>	85
Tabla 40	<i>Resultado de penetración de la Calicata N°8 y el 55% de concreto.</i>	86
Tabla 41	<i>Resultado de penetración de la Calicata N°8 y el 32% de ladrillo.</i>	87
Tabla 42	<i>Síntesis de resultados de tesis realizadas por diferentes autores con adición de ladrillo.</i>	92
Tabla 43	<i>Síntesis de resultados de tesis realizadas por diferentes autores con adición de concreto.</i>	93
Tabla 44	<i>Síntesis de resultados de los ensayos de Prócto Modificado para diferentes % de adición de Residuo de concreto.</i>	97
Tabla 45	<i>Síntesis de resultados de los ensayos de Prócto Modificado para diferentes % de adición de ladrillo.</i>	99
Tabla 46	<i>Síntesis de resultados de los ensayos de Prócto Modificado para diferentes % de adición de los residuos de la demolición.</i>	101
Tabla 47	<i>Resultado de la Máxima Densidad Seca en función al porcentaje de residuo de concreto y muestra de la calicata N°8.</i>	103
Tabla 48	<i>Resultado de la Máxima Densidad Seca en función al porcentaje de ladrillo y muestra de la calicata N°8.</i>	104
Tabla 49	<i>Resultado del cálculo de compactación de la muestra C-8, C/S adición del 55% de residuo del concreto.</i>	105
Tabla 50	<i>Resultado del cálculo de contenido de humedad de la muestra C-8, con y sin porcentaje del residuo de concreto.</i>	105
Tabla 51	<i>Resultado comparativo del CBR de la muestra (calicata N°8) c/s el 55% del residuo de concreto.</i>	108

Tabla 52	<i>Resultado del cálculo de compactación de la muestra C-8, C/S adición del 32% de residuo de ladrillo.</i>	109
Tabla 53	<i>Resultado del cálculo de contenido de humedad de la muestra C-8, con y sin porcentaje de residuo de ladrillo.</i>	109
Tabla 54	<i>Resultado comparativo del CBR de la muestra (calicata N° 8) c/s el 32% residuo de ladrillo.</i>	112
Tabla 55	<i>Metrado comparativo de movimiento de tierras con adición del 55% residuo de concreto y 32% residuo de ladrillo.</i>	113
Tabla 56	<i>Presupuesto comparativo de movimiento de tierras con adición del 55% residuo de concreto y 32% residuo de ladrillo.</i>	114
Tabla 57	<i>Resultado comparativo del diseño de pavimento AASHTO 1993 para diferentes mezclas.</i>	116

Lista de acrónimos

AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	: Sociedad americana para pruebas y materiales.
C.B.R.	: Californian Bearing Ratio
Cc	: Coeficiente de curvatura.
COH	: Óptimo contenido de humedad.
Cu	: Coeficiente de uniformidad.
Ds	: Densidad Seca.
GM	: Grava limosa.
GP	: Grava mal graduada.
IG	: Índice de grupo.
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil
Ip	: Índice plástico.
LI	: Límite líquido.
Lp	: Límite plástico.
MDS	: Máxima Densidad Seca.
MDSJB	: Municipalidad Distrital de San Juan Bautista
MINAM	: Ministerio del Ambiente.
ML	: Limos inorgánicos.
MR	: Módulo resiliente.
MTC	: Ministerio de Transporte y comunicaciones
NTP	: Norma Técnica Peruana.
OCH	: Óptimo contenido de humedad.
RCD	: Residuos de la construcción y demolición.
RS	: Relleno sanitario.

- SC** : Arenas arcillosas.
- SM** : Arena limosa.
- SUCS** : Sistema Unificado de Clasificación del suelo.
- SW-SM** : Arena bien gradada con limo.

Símbolos

W_{sat}	Contenido de agua para una saturación completa [%]
P_m	Densidad Húmeda del espécimen compactado [Mg/m ³]
P_d	Densidad seca del espécimen compactado [Mg/m ³]
S_d	Desviación estándar [S_d]
t	Estadístico de prueba [t]
t_c	Estadístico de prueba crítico [t_c]
n	Grado de libertad [n]
H_1	Hipótesis alternativa [H_1]
H_0	Hipótesis nula [H_0]
h	Humedad natural [ml]
H	Humedad prefijada [ml]
α	Nivel de significancia [α]
N	Número de golpes [N°]
Y_w	Peso unitario seco del agua [KN/m ³]
Y_d	Peso unitario seco del espécimen compactado [KN/m ³]
\bar{d}	Promedio de las diferencias [\bar{d}]

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

En la mayoría de los países, como los Estados Unidos, el Reino Unido y Alemania, los gobiernos han manifestado que “la construcción debe continuar funcionando durante la crisis de COVID-19, por ser una actividad esencial que contribuye a la lucha contra la pandemia, manteniendo la estabilidad económica del Perú, generando bienestar social y valor económico” (CEMEX, 2020, p. 1).

La generación de residuos de construcción y demolición (RCD) en obras civiles son un problema de contaminación ambiental, representan más o menos un tercio del total de los residuos producidos en la Unión Europea. De acuerdo a (León, 2017), en Lima - Perú se producen 30.000 m³ de residuos por demolición, es decir, unas 19.000 toneladas; Además en el distrito de Ayacucho mediante el Sistema de Información de Gestión de Residuos Sólidos (Sigersol) no reporta acciones sobre los residuos de la construcción y demolición (RCD).



Figura 1 Residuos de la construcción y demolición de pavimento - 1 y 2 cdra del Jr la Mar, San Juan Bautista .

Fuente: Elaboración propia

La Economía del Distrito Ayacucho es “pequeña siendo el sector de la construcción una de las principales actividades económicas de la Región” (M.P.H., 2019, p. 14). Hecho que conlleva al incremento de las actividades en la construcción tales como las ampliaciones, remodelaciones, refacciones, acondicionamientos y demolición, trayendo consigo residuos de la construcción y demolición (RCD).

En la actualidad los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles son manejados irregularmente y dispuestos en lugares que en su mayoría no cuenta con los permisos y/o licencias de funcionamiento, conllevando a que estos residuos sean abandonados en la vía pública o llevados por recolectores informales a vertederos y/o botaderos no controlados ubicados en el margen de las carreteras de la periferia de la ciudad de Ayacucho, generando impactos negativos en la salud, paisaje, espacio público, economía y al medio ambiente de la ciudad.



Figura 2 Botadero de los residuos de la construcción, vía alterna hacia Yanama.
Fuente: Elaboración propia

En la mayoría de los casos estos residuos de la construcción y demolición (RCD) están mezclados con otro tipo de residuos sólidos tales como los plásticos, metales, cartones, madera, etc, y la Municipalidad que es encargada de velar el manejo y recolección lo recoge, transporta y deposita en el Relleno Sanitario (RS), conllevando problemas de sobre costos en la operación y mantenimiento en la vida útil de los rellenos sanitarios ya que estos no están diseñados para su acopio y disposición final.

En nuestro Marco Legislativo contamos con la Ley N°1278 Gestión Integral de Residuos Sólidos, Decreto Supremo N°014-2017-MINAM, Reglamento para la Gestión y Manejo de

los residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición N°019-2016 - VIVIENDA, así como actualmente se ha implementado la plataforma del Sistema de Información para la Gestión de los Residuos Sólidos (SIGERSOL) No Municipales, las cuales tienen como objetivo guiar a las personas y empresas generadoras de residuos no municipales a tomar las medidas necesarias para el manejo y tratamiento de los residuos de la construcción y demolición, empero estas medidas no están logrando calar ni crear conciencia en la población, tampoco de crear mecanismos para mejorar y controlar los procedimientos del manejo de los RCD, ya sea valorizándolos de manera que podamos aprovecharlo.

En nuestro país, actualmente existen muchas vías de transporte en mal estado, como es el caso de nuestra ciudad al menos el 70% de las pistas y calzadas tienen un problema de infraestructura, en las que se observan en el recorrido de las diferentes rutas y calles de ciudad, como es el caso de los distritos de San Juan Bautista, Acocro, Acos Vinchos, Ayacucho, Carmen Alto, Chiara, Socos, Tambillo, Andres Avelino Caceres Dorregaray entre otros. Es evidente que muchas vías no están en condiciones para ser transitadas, ya que se requiere contar con suelos estables que cumplan la función estructural de soportar las cargas dinámicas provenientes del tráfico, hecho que no suele encontrarse comúnmente, recurriendo a su eliminación y sustituyéndolo por otros suelos de características adecuadas procedentes de canteras, alterando el suelo y consecuente a una pérdida de la biodiversidad natural.

Ante la situación actual se plantea estabilizar los suelos a nivel subrasante de baja capacidad portante con residuos provenientes de la demolición de obras civiles, tales como el concreto y muros de ladrillo previamente triturados. De esta manera se estaría proponiendo una alternativa de reutilización de los R.C.D. y contribuyendo a cuidado del medio ambiente.

1.2 Delimitación del problema.

1.2.1 Espacial.

1.2.1.1 Políticamente

La delimitación política de la población que hace del tema ha investigar, estará dentro de la Urbanización Santa Leonor perteneciente al distrito de San Juan Bautista estando geográficamente y políticamente dentro de la jurisdicción de la Provincia de Huamanga, Región Ayacucho, donde la ciudad de Ayacucho es la Capital de la Provincia y Región. Las

instancias ejecutivas, administrativas y judiciales de las instituciones del estado se ubican centralizadas en esta capital, teniendo dependencias en las otras provincias de la región.

Por lo tanto esta investigación se realizará dentro de la Urbanización Santa Leonor del distrito de San Juan Bautista de la provincia de Huamanga - Ayacucho.

1.2.1.2 Geográficamente

La Urbanización Santa Leonor pertenece al distrito de San Juan Bautista que se encuentra ubicado en la región Sur Central de los Andes, entre las coordenadas geográficas latitud Sur $13^{\circ} 09' 26''$ y longitud oeste $74^{\circ} 13' 22''$ del meridiano de Greenwich; con una altitud de 2,746 m.s.n.m. y teniendo como datum WGS 84, proyección UTM y zona 18S.

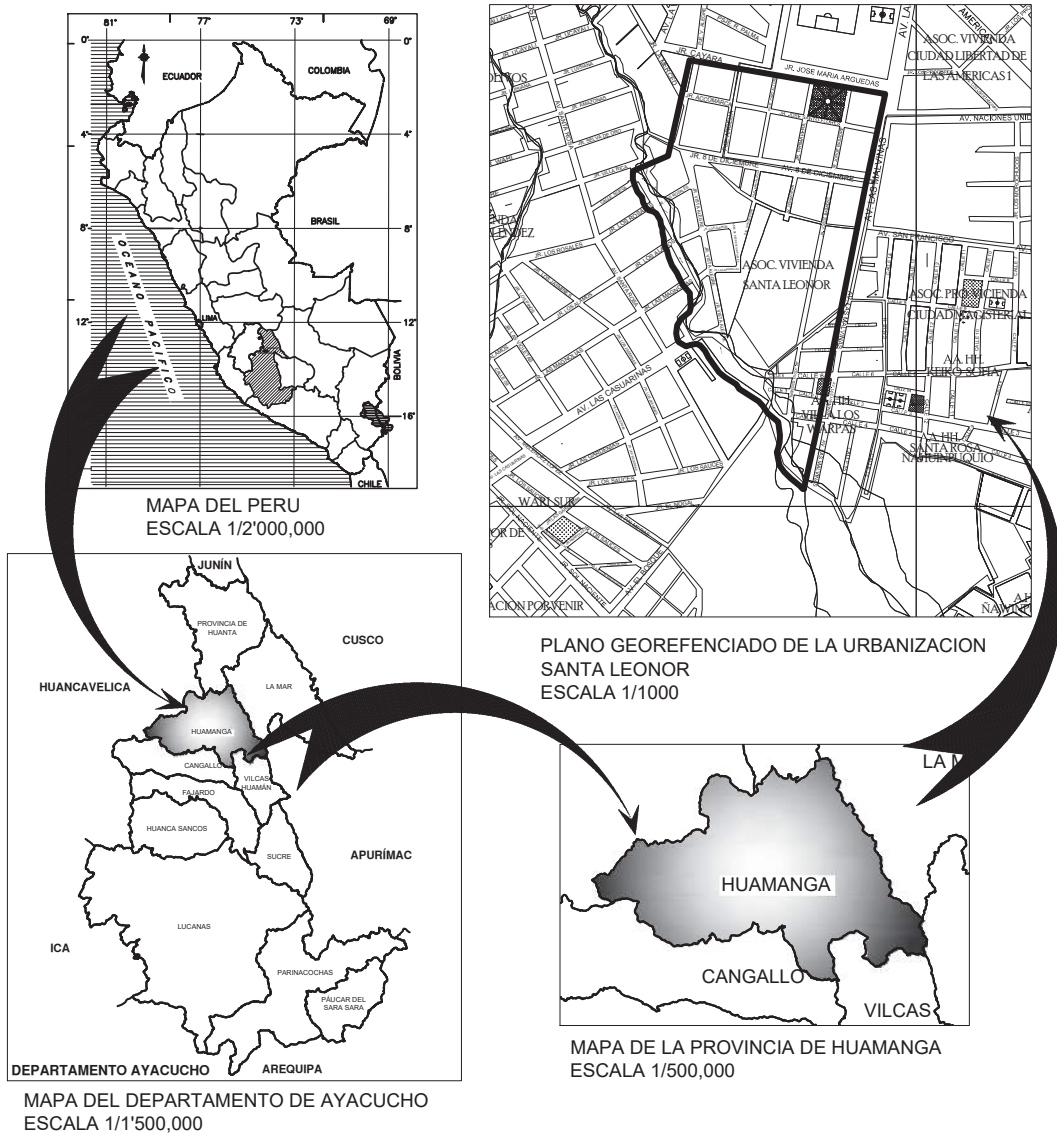


Figura 3 Ubicación geográfica .
Fuente: Elaboración propia

1.2.2 Temporal.

Esta investigación se desarrolló entre los meses de junio, julio, agosto y setiembre del 2021.

1.2.3 Temática y unidad de análisis.

Temática : Medio ambiente y Mecánica de Suelos.

Unidad: influencia de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles en la estabilización de suelos arenosos.

1.3 Formulación del problema.

1.3.1 Problema general.

¿Cuál es la influencia de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles en la estabilización de suelos arenosos, Ayacucho - 2021 ?.

1.3.2 Problemas específicos.

- a) ¿Cómo influye los residuos del concreto de la construcción y demolición de obras civiles en la resistencia admisible de los suelo arenosos a nivel subrasante en una pavimentación?.
- b) ¿Cómo influye los residuos del ladrillo de la construcción y demolición de obras civiles en la resistencia admisible de los suelo arenosos a nivel subrasante en una pavimentación?.
- c) ¿Cuál es el óptimo porcentaje de adición con los residuos provenientes de la construcción y demolición de obras civiles en la resistencia admisible de suelos arenosos a nivel subrasante en una pavimentación?.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo general.

Determinar la influencia de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles en la estabilización de suelos arenosos, Ayacucho - 2021

1.4.2 Objetivos específicos.

- a) Determinar la influencia de los residuos del concreto de la construcción y demolición de obras civiles en la resistencia admisible de los suelo arenosos a nivel subrasante en una pavimentación.
- b) Determinar la influencia de los residuos del ladrillo de la construcción y demolición de obras civiles en la resistencia admisible de los suelo arenosos a nivel subrasante en una pavimentación.
- c) Determinar el óptimo porcentaje de adición con los residuos provenientes de la construcción y demolición de obras civiles en la resistencia admisible de suelos arenosos a nivel subrasante en una pavimentación.

1.5 Justificación e importancia de la investigación.

1.5.1 Justificación de la investigación .

En la actualidad se cuenta con un marco normativo sobre gestión y manejo de los residuos de la construcción y demolición (RCD), sin embargo los actores principales como son las autoridades municipales, el personal operativo, la empresa privada y la población, no vienen trabajando de manera conjunta conllevando así una falta de empatía en el cumplimiento de las normas. Esta situación está conllevando al desorden sobre el manejo de los RCD y su disposición final. (Bazán Garay, 2018) “En el Perú no existe cultura promotora de reciclaje, que refleja en inexistencia de estudios de caracterización de residuos de construcción, pese a ser el segundo grupo de mayor importancia con 3.58% del total de residuos sólidos generado nacionalmente” (p.22).

Durante la ejecución de las diversas actividades dentro de un proyecto de carreteras, principalmente en la actividad de Movimiento de Tierras, ocasiona alteraciones ambientales que es necesario evitar o mitigar, de esta manera no afectar los recursos: Físicos, Biológicos, Socio-económicos y Culturales, Políticos y Administrativos, dentro del ámbito donde se localiza el proyecto.

Los principales impactos negativos que suelen presentarse en una obra de movimiento de tierras son: la alteración de la calidad del aire, aumento de erosión de suelos, separación de

hábitat, contaminación, etc. por lo que se debe tener especial cuidado de estas acciones negativas.

En ese sentido, esta investigación se justifica por la necesidad de determinar la influencia de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles a nivel subrasante en los suelos arenosos, conjugando de esta manera el medio ambiente con la economía del proceso de movimiento de tierras. Asimismo, la presente investigación permitirá poner en conocimiento de nuevas alternativas de reciclaje y futuras investigaciones relacionadas con el tema.

1.5.2 Importancia de la investigación.

La importancia de este proyecto de tesis reside en que a través de la reutilización y reciclado de materiales provenientes de los residuos de la construcción y demolición de obras civiles puedan ser usados como materia prima para estabilizar los suelos de baja capacidad portante a nivel subrasante. Hecho que ayudaría a reducir el impacto ambiental generada por los escombros provenientes de los materiales de construcción que se desechan en los vertederos y/o botaderos.

Esta demostrado que las empresas públicas o privadas pueden crear nuevos productos generando utilidades importantes y contribuyendo al cuidado del medio ambiente. Las empresas dedicadas al rubro de la construcción deberían explorar los mercados de plantas de reciclaje ya que se tiene un gran mercado para el mejoramiento de los suelos. Además una planta de reciclaje de los residuos de la construcción y demolición pueden ser utilizados para crear productos como planchas de hierro, yeso, cemento, ladrillos, adoquines entre muchos otros materiales, generando ingresos económicos y promoviendo empleos sostenibles.

Ahora desde un enfoque económico, las empresas constructoras ya sea pública o privada podrán minimizar los costos generados en las partidas de movimiento de tierra ya que al no reemplazar al 100% los suelos de baja capacidad portante por materiales vírgenes de cantera se tendrá un ahorro económico significativo.

Finalmente el desarrollo de la presente investigación beneficiara a la población, municipalidades, empresas públicas y privadas entre otras entidades relacionadas con el cuidado del medio ambiente, y de esta manera dando un aporte a la conservación del medio ambiente y cambio climático.

1.6 Limitaciones de la investigación.

Este proyecto de investigación está limitado a la evaluación de los suelos a nivel subrasante dentro de la urbanización Santa Leonor y de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles dentro de la zona de influencia. Para lo cual se tienen las siguientes limitaciones:

- La extracción de las muestras provenientes de los suelos fueron mediante calicatas a una profundidad máxima de 1.50 m.
- La investigación no considera el nivel freático de los suelos a analizar.
- Se empleará el método empírico de la AASHTO.
- La muestra de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles tales como el concreto y el ladrillo fueron obtenidas y extraídas de manera voluntaria.
- Se usarán muestra de los residuos sólidos del concreto triturado proveniente de la demolición de pavimentos y los residuos sólidos del ladrillo triturado proveniente de la demolición de las edificaciones.
- Para determinar el óptimo porcentaje de adición con los residuos sólidos del concreto y ladrillo triturado, se realizó el ensayo de Procto modificado con tres muestras de diferentes dosificaciones con el fin de obtener la tendencia que sufre el suelo.
- Para determinar el tamaño de la muestra se empleará el método estratificado con asignación proporcional en base a la disponibilidad de información. En este sentido se asignará un número de muestra en función a la cantidad de información que se pueda obtener a un costo mínimo.

Capítulo II

Marco teórico.

2.1 Antecedentes.

2.1.1 Investigaciones internacionales

1. **Becerra C, Gómez M. (2019), mediante su tesis titulado “Estudio del comportamiento en las arcillas típicas de bogotá estabilizadas con residuos de construcción y demolición (rcd)”**, (Universidad Católica de Colombia). Bogotá - Colombia. Las cuales concluye en el siguiente resumen:

“Que existiendo inconvenientes del suelo sobre la estructura vial dentro de la ciudad de Bogotá han dejado evidenciado las propiedades de resistencia y durabilidad. Además manifiesta que la investigación se orienta a buscar alternativas para una buena estabilización de Subrasante. Por tal motivo plantea posibles soluciones en el área de la ingeniería que ayude a mitigar y mejorar las diferentes propiedades de los suelos arcillosos, las cuales se apoyan mediante ensayos de laboratorio, aportando a la implementación de productos innovadores como la estabilización de subrasantes y de esta manera optimiza las propiedades físicas y mecánicas de estas arcillas; Además se estaría aportando una posible solución a los problemas generados en las vías con este tipo de materiales. Además manifiesta que su investigación se enfoca en buscar un modo experimental para ello busca que las características y propiedades físico-mecánicas de las arcillas encontradas pueda mejorar las diferentes estructuras halladas en la ciudad de Bogotá; Por todo lo anterior relacionado con la resistencia y capacidad de soporte del suelo, el material de subrasante se estabilizará en las mismas condiciones como fue encontrada; Por lo anterior el propósito de esta investigación se enfoca en mejorar las propiedades físico-mecánicas del material una vez estabilizado

con residuos de construcción y demolición (RCD); Para ello establece un análisis comparativo, al momento de adicionar un 5%, 10% y 20% del material anterior mente mencionado y así determina el comportamiento de esta sub rasante mediante un ensayo de (CBR)”(p.9).

En conclusión:

- (a) Se concluye que “para obtener un CBR superior al 10 %, recomienda continuar realizando más ensayos con porcentajes de Residuos de la construcción y demolición superior al 30%, ya que después analizar las mezclas del 10% y el 20%, realizadas en este documento, estos tienden a acercarse favorablemente al porcentaje que quiere llegar en esta investigación ya que en los dos casos, el CBR fue de 6%, y se cree que aumentando el porcentaje de RCD, en un 10% se obtendrá mejores resultados” (p.46).
- (b) Después de clasificar el material reciclado escogido, este se comporta como una arena bien gradada, concluyendo que “las propiedades físico – mecánicas de este tipo de materiales están en función de la granulometría, por tal razón que estos tipos de materiales deben estar incluidos dentro del catálogo de las plantas de reciclaje, para luego ser comercializado, además aclara que no se dejan clasificar como sub bases o bases” (p.46).
- (c) Por otra parte aclara que “los materiales reciclados no se puede usar como capa de rodadura, porque la gravedad específica es relativamente baja, es por lo anterior que la desintegración por la exposición de cargas directas de tránsito” (p.46).
- (d) Por último concluye que “teniendo en cuenta los resultados que los materiales explorados simbolizan un aporte esencial en la protección del medio ambiente, toda vez que su uso masivo de estos reducirá la explotación de canteras” (p.46).

2.1.2 Investigaciones nacionales

1. **Guevara, G., (2017), mediante su tesis titulado “Estabilización De Suelos Con Adición De Residuos Compatibles Para La Construcción De Vías De La Ciudad De Juliaca”, (Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”). Juliaca – Perú. Las cuales concluye en el siguiente resumen:**

“Que la construcción de las vías se efectuaron con suelos seleccionados de canteras,

ademas el costo de transporte de estos materiales fue significativo”(p.17).

Ademas manifiesta que “los suelos de las canteras estudiadas no son de buena calidad y que actualmente pueden ser mejoradas con la adición de materiales compatibles que provienen de otros materiales tales como los residuos de la construcción y demoliciones que generalmente alteran el medio ambientales” (p.17).

Ahora tomando en consideración lo manifestado propuso “el desarrollo de su trabajo de investigacion que tuvo como objetivo emplear residuos de ladrillo, residuos de mezclas asfálticas y los residuos de aceites usados en vehículos, estos materiales que en proporciones adecuadas han logrado mejorar las propiedades mecánicas de los suelos de cantera (cantera “Los Monos”), que se encuentra en la vía Juliaca – Arequipa, en el caso de residuos del ladrillo la proporción en peso es del 7.5 %, los residuos de mezclas asfálticas es del 9.0 % y los residuos del aceite es de 2.0 % hecho que han permitido mejorar en mayor magnitud las características de los suelos de la cantera indicada; permitiendo alcanzar sus objetivos planteados en su trabajo de investigación” (p.17).

En conclusión:

- (a) Según el autor manifiesta que “los materiales que se originan de desechos modernos no son todos los adecuados para mejorar las cualidades físicas y mecánicas de la cantera y que no aceptan los arreglos de los principios de desarrollos de la calle, y de manera es importante darse cuenta de cómo elegirlos; Ademas para la situación de su investigación, los depósitos de bloques se han hecho con tierra en su producción y estos materiales contienen tanto silicatos, aluminatos, entre otros, y como son sustancias que permiten el folio en su utilización, por lo que logran tener una cercanía significativa en el concreto Portland de tal forma que permite asentar los suelos; debido a las mezclas de tapa negra, su constitución es total, relleno y tapa negra que tienen propiedades impermeabilizantes y seguras, por lo que es razonable para el ajuste del suelo. Finalmente, la acumulación de aceites vehiculares al ser una conducción líquida se mezcla eficazmente con la suciedad y que le permite mejorar la impermeabilidad de la suciedad” (p.142).
- (b) Ademas concluye “que los elementos elegidos llegaron a respuestas utiles a pesar de los desechos de los bloques. El indice plástico (Ip) se ha mejorado en

un 8.0%, y disminuyendo del 10.93% a 6.61 %; debido a que la compactación ha mejorado de 1.87 gr / cm³ a 1.99 gr / cm³, y el 100% CBR ha mejorado del 45.0% al 58.0% y el 95% CBR del 35.0% al 43.0% con una expansión del 7.5% ; Con la expansión de las mezclas de la parte superior negra de los asfaltos viejos, el índice de flexibilidad (Ip) se mejoró en un 8.0%, y disminuyendo de 10.93% a 6.75%, debido a la compactación se mejoró de 1.87 gr / cm³ a 2.18 gr / cm³, finalmente el 100% de CBR ha mejorado del 45.0% al 57.0%, y el CBR al 95% del 35.0% al 44.0%, con la expansión del 9.0% de las mezclas negras de asfaltos viejos, finalmente con la expansión del aceite para vehículos ha mejorado el registro de flexibilidad (Ip) en un 8%, disminuyendo del 10,93% al 7,29%; y debido a la compactación se mejoró de 1.87 gr / cm³ a 2.19 gr / cm³, y finalmente el 100% CBR mejoró de 45.0% a 52.0% y el 95% CBR de 35.0% a 39.0% teniendo con la expansión de 2.0% de aceite del vehículo” (p.143).

2. **Mamani, M., (2019). mediante su tesis titulado “Mejoramiento de la propiedades mecánicas de los suelos con adición de residuos de la construcción y demolición para la construcción de la base de pavimentos de la ciudad de Juliaca”,** (Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”). Juliaca – Perú. Las cuales concluye en el siguiente resumen:

“La construcción de pavimentos requieren de suelos que tengan valores con propiedades mecánicas que sugiere el Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC), por ello se realizo ensayos de laboratorio como el: análisis granulométrico para conocer su gradación, su coeficiente de curvatura (Cc), coeficiente de uniformidad (Cu); posteriormente los límites de consistencia; y el límite líquido (LL), límite plástico (Lp), índice plasticidad (Ip), luego de la clasificación de suelos AASHTO, y la densidad seca máxima que permitió el contenido óptimo de humedad (COH) y con el equipo Proctor modificado; finalmente el ensayo de CBR; los resultados de estos ensayos permitió clasificar el nivel de calidad de suelos para obras de pavimentación” (p.19).

Ademas el autor toma los suelos de la cantera “Los Monos”; lo que para su empleo deben de mejorarlos con materiales generados por los Residuos de la Construcción y Demoliciones (RCD); en su trabajo se considero mejorar las propiedades mecánicas

de los suelos indicados con adición de residuos de ladrillo y residuos del concreto.

En conclusión:

- (a) Para el autor manifiesta que “la construcción de base para pavimentos, se debe efectuar con suelos de calidad; por ello ha realizado ensayos de laboratorio correspondiente a los suelos en estado natural de la cantera Los Monos llegando a los resultados siguientes: En el análisis de granulometría el coeficiente de uniformidad (Cu) de 1.618 y el y el coeficiente curvatura (Cc) de 2.95; y en los límites de consistencia el índice de plasticidad (Ip) es de 8.834%, en la clasificación AASHTO los suelos A – 3; y en la densidad seca máxima con Proctor modificado (Ds) de 1.625 gr/cm³ y CBR al 100% de 42.70%. Todos estos resultados no son compatibles con lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones; por lo que se debe mejorar con procedimientos de estabilización y que el desarrollo de trabajo se ha considerado la adición de residuos de ladrillo y residuos de concreto como material estabilizador” (p.113).
- (b) De acuerdo con el autor “Los procedimientos de mejoramiento de propiedades mecánicas con adición de residuos de ladrillo en las proporciones del 5% y 10% referido al peso del suelo, la estabilización adecuada se logró con la adición del 10% de residuos de ladrillo, con resultados siguientes: En los límites de consistencia el índice de plasticidad (Ip) es de 6.75%, en la densidad seca máxima con el equipo de Proctor modificado (Ds) es de 2.022 gr/cm³ y en el CBR al 100% de 61.05%; estos valores son compatibles con lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC); por lo que el 10% de adición de residuos de ladrillo es el material estabilizador de suelos de la cantera “Los Monos” ideal para el mejoramiento de las propiedades mecánicas para su empleo en la construcción de bases de pavimentos” (p.113).
- (c) Finalmente el autor manifiesta que “los suelos naturales de la cantera Los Monos en los ensayos de laboratorio los resultados no son compatibles con lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), razón que se ha efectuado procedimientos de mejoramiento de sus propiedades mecánicas con adición de residuos de concreto en las proporciones del 5% y 10% referidos al peso de suelos, logrando la estabilización con la adición del 10% de residuos de concreto, con los resultados siguientes: En los límites de consistencia el

índice de plasticidad (I_p) de 5.72%, en la densidad seca máxima con el equipo Proctor modificado (D_s) es de 2.06gr/cm³ y CBR al 100% de 64.07%; estos valores son compatibles con lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), por lo que el 10% de adición de residuos de concreto es el material estabilizador de suelos de la cantera “Los Monos”, ideal para el mejoramiento de las propiedades mecánicas para su empleo en la construcción de bases de pavimentos” (p.114).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Suelo arenoso - limosos.

Los suelos arenosos son de partículas grandes, que se caracteriza por su gran capacidad para filtrar el agua con un drenaje rápido, y tienen la característica de medir entre los 0.05 a 2.2 mm es áspera al tacto.

El suelo limoso lo componen de partículas más pequeñas y suaves al tacto a diferencia del suelo arenoso, este tipo de suelo retiene el agua y los nutrientes por más tiempo, además se compone de parte de un suelo arenoso y parte de un arcilloso, y tienen la característica de medir entre los 0.05 a 0.002 mm es suave y sedoso al tacto.

2.2.2 Estabilización de suelos de fundación a nivel subrasante

Para (Parra Gómez et al., 2018, p. 20), define como un “Concepto por el cual se determinan una serie de métodos físicos y químicos para permitir el mejoramiento y modificación de suelo con el fin de conseguir el uso adecuado de este. En el entorno de las vías, como es el propósito de este trabajo, la estabilización se hace con el fin de generar capas que sean llevadas a condiciones óptimas de humedad y densidad que proporcionen mejores propiedades en cuanto a comodidad, economía, seguridad, durabilidad y resistencia”.

De acuerdo al Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014):

“Define a la estabilización de suelos como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de sub rasante inadecuado o Insuficiente. En cambio cuando se estabiliza una subbase granular o base granular, para obtener un

material de mejor calidad se denomina como subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc). La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación” (p.89)

2.2.2.1 Criterios geotécnicos para establecer la estabilización de suelos

Según al Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014) establece los siguientes criterios:

1. “Considera como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de ser menor (sub rasante Insuficiente o subrasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia de un Estudio Especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo” (p.89).
2. “La superficie de la sub rasante debe quedar encima del nivel de la napa freática como mínimo a 0.60 m cuando se trate de una subrasante extraordinaria y muy buena; a 0.80 m cuando se trate de una sub rasante buena y regular; a 1.00 m cuando se trate de una sub rasante Insuficiente y, a 1.20 m cuando se trate de una sub rasante inadecuada. En caso necesario, se colocarán subdrenes o capas anticontaminantes y/o drenantes o se elevará la rasante hasta el nivel necesario. La curva granulométrica de la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0.074 mm (Nº 200) se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios (según Norma MTC E 109)” (p.89).
3. “Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas” (p.89).

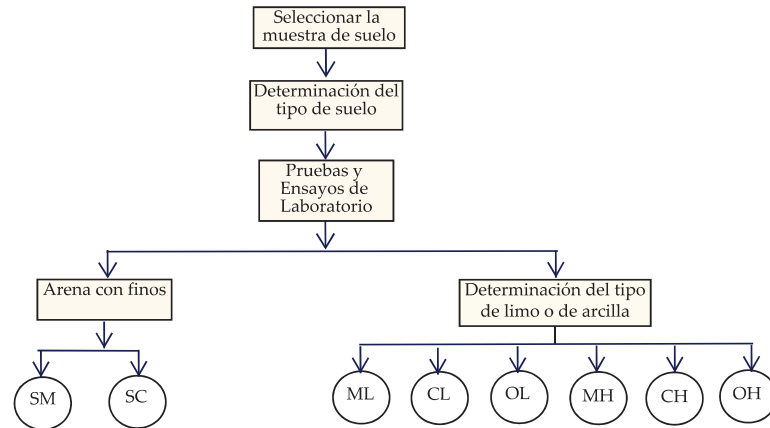


Figura 4 Proceso para la identificación del tipo de suelo.
Fuente: Estudios especiales del MTC.

4. Los factores que se consideran al seleccionar el método de estabilización es:

- Tipo de suelo a estabilizar.
- Uso propuesto del suelo estabilizado.
- Tipo de aditivo estabilizador de suelos.
- Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará.
- Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador.
- Disponibilidad del equipo adecuado.
- Costos comparativos. (MTC, 2014, p. 91)

El siguiente diagrama sintetiza un procedimiento para determinar el método apropiado de estabilización:

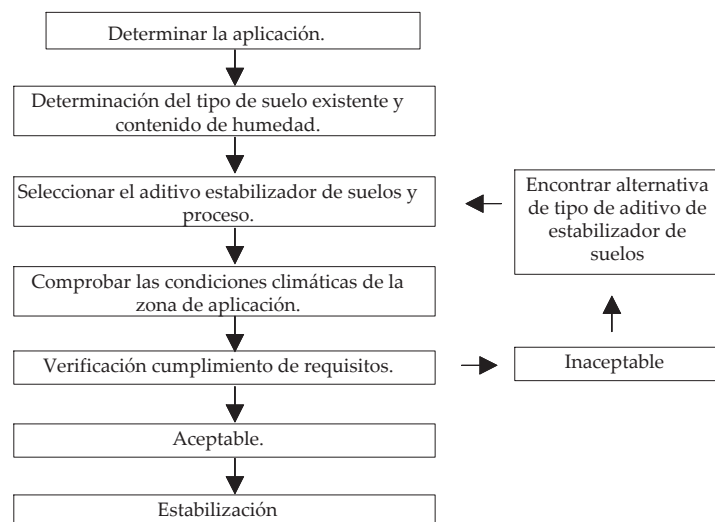


Figura 5 Proceso de selección del tipo de estabilización.
Fuente: Estudios especiales del MTC.

2.2.3 Suelos de fundación a nivel de subrasante en pavimento.

De acuerdo con (Fratelli, 1993, p. 13), el suelo de fundación es “Un material no consolidado, formado por una gran variedad de partículas minerales, con liquido y gases incluidos, que adicionalmente puede contener materiales orgánicos que afectan sus propiedades físicas y mecánicas”.

Y según (Revilla, 2008), menciona que los suelos de fundación “Es la capa del suelo bajo la estructura del pavimento, preparada y compactada como fundación para el pavimento, se trata del terreno natural o la última capa del relleno de la plataforma sobre la que se asienta el pavimento”.

Ademas, el suelo de fundación a nivel subrasante es el primer elemento estructural de una pavimentación, que está destinada a soportar las cargas provenientes del tráfico.

Las caracterización de los suelos para esta capa de fundación esta basada en el siguiente aspecto.

2.2.3.1 Propiedades físicas y mecánicas de los suelos a nivel subrasante

En su libro (Fratelli, 1993, p. 11), caracteriza a las propiedades físicas y mecánicas del suelo que permiten identificarlo y clasificarlo dentro de una amplia gama de posibilidades que existe en la naturaleza.

Entre las propiedades físicas del suelo se pueden enumerar el:

- El tamaño de los granos.
- La consistencia y contenido de humedad.
- Clasificación del suelos.

Y entre las propiedades mecánicas del suelo son:

- Compactación de suelos.
- California Bearing Ratio (C.B.R)

2.2.3.2 El tamaño de los granos.

De acuerdo con (Fratelli, 1993, p. 19), “Los suelos pueden ser clasificados según el tamaño predominante de sus granos, que por lo general todo suelo presenta una mezcla de partículas de diferentes formas y dimensiones que varían desde grandes piedras hasta granos muy finos que solo se pueden visualizar con un microscopio común. Es usual que el contenido de gravas

y arenas se determine utilizando tamices, mientras que el porcentaje de coloides, limos y arcillas se obtenga mediante ensayos de sedimentación”.

Y para conocer el tamaño de los granos se realiza la prueba de granulométrica según el siguiente ensayo:

- **Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D-422, MTC E 107)**

Este ensayo representa la “distribución de los tamaños que tienen los agregado mediante el tamizado” según el Manual de ensayo de materiales E-107 (MTC-E, 2016, p. 44). La cual estima con mayor o menor aproximación y las demás propiedades de interés.

Ademas según el manual (MTC-E, 2016) manifiesta que “El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar las proporciones de sus diferentes elementos constituyentes y de esta manera lograr clasificarlo en función de su tamaño” (p.44).

Ahora de acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos en la tabla 1.

Tabla 1 Clasificación de suelos según Tamaño de partículas.

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

Fuente: Manual de ensayo de materiales.

2.2.3.3 La consistencia y contenido de humedad.

Para (Fratelli, 1993, p. 24), la consistencia significa “El grado de fineza y en los suelos coherentes varia desde un estado solido cuando estan secos a un estado liquido viscoso cuando su contenido de agua aumenta considerablemente”.

- **La Plasticidad**, es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto, la plasticidad de un suelo depende no solo de los elementos gruesos que contiene, sino **únicamente** de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los *Límites de Atterberg*.

Los Límites de Atterberg establecen que tan sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido.

Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según el Manual de ensayo de materiales E-110 (MTC-E, 2016, p. 67)), el límite plástico (LP, según el Manual de ensayo de materiales E-111 (MTC-E, 2016, p. 72)) y el límite de contracción (LC, según el Manual de ensayo de materiales E-112 (MTC-E, 2016, p. 75)).

Límite Líquido (LL), Se trata cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

Límite Plástico (LP), Se trata cuando un suelo pasa del estado plástico al estado semisólido lográndose romper.

Límite de Contracción (retracción), “Es cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad. Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP de acuerdo al Manual de ensayo de materiales E-111” (MTC-E, 2016, p. 73), que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP \quad (2.1)$$

El índice de plasticidad Según el Manual de ensayo de materiales E-110 (MTC-E, 2016) “indica que la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso” (p.73). En ese sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad se clasifica de acuerdo a la siguiente tabla:

Teniendo en cuenta que un suelo con altos contenidos de arcilla puede ser un elemento riesgoso a nivel sub rasante y en toda la estructura del pavimento, ya que debido a su gran sensibilidad al agua resulta expansivo.

Tabla 2 Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de ensayo de materiales.

- **Humedad Natural:** Otra característica muy importante de los suelos es la humedad natural; puesto que la resistencia de los suelos de sub rasante en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.

Para la determinación la humedad natural según el Manual de ensayo de materiales E-108 (MTC-E, 2016, p. 49) “compara con la humedad óptima que se obtiene en los ensayos de Proctor” y para obtener el CBR del suelo según el Manual de ensayo de materiales E-132 (MTC-E, 2016, p. 248)). Sí la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el Proyectista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Sí la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado.

2.2.3.4 Clasificación de suelos.

De acuerdo con (Fratelli, 1993, p. 30), “Clasificar los suelos significa agruparlos en categorías con propiedades afines o características similares. Sin embargo, como todos los suelos son de naturaleza heterogénea, una clasificación muy estricta resulta poco practica”.

Ademas la clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en la tabla 5, esta clasificación permitirá predecir el comportamiento aproximado de los suelos y contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico. A continuación se presenta los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS).

Para complementar la presente información se muestra la tabla 5, que indica la Clasificación de los Suelos basada en Norma AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282 y la tabla 3 que muestra la correlación de tipos de suelos AASHTO - SUCS.

Índice de Grupo: De acuerdo al Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y

Tabla 3 *Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS.*

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

Fuente: US Army Corps of Engineers.

pavimentos (MTC, 2014, p. 34) define como “ un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg”. Y está definida por la fórmula:

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd) \quad (2.2)$$

Donde:

- $a = F-35$ (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- $b = F-15$ (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- $c = LL - 40$ (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.
- $d = IP-10$ (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más (MTC, 2014, p. 34).

Ademas el Índice de Grupo “es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice \geq a 20, un suelo no utilizable para caminos”(p.34).

Tabla 4 *Clasificación de suelos según Índice de Grupo.*

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

Fuente: Manual de ensayo de materiales.

2.2.3.5 Compactación del suelo.

Según (Duque, 2003, p. 139), la compactación es “La densificación del suelo, lograda por medios dinámicos, con el propósito de mejorar sus propiedades ingenieriles”.

De acuerdo a (Villarreal, 2016, p. 5), la compactación es “el proceso realizado generalmente por medios mecánicos por el cual se obliga a las partículas del suelo a ponerse mas en contacto entre sí, mediante la expulsión de aire de sus huecos , lo que implica una reducción rápida de los huecos , produciendo en la masa de suelo cambios de volumen importante, fundamentalmente en el volumen de aire”.

Ahora para entender mejor de que se trata la compactación de los suelos diremos que es el mejoramiento artificial de las propiedades mecánicas, tal como es la resistencia, la compresibilidad y su relación esfuerzo - deformación.

Tabla 5 Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282.

Clasificación general	Suelos granulares						Suelos finos				
	35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)						más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
A-1-a	A-1-b			A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-7-5	A-7-6		
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:											
2 mm (N° 10)	máx. 50										
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	mín. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 10		Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)											
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)											
LL: Límite de Líquido											
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP					máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 (a)
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas	Gravas y arenas limosas o arcillosas	Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas			Suelos limosos	Suelos arcillosos			
Estimación general del suelo como subrasante	Excelente a bueno			Regular a insuficiente							

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL-30.

(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: es mayor que LL-30.

- Cuando se requiera relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-18:182-6 (3), A-4(5), A-7-5 (17), etc
 $IG = (F-35) [0.2+0.005 ((LL-40))] + 0.01 (F-15) (IP-10)$.

Fuente: US Army Corps of Engineers.

2.2.3.6 Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC E 115.

Este ensayo fue realizado por Ralph R. Procto (1933), la cual determina la máxima densidad que alcanza el suelo en condiciones de humedad y energía.

El ensayo consiste en compactar una porción de la muestra del suelo en un cilindro con un volumen definido y variando la humedad, para luego obtener una curva que relaciona el porcentaje de humedad con la máxima densidad seca para una cantidad de golpes dados. Donde el punto máximo de la curva corresponde a la máxima densidad seca en las ordenadas y a la humedad optima en las abcisas.

La energía de compactación esta dada por la ecuación siguiente:

$$Y = \frac{n \cdot N \cdot P \cdot H}{V} \quad (2.3)$$

Donde:

- Y = energía a aplicar en la muestra de suelo
- n = número de capas a ser compactadas en el cilindro de moldeado
- N = número de golpes aplicados por capa
- P = peso del pisón
- H = altura de caída del pisón
- V = volumen del cilindro

El Grado de compactación del suelo es expresado en porcentaje con respecto al ensayo de Proctor.

De acuerdo al (MTC-E, 2016, p. 105), este ensayo “Abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³)”.

Los métodos que utiliza este ensayo son tres:

MÉTODO “A”

- Que consiste en un “Molde de 4 pulg. de diámetro (101,6mm), con un Material que se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm), con 5 capas y 25 golpes por cada capa,

ademas se usa cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm). Otros Usos se da si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C” (MTC-E, 2016, p. 105).

MÉTODO “B”

- Que consiste en un “Molde de 4 pulg. de diámetro (101,6mm), con un Material que se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm), con 5 capas y 25 golpes por cada capa, ademas se usa cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y el 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm). Otros Usos se da si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C” (MTC-E, 2016, p. 106).

MÉTODO “C”

- Que consiste en un “Molde de 6 pulg. (152,4mm) de diámetro, con un Material que se emplea el que pasa por el tamiz $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm), con 5 capas y 56 golpes por cada capa, ademas se usa cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm).El molde de 6 pulgadas (152,4 mm) de diámetro no será usado con los métodos A ó B” (MTC-E, 2016, p. 106).

2.2.3.7 California Bearing Ratio ASTM D-1883, MTC E 132

De acuerdo con (Valle, 1963, p. 139) el metodo C.B.R. fue propuesto en el año de 1929 por los ingenieros T.E. Stanton y O. j. Potter, del departamento de Carreteras del Estado de California, Estados Unidos de América, ademas menciona que:

“El método establece una relación entre la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte como base de soporte en una pavimentación, si bien este método es empírico, se basa en un sin numero de trabajos de investigación, lo que permite considerarlo como uno de los mejores métodos prácticos sugeridos hasta el día de hoy” (p.139).

El metodo C.B.R. una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, para caminos contemplados en el manual (MTC-E, 2016), “se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo,

que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm” (p.248).

Para la obtención del valor CBR de diseño de la subrasante, se debe considerar lo siguiente:

- En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.
- En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la subrasante en función a los siguientes criterios:
 - Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
 - Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.

Son valores de CBR parecidos o similares los que se encuentran dentro de un determinado rango de categoría de subrasante, según de la tabla 6.

- Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:

Tabla 6 *Categorías de Sub rasante.*

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: **Manual de ensayo de materiales.**

2.2.4 Residuos de la construcción y demolición (R.C.D)

Para (Mercante, 2007, p. 87), define a los Residuos de la construcción y demolición “al material residual que se produce en procesos de construcción, renovación o ampliación de estructuras. Los componentes típicos incluyen hormigón, asfalto, madera, metales, yeso, cerámicos o baldosas, tejas, ladrillos, vidrios”.

Ahora de acuerdo al DECRETO SUPREMO N° 019-2016- VIVIENDA (MINVIV, 2016) consideran a los “residuos sólidos de la construcción y demolición a aquellos que cumpliendo la definición de residuo sólido contenida en la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, son generados durante el proceso de construcción de edificaciones e infraestructura, el cual comprende las obras nuevas, ampliación, remodelación, demolición, rehabilitación, cercado, obras menores, acondicionamiento o refacción u otros” (artículo 6). Clasificándose los residuos sólidos de la construcción y demolición (artículo 7) en:

- Residuos sólidos de la construcción y demolición peligrosos, ver anexo A.
- Residuos no peligrosos (reutilizables, reciclables), ver anexo B.

Según la Norma Técnica Peruana (NTP400.050, 2017, p. 1), clasifica los residuos de la construcción tal como se muestra en la tabla N° 7.

Tabla 7 Clasificación y opciones de manejo de los residuos de la actividad de la construcción.

Residuos de la Actividad de la Construcción			
Excedentes de Remoción	Excedentes de Obra	Excedentes de Obra	Otros Residuos
Excedentes de Remoción	Excedentes de Obra	Excedentes de Obra	Escombros
Reutilizables Entre otros: Agregados, piedras Tierras con contenido orgánico Reciclables Entre otros: Bolonería	Entre otros: Cementos y aglomerantes, retazos de fierro, Alambres, piedras, productos cerámicos.	Entre otros: Concreto sobrante Cascote de ladrillo	Entre otros: Mezcla asfáltica de demolición Concreto de demolición Material no bituminoso de demolición de carreteras Material de demolición no clasificado Mezcla de ladrillo con mortero
• Reutilizables • Reciclables • Para Disposición Final	• Reutilizables • Reciclables • Para Disposición Final	• Reutilizables • Reciclables • Para Disposición Final	• No Peligrosos • Peligrosos ¹
Excedentes de Remoción	Excedentes de Obra	Excedentes de Obra	Escombros
Para Disposición Final	Materiales Contaminados, otros	Materiales Contaminados, otros	Escombros Contaminados

Fuente: NTP 400.050

2.2.4.1 Propiedades físicas de los residuos del concreto por demolición.

De acuerdo a (Beltran, 2018), la caracterización de los residuos viene dado como “un criterio fundamental para decidir si un residuo tiene potencial aplicación. Debe considerarse que la reutilización de un residuo de demolición y construcción depende, de sus características y del efecto que estas pueden tener sobre las condiciones finales de un producto” (p.3).

Dentro de los residuos de construcción y demolición, los residuos de concreto sobresalen debido a que “son el residuo con mayor volumen de producción. Existen cuatro líneas principales de reutilización de residuos de concreto: Fabricación de concretos empleando RCD como sustituto total de áridos naturales o como de sustituto de las fracciones gruesas o finas; elaboración de prefabricados como bloques divisorios, bordillos y tuberías; *uso encarreteras como base y sub-base*; y aprovechamiento de los residuos de hormigón como materia prima para la producción de nuevos productos de alta calidad” (p.3).

Ademas menciona que muchos autores proponen criterios asociados al tamaño del residuo y al tipo de aplicación que debe cumplir una norma (en pavimentos los agregados para concretos y morteros la distribución de tamaño de partícula debe ajustarse a la NTP 400.012 y de contenido de humedad NTP 339.129). Ademas menciona que “para la reutilización como agregados se requieren altos contenidos de sílice y calcio (>20% y >10% respectivamente) y para reutilización como remplazo de cementantes o puzolanas elevados contenidos de CaO (>18%) y alúmina” (p.4).

2.2.4.2 Propiedades físicas de los residuos del ladrillo por demolición.

Para (Beltran, 2018), “el uso de agregados reciclados provenientes de residuos de mampostería como sustituto de agregados naturales en la fabricación de concretos y morteros es el tipo de reutilización más común. Sin embargo, cualquier porcentaje de remplazo representa un decaimiento general de las propiedades físicas y mecánicas de los productos finales. Estos RCD pueden emplearse en la producción de ladrillos, bloques y adoquines, pues para estos elementos se requieren mezclas menos exigentes en cuanto a manejabilidad y resistencia (7MPa tránsito peatonal y bloques de mampostería tradicional). La tasa de absorción de agua que no debe superar el 6%, es la gran limitante en la aplicación de los residuos de mampostería para el uso en prefabricados De otro lado, *residuos de mampostería con actividad puzolánica pueden emplearse como estabilizantes de terrenos* o como materias primas para la fabricación de agregados expandidos” (p.6).

2.3 Marco conceptual.

2.3.1 Suelos arenosos.

De acuerdo con la definición de (Cañar Tiviano, 2017, p. 6): “Los suelos arenosos provienen de la erosión de rocas depositados en el interior de la tierra de color azul, gris y rosa, las arenas provenientes de la playa requieren un tratamiento especial para su estudio ya que poseen proporciones de sales y materia orgánica, existen también suelos arenosos de origen volcánico se los puede encontrar en zonas aledañas a los volcanes su color es negro”.

2.3.2 Estabilización del suelo.

Se utilizó la definición de (Peck, 2008, p. 1): “La estabilización de un suelo mejora o controla su estabilidad volumétrica, aumenta su resistencia y el módulo esfuerzo-deformación, mejora su permeabilidad y durabilidad y reduce su susceptibilidad al agua”.

2.3.3 Subrasante.

Se utilizó la definición de (MEF, 2015, p. 12) : “La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado. La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera, que se construye entre el terreno natural allanado o explanado y la estructura del pavimento”.

2.3.4 Resistencia admisible.

Segun la definición de (Structalia, 2021, p. 1) : “Cuantifica la capacidad portante o resistencia del terreno, o lo que es lo mismo, cuánta carga es capaz de soportar encima sin hundirse. Representa la tensión (Fuerza por unidad de superficie) que puede soportar el terreno a determinada profundidad, y su unidad de medida es normalmente kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²)”.

2.3.5 Escombros.

Se utilizó la definición de (NTP400.050, 2017): “Residuo generado por la demolición y/o destrucción parcial o total de obra de construcción civil. Se divide en: reutilizables, reciclables y para disposición final. ” (p.4).

2.3.6 Concreto de demolición.

Se utilizó la definición de (NTP400.050, 2017): “Es el término genérico aplicado a los fragmentos de concreto obtenido por demolición de elementos de las construcciones civiles de concreto (simple o armado) y de pavimentos de concreto. Además, incluye al concreto de los excedentes de obra ” (p.4).

2.3.7 Granulado de concreto.

Se utilizó la definición de (NTP400.050, 2017): “Es el material secundario de construcción obtenido mediante el tratamiento del concreto de demolición y mortero ” (p.4).

2.3.8 Granulado no clasificado (ladrillo).

Se utilizó la definición de (NTP400.050, 2017): “Es el material secundario de construcción obtenido mediante tratamiento de materiales de demolición no clasificados ” (p.5), en esta definición estará los residuos de ladrillo.

2.3.9 Reciclaje

Se utilizó la definición de (NTP400.050, 2017): “Proceso de extraer materiales del flujo de residuos y transformarlos para ser reincorporados como insumo a otros productos ” (p.6).

2.3.10 Reutilización

Se utilizó la definición de (NTP400.050, 2017): “Es la utilización directa de materiales extraídos del flujo de residuos ” (p.6).

2.3.11 Zonificación urbana.

Se utilizó la definición de Ordenanza Municipal N°001-2008-MDSJB/AYA (MDSJB, 2008, p. 9): La Zonificación Urbana es “la distribución normativa de los usos del suelo de la ciudad, constituyendo un instrumento básico para la planificación de la misma”. Entre las zonas establecidas, la ordenanza considera el: “Uso Residencial, Uso Comercial y de Servicios, Uso Industrial, Uso de Equipamiento Urbano, Uso Recreativo y Forestación y Uso Especial” (MDSJB, 2008, p. 9).

2.3.12 Nivel Freático

Se utilizó la definición de (NTP-E050): “Nivel superior del agua subterránea en el momento de la exploración. El nivel se puede dar respecto a la superficie del terreno o a una cota de referencia. ” (p.4).

2.3.13 Napa Freática

Se utilizó la definición de (NTP-E050): “Una napa freática o napa subterránea es una acumulación de agua subterránea que se encuentra a una profundidad relativamente pequeña bajo el nivel del suelo. Más precisamente es un acuífero relativamente superficial, pues los acuíferos pueden estar también a mayores profundidades.” (p.5).

Capítulo III

Método de la investigación

3.1 Enfoque

La investigación a desarrollarse tiene un enfoque *tipo cuantitativo* porque “utiliza la recolección de los datos para probar hipótesis” (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 4).

3.2 Alcance

Tipo de estudio de *alcance explicativo*. “La investigación experimental tiene alcances iniciales y finales correlacionales y explicativos.... En los diseños experimentales y cuasiexperimentales se provoca intencionalmente al menos una causa y se analizan sus efectos o consecuencias.” (Hernández et al., 2014, pp. 153–158).

3.3 Diseño de investigación

Con *diseño tipo experimental, transversal* “Situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos)”(Hernández et al., 2014, p. 130). Cabe destacar que el investigador puede recopilar datos de muchas personas diferentes en un mismo momento e incluir en su estudio dos o más variables independientes o dependientes. Cuando en realidad existe una relación causal entre una variable independiente y una dependiente, al variar intencionalmente la primera, la segunda también variará.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población.

Según (Supo, 2012) afirma que “Es el conjunto de todas las unidades de estudio (sujetos u objetos) cuya característica observable o reacción que pueden expresar nos interesa estudiar.”(p.16). Además (Hernández et al., 2014) define a la población como “Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p.174).

De acuerdo a esta última definición, la población estará conformada por los suelos a nivel subrasante ubicado en la urbanización Santa Leonor del Distrito de San Juan Bautista - Ayacucho. De acuerdo a las siguientes características:

1. De acuerdo a la Ordenanza Municipal N° 001-2008-MDSJB/AYA, el estudio de Zonas de riesgo realizadas por INDECI, manifiesta que “el Distrito San Juan Bautista cuenta con la quebrada de Chaquihuaycco, ésta prácticamente atraviesa el distrito de sur a norte, creando un recorrido de torrentes esporádicos y suelos inestables, *clasificándolo como suelos arenosos* (arena limosa)” (p.6).
2. La Municipalidad Distrital de San Juan Bautista mediante la Ordenanza Municipal N° 001-2008-MDSJB/AYA, aprueba el plan de Zonificación y Uso de suelos, en la cual sectoriza en tres zonas de acuerdo a la concepción del estudio catastral de Noreste a Sureste, donde comprende a la Urbanización Santa Leonor en la Zona B con el 85% de viviendas residenciales de densidad media.
3. Mediante el expediente técnico “Mejoramiento y ampliación integral de pistas y veredas en asociación Santa Leonor y asociación la Victoria del distrito de San Juan Bautista - provincia de Huamanga - departamento de Ayacucho” con cui n° 2458075 con fecha de agosto 2020, se muestra en el estudio de tráfico vehicular que el índice medio diario es menor o igual a 200 veh/día, clasificándolo en carretera de bajo volumen de tránsito según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos.

Tomando en cuenta estas características propias de la zona, se **sostiene la población elegida.**

3.4.2 Muestra del estudio

Tomando como referencia la definición de (Hernández et al., 2014) “La muestra es un Subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta” (p.173), además lo categoriza en dos grandes ramas en muestras probabilísticas y no probabilísticas. (Hernández et al., 2014) define a la muestra no probabilística o dirigida como “Subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación” (p.176).

Por lo tanto de acuerdo a esta última definición, la muestra a trabajar será *no probabilística*, y comprenderá los suelos a nivel subrasante de los jirones Jose Maria Arguedas, Jose Santos Flores, Primavera, Jorge Basadre, Vista Alegre, Los Alamos, los pasajes Argelia y Ciro Alegria, que representan el 90% del total de las calles de la urbanización, por otro lado los elementos provenientes de los residuos de la construcción y demolición serán el concreto y el ladrillo.

3.5 Hipótesis

3.5.1 Hipótesis general

La incorporación de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles mejoraría significativamente la estabilización de los suelos arenosos a nivel subrasante en una pavimentación.

3.5.2 Hipótesis específicas

- a) Los residuos del concreto de la construcción y demolición de obras civiles mejoraría significativamente la resistencia admisible de los suelos arenosos a nivel subrasante.
- b) Los residuos del ladrillo de la construcción y demolición de obras civiles mejoraría significativamente la resistencia admisible de los suelos arenosos a nivel subrasante.
- c) El óptimo porcentaje de adición con los residuos proveniente de la construcción y demolición de obras civiles mejoran la resistencia admisible de los suelos arenosos a nivel subrasante.

3.6 Operacionalización de variables.

3.6.1 Variables.

Las variables son elementos, sucesos, escenarios o fenómenos que representa algún interés en la investigación, del cual es preciso conocer su intensidad o categoría y “puede” obtener distintos valores, vale decir puede variar entre una observación y otra.

Existen básicamente dos variables que participan de todo proceso de la investigación: Independiente y dependiente que a continuación detallamos:

3.6.2 Variable independiente X

X_1 : Suelos arenosos a nivel subrasante.

X_2 : Residuos de la construcción y demolición de obras civiles.

3.6.3 Variables dependiente Y

Y : Estabilización de suelos arenosos a nivel subrasante en pavimentación.

3.6.4 Indicadores.

los indicadores son procedimientos que permiten la medición indirecta mediante pruebas externas, empíricas y observables.

Tabla 8 *Indicadores de la variable independiente (X)*

Variable	Dimensión	Indicadores	Unidades
Suelos arenosos a nivel subrasante.	Propiedades físicas y mecánicas de los suelos a nivel subrasante.	Análisis granulométrico.	(mm)
		Límite de consistencia.	(%)
		Clasificación de suelos	(%)
		Compactación del suelo CBR.	(kg/cm ³ - %) (%)
Residuos de la construcción y demolición de obras civiles.	Propiedades físicas de los residuos del concreto por demolición.	Análisis granulométrico.	(mm)
		Límite de consistencia.	(%)
	Propiedades físicas de los residuos del ladrillo por demolición.	Análisis granulométrico.	(mm)
		Límite de consistencia.	(%)
	Porcentaje de adición	porcentaje	0 - 100%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 *Indicadores de la variable dependiente (Y)*

Variable	Dimensión	Indicadores	Unidades
Estabilización de suelos arenosos a nivel subrasante en pavimentación.	Resistencia admisible favorable.	Compactación del suelo	(kg/cm ³ - %)
		CBR.	(%)

Fuente: Elaboración propia

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas de recolección de datos.

Según (Hernández et al., 2014) Recolectar datos “implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico”.(p.198), entre los técnicas cuantitativos tenemos a la **observación**, este método consiste en “el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías”(Hernández et al., 2014, p. 252).

De acuerdo a lo citado por el autor, en esta investigación de tesis se aplicara el **método de la observación**, que consiste en la recolección de datos de manera sistemática para medir y

aplicar en instrumentos confiables, se realiza las visitas al lugar de los hechos donde ocurre la problemática de estudio.

3.7.2 Técnicas de campo

Las técnicas de campo que se utilizará en este investigación es:

- Guías de análisis documental y contenido (libros, normas y reglamentos).
- Guías de observación y observación directa (reportes de resultados obtenidos y comparación).

3.7.3 Técnicas de gabinete

Las técnicas de gabinete utilizadas son:

- Software de Microsoft - excel: Para el proceso y cálculo del los ensayos de laboratorio.
- Hojas de cálculo.
- Guías de análisis documental y contenido (libros, normas y reglamentos).
- Software R y SPSS: Para el procesamiento de la contrastación de hipótesis estadística.
- Computadora con Procesador Intel R Core i7.

3.7.4 Técnicas de laboratorio

Las técnicas de laboratorio realizadas en la presente investigación es:

- Análisis granulométrico.
- Límite de consistencia.
- Clasificación del suelo.
- Compactación del suelo.
- CBR.

3.7.5 Instrumento

Como instrumento se uso la ***observación de campo***, mediante el cual se recopiló los datos de manera directa con la realidad.

Paso seguido presentamos las fichas que se usaron para la realización de la presente investigación en el dominio de las variables:

Tabla 10 *Fichas de los indicadores de la variable independiente (X)*

Variable	Dimensión	Indicadores	Fichas	Anexo
Suelos arenosos a nivel subrasante.	Propiedades físicas y mecánicas de los suelos a nivel subrasante.	Análisis granulométrico.	Exploración del terreno	C
		Límite de consistencia.	Límite líquido, plástico, o índice de plasticidad	E
		Clasificación de suelos	Ensayo estándar de clasificación	D
		Compactación del suelo	Ensayo Procto Modificado	F
		CBR.	C.B.R.	G
Residuos de la construcción y demolición de obras civiles.	Propiedades físicas de los residuos del concreto por demolición.	Análisis granulométrico.	Ensayo estándar de clasificación - concreto.	H
		Límite de consistencia.	Límite líquido, plástico, o índice de plasticidad - concreto.	I
	Propiedades físicas de los residuos del ladrillo por demolición.	Análisis granulométrico.	Ensayo estándar de clasificación - ladrillo.	H
		Límite de consistencia.	Límite líquido, plástico, o índice de plasticidad - ladrillo.	I
	Porcentaje de adición	porcentaje	Ensayo Procto Modificado con adición del concreto y ladrillo	J, K

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 *Fichas de los indicadores de la variable dependiente (Y)*

Variable	Dimensión	Indicadores	Fichas	Anexo
Estabilización de suelos arenosos a nivel subrasante en pavimentación.	Resistencia admisible favorable.	Compactación del suelo	Ensayo Procto Modificado con la óptima adición del concreto y ladrillo	L, M
		CBR.	Ensayo C.B.R. con adición del concreto y ladrillo	N, O

Fuente: Elaboración propia

3.8 Desarrollo del trabajo de tesis

3.8.1 Identificación de la zona de estudio

La zona de estudio esta ubicada en la Urbanización Santa Leonor y comprende los suelos a nivel subrasante, y que de acuerdo al estudio de Zonas de riesgo realizadas por INDECI manifiesta que el Distrito de San Juan Bautista presenta la quebrada Chaquihuaycco

atravesando el distrito de sur a norte y creando recorridos tormentosos esporádicos y por ende suelos inestables, clasificándose de esta manera como suelos arenosos (arena limosa). Además geográficamente se ubica en el centro sur del Perú entre las coordenadas $13^{\circ}09'57''$ de latitud sur y $72^{\circ}13'25''$ de longitud oeste.

3.8.2 Delimitación del área de trabajo

La delimitación del área de trabajo esta comprendida para los suelos a nivel subrasante de los jirones Jose Maria Arguedas, Jose santos Flores, Primavera, Jorge basadre, Vista Alegre, Los Alamos, los pasajes Argelia y Ciro Alegria, que representan las 8 calles principales de la Urbanización Santa Leonor, correspondiendo al 90% del total de las calles de la urbanización tal como se detalla en el plano C.9 - Anexo D. Ahora se ha considerado que los residuos provenientes de la demolición y construcción sean el ladrillo triturado y concreto triturado pertenecientes a la zona de influencia.

Características Generales:

- Coordenadas UTM: E=585826.1645 y N=8543045.1289
- Altitud: 2761 m.s.n.m.
- Área y perímetro: 167753 m² (16.7 he), con un perimetro de 1911.72 m.
- Vía de acceso: La Urbanización Santa Leonor se ubica al frente del estadio las américas y el hospital del distrito de San Juan Bautista. El cual se puede llegar desde la Plaza Mayor de la Ciudad de Ayacucho - Huamanga, por el Jr. Arequipa, Jr. Sol, Puente Nuevo, Av. Ramón Castilla, Av. Cusco hasta la Altura de Canaán Bajo, Jr. Wari, Av. Las Américas y Asoc. La Victoria.
- Tiempo de Viaje: De 20 a 30 minutos desde la Plaza Mayor de Huamanga.



Figura 6 Delimitación del área de trabajo.
Fuente: Elaboración propia

3.8.3 Recolección de datos

En esta investigación se aplica el *método de la observación*, que consiste en la recolección de datos de manera sistemática para aplicar y medir en instrumentos confiables, realizando visitas al lugar de estudio, donde ocurre la realidad problemática.

3.8.3.1 Toma de muestras

Para la toma de muestra se realizó de acuerdo a la zona de estudio, que consistió en la excavación y extracción de las calicatas de 1.50 m de profundidad, ubicados en los jirones Jose Maria Arguedas, Jose santos Flores, Primavera, Jorge basadre, Vista Alegre, Los Alamos, los pasajes Argelia y Ciro Alegria, de la Urbanización Santa Leonor.

Y de acuerdo al expediente técnico “Mejoramiento y ampliación integral de pistas y veredas en asociación Santa Leonor y asociación la Victoria del distrito de San Juan Bautista - provincia de Huamanga - departamento de Ayacucho” con cui n° 2458075 con fecha de agosto 2020, se muestra en el estudio de tráfico vehicular que el índice medio diario es menor o igual a 200 veh/día, clasificándolo en carretera de bajo volumen de transito segun el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos. **Por lo tanto** se extrajo muestras de las calicatas con dimensiones de 1.0 m x 1.0 m y 1.50 m de profundidad mínima. Ya extraída las muestras, éstas se depositaron en bolsas impermeables selladas con un peso aproximado de 120 kg, posteriormente fueron trasladados al laboratorio

para los ensayos correspondientes.

A continuación describimos las calicatas realizadas en campo:

- a) Calicata N° 01: Ubicado en el jirón Jose Maria Arguedas (C-1), se extrajo una muestra a la profundidad de 1.50 m. con coordenadas UTM (E=585717.7936 N=8543735.6880 Z=2760.35).



Figura 7 Vista fotográfica de la Calicata N° 01.
Fuente: Elaboración propia

- b) Calicata N° 02: Ubicado en el pasaje Argelia (C-2), se extrajo una muestra a la profundidad de 1.50 m. con coordenadas UTM (E=585683.9951 N=8543621.8331 Z=2761.58).



Figura 8 Vista fotográfica de la Calicata N° 02.
Fuente: Elaboración propia

- c) Calicata N° 03: Ubicado en el pasaje Ciro Alegria (C-3), se extrajo una muestra a la profundidad de 1.50 m. con coordenadas UTM (E=585742.8756 N=8543607.6848

Z=2761.98).



Figura 9 Vista fotográfica de la Calicata N° 03.
Fuente: Elaboración propia

- d) Calicata N° 04: Ubicado en el jirón Jose Santos Flores (C-4), se extrajo una muestra a la profundidad de 1.50 m. con coordenadas UTM (E=585787.7052 N=8543651.5830 Z=2762.12).



Figura 10 Vista fotográfica de la Calicata N° 04.
Fuente: Elaboración propia

- e) Calicata N° 05: Ubicado en el jirón Primavera (C-5), se extrajo una muestra a la profundidad de 1.50 m. con coordenadas UTM (E=585792.2411 N=8543535.7343

Z=2762.92).



Figura 11 Vista fotográfica de la Calicata N° 05.
Fuente: Elaboración propia

- f) Calicata N° 06: Ubicado en el jirón Los Álamos (C-6), se extrajo una muestra a la profundidad de 1.50 m. con coordenadas UTM (E=585658.4358 N=8543466.0190 Z=2763.26).



Figura 12 Vista fotográfica de la Calicata N° 06.
Fuente: Elaboración propia

- g) Calicata N° 07: Ubicado en el jirón Vista Alegre (C-7), se extrajo una muestra a la profundidad de 1.50 m. con coordenadas UTM (E=585643.4450 N=8543417.8413

Z=2763.85).



Figura 13 Vista fotográfica de la Calicata N° 07.
Fuente: Elaboración propia

- h) Calicata N° 08: Ubicado en el jirón Jorge Basadre (C-8), se extrajo una muestra a la profundidad de 1.50 m. con coordenadas UTM (E=585831.0920 N=8543411.3676 Z=2764.13).



Figura 14 Vista fotográfica de la Calicata N° 08.
Fuente: Elaboración propia

Ademas para la **toma de muestra de los residuos de la construcción y demolición de obras civiles**, para los residuos del concreto se acopio muestras de la demolición de veredas ubicada en la intersección de avenida del Ejercito con la avenida Casuarinas.



Figura 15 Vista fotográfica de las veredas demolidas.
Fuente: Elaboración propia

Y para en acopio de los residuos del ladrillo, se recogió muestras de la construcción de una edificación ubicada en el jiron porvenir Mz H Lt 11 - Urb. Mariscal Caceres.



Figura 16 Vista fotográfica de residuos de la construcción en edificación.
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se traslado las muestras hacia la chancadora San Miguel ubicada en el kilómetro 11.6, del margen derecho de la carretera Ayacucho - Huanta, distrito de Jesus Nazareno, donde se trituro los residuos del concreto y del ladrillo a un diámetro máximo de 1".



Figura 17 Vista fotográfica de la chancadora San Miguel.

Fuente: Elaboración propia

3.8.4 Instrumento de medición.

Los instrumentos de medición son “Los recursos que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente” (Hernández et al., 2014, p. 199), además toda medición o instrumento de recolección de datos debe reunir dos requisitos esenciales: confiabilidad y validez.

3.8.4.1 Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos nivel subrasante.

Para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, se realizara los siguientes ensayos de campo y laboratorio:

- a) Exploración del terreno - perfil (ASTM D-2488, N.T.P. 339.150).
- b) Clasificación estándar del suelo (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-3282, D-2216, NTP 339.128, MTC E 107).
- c) Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad (ASTM D-4318, NTP 339.129, MTC E 110/111).
- d) Ensayo de Prócto Modificado (ASTM D-1557, NTP 339.141, MTC E 115).
- e) Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (ASTM D-1883, NTP 339.145, MTC E 132).

Desarrollo:

a) Exploración del terreno - perfil (ASTM D-2488, N.T.P. 339.150):

Usando el examen visual y ensayos manuales, esta práctica nos permite describir los

suelos in situ. Además a la profundidad de excavación de 1.50 m, NO se encontró el nivel freático en todas las calicatas, de 0.00 m a 0.20 m de cobertura cuenta con una coloración beige oscuro, conformada por limo orgánico con abundante cantidad de arena muy fina y en poca cantidad de grava, además se tiene presencia de raíces incipientes.

a.1) Calicata N° 01): De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depósitos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa mal graduada con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un ML y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-4 (4). Se presenta escasa presencia de grava (1.97%), moderada cantidad de arena (40.60%) y en su mayoría cantidad de finos (57.42%), la presencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 28.12%, índice plástico 2.94%; lo que indica que la fracción fina contienen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).

a.2) Calicata N° 02): De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depósitos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa mal graduada con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un ML y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-4 (5). Se presenta escasa presencia de grava (2.82%), moderada cantidad de arena (39.54%) y en su mayoría cantidad de finos (57.64%), la presencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 28.61%, índice plástico 5.83%; lo que indica que la fracción fina contienen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).

a.3) Calicata N° 03): De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depósitos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa mal graduada con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un SW-SM y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-1-a (0). Se presenta escasa presencia de grava (42.36%), moderada cantidad de arena (46.72%) y en su mayoría cantidad de finos (10.92%), la presencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 25.74%, índice plástico 4.47%; lo que indica que la

fracción fina contienen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).

- a.4) Calicata N° 04):** De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depósitos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa mal graduada con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un ML y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-4 (4). Se presenta escasa presencia de grava (5.06%), moderada cantidad de arena (39.92%) y en su mayoría cantidad de finos (55.02%), la presencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 27.67%, índice plástico 1.21%; lo que indica que la fracción fina contienen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).
- a.5) Calicata N° 05):** De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depósitos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa mal graduada con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un SM y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-2-4 (0). Se presenta escasa presencia de grava (35.43%), moderada cantidad de arena (41.97%) y en su mayoría cantidad de finos (22.60%), la presencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 23.53%, índice plástico 0.75%; lo que indica que la fracción fina contienen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).
- a.6) Calicata N° 06):** De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depósitos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa mal graduada con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un GM y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-1-b (0). Se presenta escasa presencia de grava (35.44%), moderada cantidad de arena (40.59%) y en su mayoría cantidad de finos (23.97%), la presencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 24.45%, índice plástico 1.93%; lo que indica que la fracción fina contienen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).
- a.7) Calicata N° 07):** De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depósitos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa mal graduada con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

(S.U.C.S.), como un SC y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-2-4 (0). Se presenta escasa presencia de grava (28.85%), moderada cantidad de arena (47.94%) y en su mayoría cantidad de finos (23.21%), la presencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 27.61%, índice plástico 9.30%; lo que indica que la fracción fina contienen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).

a.8) Calicata N° 08): De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depósitos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un SM y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-4 (2). Se presenta escasa presencia de grava (3.29%), moderada cantidad de arena (52.35%) y en su mayoría cantidad de finos (44.35%), la presencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 29.68%, índice plástico 1.97%; lo que indica que la fracción fina contienen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).

b) Clasificación estándar del suelo (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-3282, D-2216, NTP 339.128, MTC E 107):

El desarrollo de este ensayo tiene como objetivo determinar los tamaños de los granos y de esta manera obtener la distribución granulométrica del suelo, permitiendo clasificar el suelo en diversos grupos como son las gravas, arenas, finos limosos o arcillosos.

b.1) Contenido de humedad (ω):

Se uso el método de ensayo ASTM D -2216 la cual indica que “para determinar el peso de agua eliminada se seca el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua” (p.1).

La humedad del suelo es la relación entre el peso del agua contenida y el peso de su fase sólida :

$$\omega = 100 * \frac{W_w}{W_s} \quad (3.1)$$

Donde: W_w : Peso del agua de la muestra (gr).

W_s : Peso seco del suelo (gr).

Equipos y materiales usados:

- Horno con control de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes de aluminio o latón.

Tabla 12 Resumen de los resultados del contenido de humedad de los suelos.

CALICATA N°	UNIDAD	% HUMEDAD
Calicata N° 01	%	13.09
Calicata N° 02	%	12.8
Calicata N° 03	%	5.79
Calicata N° 04	%	11.84
Calicata N° 05	%	9.03
Calicata N° 06	%	7.21
Calicata N° 07	%	7.49
Calicata N° 08	%	9.89

Fuente: Ensayo de laboratorio.



Figura 18 Vista fotográfica de las muestras en el horno.

Fuente: Elaboración propia

b.2) Análisis granulométrico por tamizado:

Para determinar la curva granulométrica de los suelos se utilizó la metodología de la NTP 339.128 (ASTM D-422).

En este ensayo se utilizó todas las muestras representativas por cuarteo y de acuerdo a las características de los materiales finos de la muestra, se procedió con el lavado de la misma por el tamiz N°200, posteriormente la muestra retenida ya lavada se secó al horno (24 horas), ya secada la muestra se pesó en la balanza digital y se procedió con el análisis de los tamices. Luego de zarandear la muestra

registramos los pesos retenidos en los diferentes tamices, para el proceso de calculo.

Equipos y materiales usados:

- Horno con control de temperatura (°C).
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes de aluminio o latón.
- Juego de tamices (3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10, N° 20, N° 30, N°40, N°60, N°100, N°200).
- Escobilla (ASTM D-422, p.2).

Tabla 13 Resumen de los resultados granulométricos de los suelos.

CALICATA N°	PARAMETROS Y DESCRIPCION DEL SUELO						CLASIFICACION N (SUCS):	CLASIFICACION (AASTHO):	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
	D10	D30	D60	Cu	Cc	I.G.			
Calicata N° 01	0.013	0.039	0.093	7.14	1.26	4	ML	A - 4 (4)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
Calicata N° 02	0.013	0.039	0.092	7.08	1.27	5	ML	A - 4 (5)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
Calicata N° 03	0.069	0.959	5.598	81.47	2.39	0	SW - SM	A - 1 - a (0)	ARENA BIEN GRADUADA CON LIMOS
Calicata N° 04	0.014	0.041	0.104	7.66	1.17	4	ML	A - 4 (4)	LIMO DE BAJA PLASTICIDAD
Calicata N° 05	0.033	0.178	3.09	93.11	0.31	0	SM	A - 2 - 4 (0)	ARENA LIMOSA
Calicata N° 06	0.031	0.155	2.642	84.53	0.29	0	GM	A - 1 - b (0)	GRAVA LIMOSA
Calicata N° 07	0.032	0.158	1.644	50.93	0.47	0	SC	A-2-4 (0)	ARENA ARCILLOSA
Calicata N° 08	0.017	0.051	0.239	14.16	0.64	2	SM	A - 4 (2)	ARENA LIMOSA

Fuente: Ensayo de laboratorio.



Figura 19 Vista fotográfica del cuarteo de la muestra C-2.

Fuente: Elaboración propia



Figura 20 Zarandeo con los tamices en laboratorio.
Fuente: Elaboración propia

c) Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad (ASTM D-4318, NTP 339.129, MTC E 110/111):

El objetivo de este ensayo es determinar el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la fracción fina del suelo. Para los cuales se tomo una muestra de 200 g de peso de una porción de material completamente mezclado y que paso el tamiz de 0.425 mm (N° 40), acto seguido se procedió con los ensayos respectivos.

Ademas estos ensayos han permitido distinguir entre la composición limosa o arcillosa del terreno ademas su estudio tiene una gran importancia en materiales constituidos por los granos muy finos ya que permite conocer su comportamiento mecánico.

Los resultados de ambos ensayos han permitido clasificar los suelos de acuerdo a Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y por la American Association of State Highway Officials (AASHTO).

c.1) Límite líquido:

Primero se tomo una muestras de 200 gramos de cada calicata, se humedeció la muestra con agua variando las cantidades de la misma hasta que la consistencia necesaria producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce (copa de casagrande) para que se ocasione el cierre.

Paso seguido se coloco en la casuela y se hizo una pasada firme con el ranurador la cual se procedio a la maniobra de manivela a una velocidad de 1.9 a 2.1

revoluciones por segundo, ocasionando que la pasta se pusieran en contacto entre ellas de manera sutil y se registró en una hoja de calculo Se repitió varias veces el procedimiento de tal manera que se tuvieran diferentes muestras, esto con el fin de que los golpes para cerrar la ranura oscilaran entre los siguientes intervalos: 25-35, 20-30 y 15-25.

Se calcula el contenido de humedad del suelo y se expresa como porcentaje del peso de suelo seco en el horno :

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Pesodelagua}}{\text{Pesodelsueloseco}} * 100 \quad (3.2)$$

y tomando el contenido de humedad que corresponde a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes como es el límite líquido del suelo y aproximándose este valor a un número entero tenemos los siguientes resultados:

Tabla 14 Resumen de los resultados del Límite líquido.

CALICATA N°	LIMITE LIQUIDO
	L.L. (%)
Calicata N° 01	28.12
Calicata N° 02	28.61
Calicata N° 03	25.74
Calicata N° 04	27.67
Calicata N° 05	23.53
Calicata N° 06	24.45
Calicata N° 07	27.61
Calicata N° 08	29.68

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Equipos y materiales usados:

- Horno con control de temperatura (°C).
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes de aluminio o latón.
- Copa de Casagrande y acanalador.
- Espátula.
- Tamiz N° 40.



Figura 21 Vista fotografica de la copa de casagrande.
Fuente: Elaboración propia

c.2) Límite plástico:

Para el ensayo de límite plástico se peso 200 gramos por cada calicata (previamente tamizado por el tamiz N°40), luego se humedeció la muestra con agua esperando que el material alcanzara una consistencia que permitiera enrollarlo sin que se pegara a las manos. Una vez ya alcanzada las condiciones, se tomó una porción de 1.5 a 2.0 g, se hizo rodar la masa del suelo en la palma de la mano o los dedos y la placa de vidrio, con la presión que se necesitó para formar un rollo de hasta 3.2 mm (1/8”), en no más de 2 minutos.

Cuando se llegó a este diámetro, se dividió en varios trozos, se juntaron y comprimieron, de tal manera que se tuviera una masa elipsoidal. Se repitió el procedimiento 2 veces hasta obtener un peso de 6 g (2 muestras), y por ultimo se colocaron las muestras en el horno a temperatura de 24 ± 4 horas, a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$), con el fin de obtener las humedades representativas en cada muestra.

Equipos y materiales usados:

- Horno con control de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes de aluminio o latón.
- Vidrio grueso esmerilado.

Tabla 15 Resumen de los resultados del Límite Plástico.

CALICATA N°	LIMITE PLASTICO
	L.P. (%)
Calicata N° 01	25.18
Calicata N° 02	22.78
Calicata N° 03	21.27
Calicata N° 04	26.47
Calicata N° 05	22.78
Calicata N° 06	22.52
Calicata N° 07	18.31
Calicata N° 08	27.71

Fuente: Ensayo de laboratorio.

**Figura 22** Ensayo del límite plástico.

Fuente: Elaboración propia

c.3) Índice de plasticidad:

Teniendo el límite líquido y el límite plástico, calculamos el índice de plasticidad (IP) y se define como la diferencia numérica entre ellos:

$$IP = LL - LP \quad (3.3)$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

Ademas, cuando el límite líquido o límite plástico no pueden ser determinados, el índice de plasticidad se expresará con la abreviatura NP (no plástico), y de la misma manera cuando el límite plástico resulte igual o mayor al límite líquido, el índice de plasticidad se expresará como NP(no plástico). En nuestro proyecto se evidencia que predomina los suelos de bajo índice de plasticidad < 7 , característica de suelos poco arcillosos.

Tabla 16 Resumen de los resultados del Índice de plasticidad.

CALICATA N°	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
Calicata N° 01	28.12	25.18	2.94
Calicata N° 02	28.61	22.78	5.83
Calicata N° 03	25.74	21.27	4.47
Calicata N° 04	27.67	26.47	1.2
Calicata N° 05	23.53	22.78	0.75
Calicata N° 06	24.45	22.52	1.93
Calicata N° 07	27.61	18.31	9.3
Calicata N° 08	29.68	27.71	1.97

Fuente: Ensayo de laboratorio.

d) Ensayo de Prócto Modificado (ASTM D-1557, NTP 339.141, MTC E 115):

El objetivo de este ensayo de acuerdo al manual de la ASTM D-1557 “ este ensayo abarca procesos de compactación realizados en Laboratorio, para hallar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación), que serán compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro y con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae desde una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³)” (p.1).

Ademas para este ensayo se utiliza muestras por cuarteo y de acuerdo a las características de los materiales finos de la muestra se procedió con el ensayos y cálculo respectivo.

d.1) Cálculo del método de la compactación:

Primero se trabajo con material seco, paso seguido se tamizo con mallas de 2”, 3/4”, 3/8” y N°4 para determinar el método del ensayo, y de acuerdo al análisis granulométrico realizado se determinó hacer mediante el **Procedimiento**

A (Se utiliza si la malla N°4 retiene el 20% o menos del peso del material.), a continuación se preparo 4 muestras de 5 kilo por cada calicata y se registro las dimensiones de los moldes.

Segundo con las muestras ya disponibles se agrega agua de manera controlada que varia en función a la consistencia de la muestra (aproximado de 100, 250, 500 y 700 ml de agua para nuestro ensayo), se procede con el mezclado hasta que quede uniforme.



Figura 23 Cuarteo en 5 muestras para el ensayo Procto Modificado.
Fuente: Elaboración propia

Tercero se vierte en el molde formando 5 capas, 25 golpes por cada capa.

Cuarto una vez ya compactado se enrasa el molde y se procedió al pesado y registro de la misma.



Figura 24 Pesado del molde + muestra del ensayo Procto Modificado.
Fuente: Elaboración propia

Quinto este ensayo se replicó a todas las muestras de las 8 calicatas.

Tabla 17 Resumen de los resultados de la Máxima Densidad Seca.

CALICATA N°	DENSIDAD SECA				M.D.S.
	gr/cc	gr/cc	gr/cc	gr/cc	gr/cm ³
Calicata N° 01	1.54	1.60	1.66	1.59	1.69
Calicata N° 02	1.564	1.64	1.715	1.60	1.72
Calicata N° 03	1.83	1.97	1.89	1.81	1.99
Calicata N° 04	1.60	1.682	1.70	1.55	1.71
Calicata N° 05	1.76	1.86	1.86	1.71	1.88
Calicata N° 06	1.71	1.81	1.80	1.76	1.82
Calicata N° 07	1.62	1.69	1.69	1.58	1.69
Calicata N° 08	1.47	1.54	1.58	1.43	1.58

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Equipos y materiales usados:

- Molde de 4 pulg. de diámetro (101,6mm)
- Pisón y barra enrasadora.
- Balanza electrónica.
- Material se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).
- 5 capas de muestra.
- 25 golpes por capa.
- Su uso se da cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm).



Figura 25 Procto Modificado - Enrasado.

Fuente: Elaboración propia

d.2) Cálculo del contenido de humedad:

Primero ya registrado el molde con la muestra compactada se tomo dos porción para registrarlo, paso seguido se puso al horno para su posterior pesado.

Segundo este ensayo se replico a todas las muestras de las 8 calicatas.

Tabla 18 Resumen de los resultados del contenido de humedad.

CALICATA N°	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				O.C.H.
	R1	R2	R3	R4	%
Calicata N° 01	11.01	11.97	14.53	21.20	16.70
Calicata N° 02	9.600	10.94	16.085	20.40	15.50
Calicata N° 03	5.61	9.00	14.21	15.30	10.50
Calicata N° 04	5.64	9.823	15.80	21.25	13.00
Calicata N° 05	5.06	8.39	13.49	18.15	11.30
Calicata N° 06	6.92	11.16	15.30	16.94	12.50
Calicata N° 07	9.88	13.56	16.37	20.87	15.00
Calicata N° 08	10.40	13.35	18.84	22.80	17.30

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Equipos y materiales usados:

- Horno con control de temperatura (°C).
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes de aluminio o latón.

d.3) Humedad vs Densidad Seca:

Con los resultados obtenidos lo ploteamos obteniendo una relación curvilíneo conocida como curva de Compactación. Los valores de Optimo Contenido de Humedad (O.C.H.)y Máximo Densidad Seca (M.D.S.), son determinados de la Curva de Compactación.

De acuerdo a los resultados obtenidos se aprecia que la Máxima Densidad Seca de las muestras oscilan entre 1.58 a 1.99 gr/cm³, y el Optimo Contenido de Humedad esta entre 10.50 a 17.30 %, lo que indica la presencia de suelos arenosos con alto contenido de limos que predomina en la zona de estudio.

Por lo tanto en función a los resultados obtenidos trabajaré con la muestra proveniente de la calicata N°8, ya que en función a los demás muestras este suelo representa la menor resistencia admisible de todas.

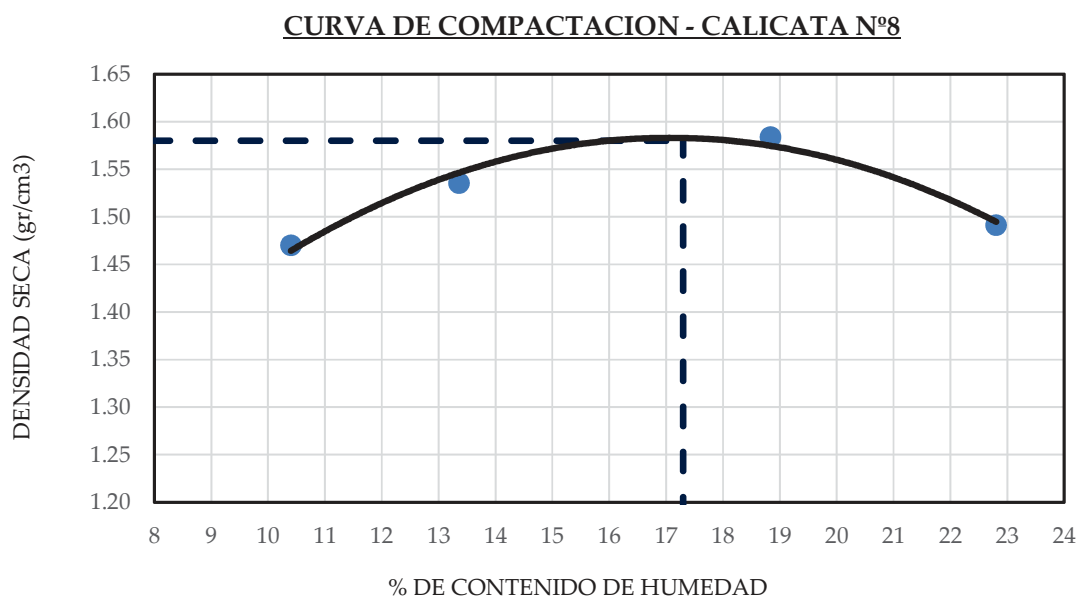


Figura 26 Representa la relación de la Humedad vs Densidad Seca de la Calicata N° 8.
Fuente: Elaboración propia

Donde se obtiene que la Máxima Densidad Seca es 1.58 gr/cm³ y el Optimo Contenido de Humedad es 17.30 %.

e) Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (ASTM D-1883, NTP 339.145, MTC E 132:

Este ensayo se realiza con el objetivo de determinar la resistencia del suelo una vez compactado y a la penetración de un pistón de 2" de diámetro, con suelos preparados en el laboratorio dando las condiciones determinadas de humedad y densidad.

e.1) Cálculo del método de la compactación:

Primero se trabajo con material seco de la calicata N°8, paso seguido se tamizó con las mallas 3/4" donde pasó el 100% de la muestra acumulada, a continuación se preparo 3 muestras de 5 kilo de la calicata N°8 y se registro las dimensiones de los moldes.

Segundo con las muestras ya disponibles y teniendo la humedad óptima con la densidad máxima de acuerdo al ensayo de compactación, se pesó el molde con su base a continuación se coloca el collar y el disco espaciador adicionando un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Tercero ya con el contenido de agua correspondiente a la optima se vertió la muestra en los moldes formando 5 capas, con 56, 25 y 12 golpes por cada capa

Cuarto una vez ya compactado se enrasa el molde y se procedió al pesado y registro de la misma, finalmente se sumergió en un recipiente grande lo suficiente para lograr la saturación de la muestra.

Tabla 19 Resultado del Método de Compactación de la Calicata N°8.

1	N° RECIPIENTE	N°	4		5		6	
2	GOLPES POR CAPA	N°	12		25		56	
3	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		SECA	MOJADA	SECA	MOJADA	SECA	MOJADA
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2089		2087		2089	
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	8490		8843		8897	
6	PESO DEL MOLDE	gr	4921		4937		4867	
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3569		3906		4030	
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.709		1.872		1.930	
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.485		1.595		1.663	

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Equipos y materiales usados:

- Molde de 6 pulg. de diámetro (152.4mm)
- Pisón y barra enrasadora.
- Balanza electrónica.
- Material se emplea el que pasa por el tamiz N° 3/4" (19.1 mm).
- 5 capas de muestra.
- 56, 25 y 12 golpes por capa.
- Su uso se da cuando el 75% ó menos del peso del material pasa por el tamiz N° 3/4" (19.1 mm).



Figura 27 Vista fotográfica del ensayo de compactación C.B.R.

Fuente: Elaboración propia

e.2) Cálculo del contenido de humedad:

Primero ya registrado el molde con la muestra compactada se tomó dos porción para registrarlos, paso seguido se puso al horno para su posterior pesado.

Segundo este ensayo se replico a las tres muestras.

Tabla 20 Resultado del contenido de humedad de la Calicata N°8.

DESCRIPCIÓN			A		B		C	
1	Nº RECIPIENTE	Nº	N6	N31	N30	N2	N29J	N28b
2	W DEL RECIPIENTE	gr	10.47	11.89	11.09	11.41	10.98	10.82
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	84.33	91.23	75.97	76.16	80.99	80.41
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	74.45	81.06	66.45	66.52	70.82	71.29
5	W DEL AGUA	gr	9.88	10.17	9.52	9.64	10.17	9.12
6	W DEL SUELO SECO	gr	63.98	69.17	55.36	55.11	59.84	60.47
7	HUMEDAD	%	15.44	14.70	17.20	17.49	17.00	15.08
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	15.07		17.34		16.04	

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Equipos y materiales usados:

- Horno con control de temperatura (°C).
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes de aluminio o latón.

e.3) Cálculo de la expansión:

La expansión se calculó de acuerdo a la diferencia de las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión de la muestra. Para ello se contó con un trípode metálico por cada molde y cuyas patas se apoyaron sobre el borde y que lleva montado un calibre comparador con indicador dial, con resolución de lectura 0,025 mm.

Primero Se coloca los moldes con sus respectivas cargas en un recipiente con agua.

Segundo se toma las lecturas iniciales de expansión, luego dejar sumergidas las probetas por 96 horas ya que se trata de suelos limosos.

Tercero se tomó lectura cada 24 horas y paso a su registro.

Tabla 21 Resultado de expansión de la Calicata N°8.

FECHA	HORA	TIEMPO (HRS)	LECT. DIAL "	EXPANSIÓN		LECT. DIAL "	EXPANSIÓN		LECT. DIAL "	EXPANSIÓN	
				m.m	%		m.m	%		m.m.	%
13/09/2021	13:30	0.00	199.00	0.000	0.00	198.00	0.000	0.00	199.00	0.000	0.00
14/09/2021	13:30	24.00	236.00	0.940	0.81	212.00	0.330	0.28	210.00	0.279	0.24
15/09/2021	13:30	48.00	232.00	0.838	0.72	212.00	0.330	0.28	209.00	0.254	0.22
16/09/2021	13:30	72.00	240.00	1.041	0.89	215.00	0.406	0.35	210.00	0.279	0.24
17/09/2021	13:30	96.00	240.00	1.041	0.89	215.00	0.406	0.35	210.00	0.279	0.24

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Para el cálculo de la expansión se tomo la siguiente ecuación:

$$\%Expansion = \frac{L2 - L1}{127} \times 100 \quad (3.4)$$

Donde:

L1 = Lectura inicial en mm.

P2 = Lectura final en mm.

127 = Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde (5”).

Equipos y materiales usados:

- Deformímetro de precisión de lectura 0.025 mm.



Figura 28 Control de la expansión - C.B.R.
Fuente: Elaboración propia

e.4) Cálculo de la penetración:

Primero Se colocó los moldes con sus respectivas sobrecargas que sea suficiente para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (10 lb), en el equipo de penetración.

Segundo se colocó una carga de 50N para asentar el pistón y se colocó en cero los diales de los marcadores.

Tercero se aplicó una carga de tal forma que el pistón penetró a una velocidad uniforme de 1,2 mm por minuto.

Cuarto finalmente se registro los valores de carga para las magnitudes de penetración indicadas en la norma, para definir la forma de la curva.

Tabla 22 Resultado de penetración de la Calicata N°8.

PISTÓN = 0.3"		MOLDE CON 12 GOLPES POR CAPA				MOLDE CON 25 GOLPES POR CAPA				MOLDE CON 56 GOLPES POR CAPA			
PENETRACIÓN		LECTURA DEL DIAL (um)	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGIDO (%)	LECT. DEL DIAL	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGIDO (%)	LECT. DEL DIAL	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGIDO (%)
mm = hrs	pulg		Kg	Kgf/cm2			Kg	Kgf/cm2			Kg	Kgf/cm2	
0=0"	0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
0.64=30"	0.025	14	57	3		20	67	4		28	81	4	
1.27=1'	0.05	34	92	5		55	128	7		70	154	8	
1.91=1'30"	0.075	49	118	6		82	175	9		130	259	14	
2.54=2'	0.1	59	135	7	10.20	105	215	11	16.25	190	364	19	27.43
3.81=3'	0.15	75	163	9		162	315	17		262	489	26	
5.08=4'	0.2	89	188	10	9.43	205	390	21	19.60	310	573	30	28.81
6.35=5'	0.25	102	210	11		235	442	23		350	643	34	
7.62=6'	0.3	109	222	12		260	486	26		390	712	38	
10.16=8'	0.4	118	238	13		285	529	28		420	765	41	

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Equipos y materiales usados:

- Un pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49.63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 0,005$ "") de diámetro, área de 19.35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas.
- Dos diales con recorrido de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001").
- Un uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.



Figura 29 Penetración de los moldes - C.B.R.

Fuente: Elaboración propia

e.5) Determinación del CBR al 2.54 mm:

Primero se dibujó un gráfico que relaciona las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas).

Segundo, si la curva presenta puntos de inflexión, se traza una tangente en ese punto cortando el eje de abscisas en otro punto corregido, tomando como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.

Tercero, si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración.

Cuarto, De la curva se tomó los valores de esfuerzo-penetración para valores de 2,54 mm y 5,08 mm, y con estos datos se halla los valores de relación de soporte correspondientes las cuales dividimos los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1000lb/plg²) y 10,3 MPa (1500 lb/plg²) respectivamente, y multiplíquese por 100, además la relación de soporte presentada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración.

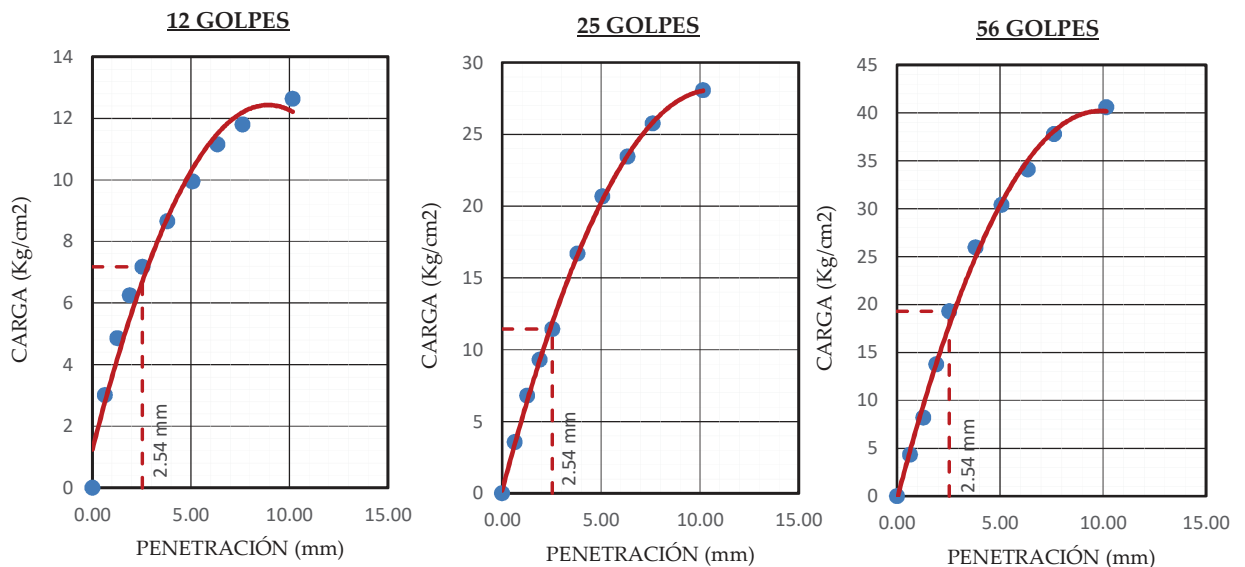


Figura 30 Representa el diagrama de la Carga (kg/cm²) vs Penetración (mm) de la Calicata N° 8.
Fuente: Elaboración propia

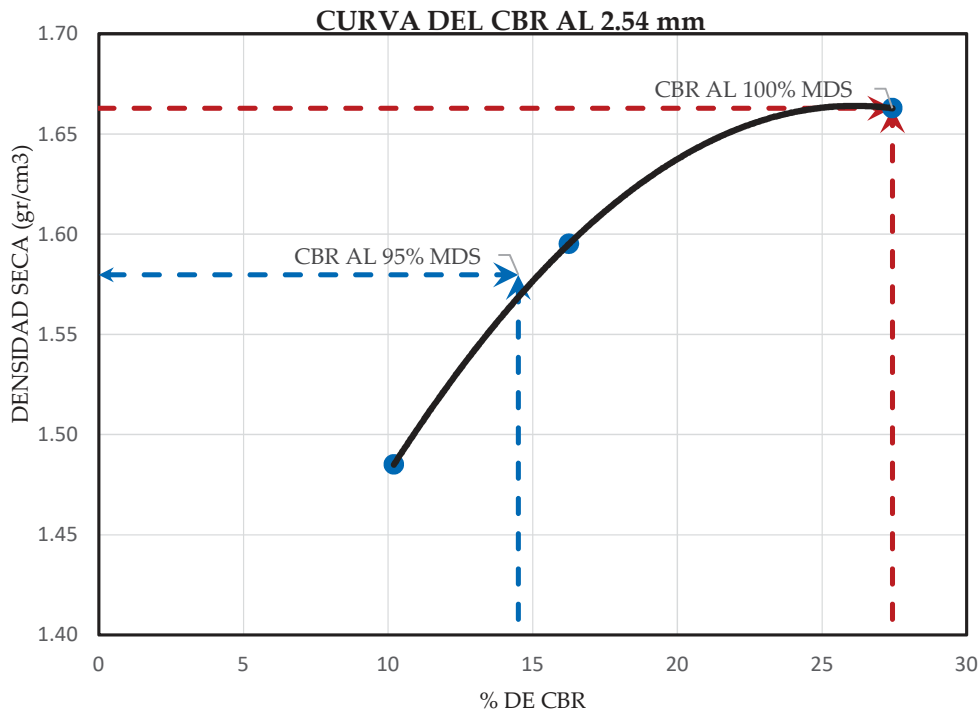


Figura 31 Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm³) de la Calicata N° 8.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados tenemos que la Maxima Densidad Seca (M.D.S.) es 1.663 gr/cm³, el Optimo contenido de Humedad (O.C.H.) es 16.04%, el CBR al 100% de la M.D.S. es 27.43% y el CBR al 95% de la M.D.S. es 14.50%. En función a la tabla 6, nos da a conocer que el suelo alcanza la categoría de **subrasante buena**.

Por lo tanto en función a los resultados obtenidos trabajaré con el suelos de la calicata N°8, buscando una mayor estabilización a nivel subrasante con residuos del concreto y ladrillo triturado.

3.8.4.2 Determinación de las propiedades físicas del residuo de concreto.

Para determinar las propiedades físicas de los residuos del concreto, se realiza los siguientes ensayos de laboratorio:

- Clasificación estandar del suelo (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-3282, D-2216, NTP 339.128, MTC E 107).
- Limite de consistencia

a) Clasificación estandar del suelo (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-3282, D-2216, NTP 339.128, MTC E 107):

Este ensayo es desarrollado con el objetivo de determinar el tamaño de los granos y su distribución granulométrica del concreto. Estos resultados permitirá dar un alcance sobre que porcentaje de adición son necesarios para alcanzar una mayor resistencia admisible favorable del suelo.

a.1) Análisis granulométrico por tamizado del concreto triturado:

Para determinar la curva granulométrica del concreto triturado se utilizó la metodología de la NTP 339.128 (ASTM D-422).

Para este ensayo se utilizó muestras representativas por cuarteo y de acuerdo a las características del concreto triturado con diámetro máximo de 1", se procedió con el tamizado para determinar el tamaño de los granos y su distribución.

Luego de zarandear la muestra pasamos al registro de los pesos retenidos en los diferentes tamices para el proceso de cálculo.

Equipos y materiales usados:

- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes de aluminio o latón.
- Juego de tamices (3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10, N° 20, N° 30, N°40, N°60, N°100, N°200).
- Escobilla.

Tabla 23 Resultado granulométrico del concreto.

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO CORREGIDO (gr.)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULAD O QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	75.000	0	0	0.00	100.00	PESOS (gr)
	2"	50.800	0	0	0.00	100.00	W RECIPIENTE 162.85
	1 1/2"	38.100	0	0	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S HUME 1140.94
	1"	25.400	56.74	56.74	5.81	94.19	W RECIPIENTE + S SECA 1140.94
	3/4"	19.000	111.08	111.08	11.38	82.81	HUMEDAD % 0.00
	1/2"	12.700	354.03	354.03	36.26	53.45	W SUELO SECO 978.09
	3/8"	9.500	173.63	173.63	17.78	28.77	W RECIPIENTE + S SECA I 1140.94
	N° 4	4.760	203.08	203.08	20.80	7.97	S SECA LAVADA 978.09
	N° 10	2.000	63.53	63.53	6.51	1.47	W GRANULOMETRÍA 976.41
	N° 20	0.840	8.77	8.77	0.90	0.57	W FONDO 1.09
	N° 30	0.590	1.17	1.17	0.12	0.45	W INTERPOLADO 1.09
	N° 40	0.425	1.09	1.09	0.11	0.34	% GRAVA GRUESA 53.45
	N° 60	0.260	0.93	0.93	0.10	0.24	% GRAVA FINA 38.58
	N° 100	0.149	0.62	0.62	0.06	0.18	% ARENA GRUESA 6.51
	N° 200	0.075	0.65	0.65	0.07	0.11	% ARENA MEDIANA 1.13
	Fondo		1.09	1.09	0.11	100.00	% ARENA FINA 0.23
	Total		976.41	976.41	100.00	-	% FINOS 0.11

Fuente: Ensayo de laboratorio.

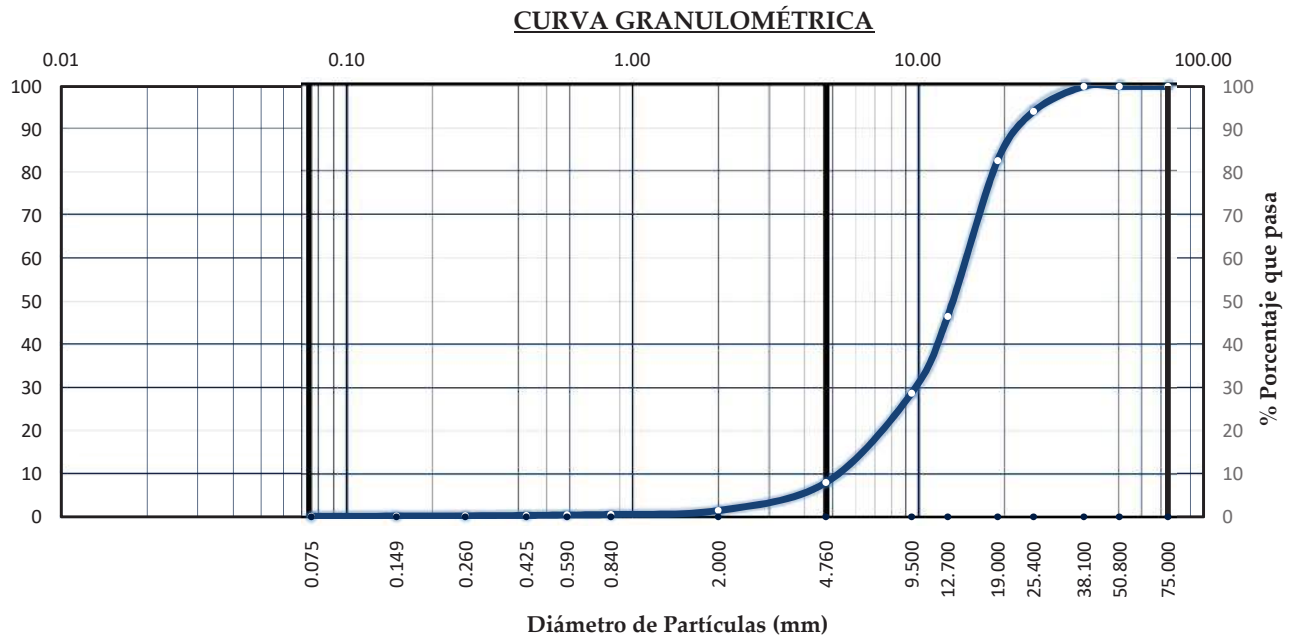


Figura 32 Diámetro de partículas (mm) vs porcentaje que pasa (%) del concreto triturado.

Fuente: Elaboración propia

Parámetros y descripción del concreto triturado:

$D_{10} = 5.093$ mm, $C_u = 2.90$, $D_{30} = 9.683$ mm, $C_c = 1.25$, $D_{60} = 14.757$ mm

I.G. = 0 , PORCENTAJE DE FINOS = 0.11 %

En conclusión: La muestra del concreto triturado de acuerdo a la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), se clasifica como **Grava Mal Graduada (G.P.)** y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como **A-1-a(0)**.



Figura 33 Cuarteo del concreto triturado.

Fuente: Elaboración propia

a.2) Cálculo del límite de consistencia del concreto:

De acuerdo al análisis granulométrico se tiene que los residuos del concreto están formadas por partículas gruesas como la arena y grava, por lo tanto son suelos no cohesivos.

3.8.4.3 Determinación de las propiedades físicas del residuo de ladrillo.

Para determinar las propiedades físicas de los residuos del ladrillo, se realiza los siguientes ensayos de laboratorio:

- Clasificación estandar del suelo (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-3282, D-2216, NTP 339.128, MTC E 107).
- Limite de consistencia

a) Clasificación estándar del suelo (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-3282, D-2216, NTP 339.128, MTC E 107):

Este ensayo es desarrollado con el objetivo de determinar el tamaño de los granos y su distribución granulométrica del ladrillo. Estos resultados permitirá dar un alcance sobre que porcentaje de adición son necesarios para alcanzar una mayor resistencia admisible favorable del suelo.

a.1) Análisis granulométrico por tamizado del ladrillo triturado:

Para determinar la curva granulométrica del ladrillo triturado se utilizó la metodología de la NTP 339.128 (ASTM D-422).

Para este ensayo se utilizo muestras representativas por cuarteo y de acuerdo a las características del ladrillo triturado con diámetro máximo de 1", se procedió con el tamizado para determinar el tamaño de los granos y su distribución.

Luego de zarandear la muestra pasamos al registro de los pesos retenidos en los diferentes tamices para el proceso de calculo.

Equipos y materiales usados:

- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes de aluminio o latón.
- Juego de tamices (3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N°4, N°10, N° 20, N° 30, N°40, N°60, N°100, N°200).

- Escobilla.

Tabla 24 Resultado granulométrico del ladrillo.

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO CORREGIDO (gr.)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO O QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	75.000	0	0	0.00	0.00	PESOS (gr)		
	2"	50.800	0	0	0.00	0.00	W RECIPIENTE	168.88	
	1 1/2"	38.100	0	0	0.00	0.00	W RECIPIENTE + S HUME	1030.6	
	1"	25.400	0	0	0.00	0.00	W RECIPIENTE + S SECA	1030.6	
	3/4"	19.000	49.76	49.76	5.80	5.80	HUMEDAD %	0.00	
	1/2"	12.700	241.41	241.41	28.14	33.94	W SUELO SECO	861.72	
	3/8"	9.500	144.29	144.29	16.82	50.76	W RECIPIENTE + S SECA I	1030.6	
	Nº 4	4.760	216.81	216.81	25.28	76.04	S SECA LAVADA	861.72	
	Nº 10	2.000	111.48	111.48	13.00	89.04	W GRANULOMETRÍA	857.8	
	Nº 20	0.840	43.27	43.27	5.04	94.08	W FONDO	2.19	
	Nº 30	0.590	11.23	11.23	1.31	95.39	W INTERPOLADO	2.19	
	Nº 40	0.425	23.6	23.6	2.75	98.14	% GRAVA GRUESA	33.94	
	Nº 60	0.260	3.76	3.76	0.44	98.58	% GRAVA FINA	42.10	
	Nº 100	0.149	4.94	4.94	0.58	99.15	% ARENA GRUESA	13.00	
	Nº 200	0.075	5.06	5.06	0.59	99.74	% ARENA MEDIANA	9.10	
	Fondo		2.19	2.19	0.26	100.00	% ARENA FINA	1.60	
	Total		857.8	857.8	100.00	-	-	% FINOS	0.26

Fuente: Ensayo de laboratorio.

CURVA GRANULOMÉTRICA

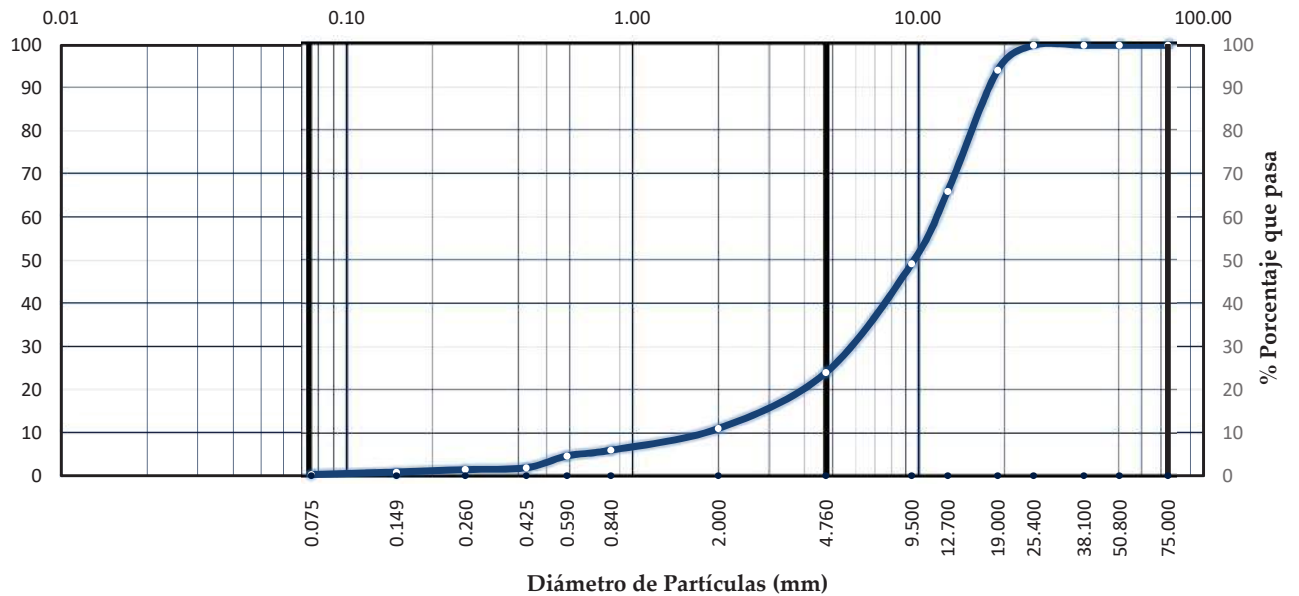


Figura 34 Representa el diagrama del diámetro de partículas (mm) vs porcentaje que pasa (%) del ladrillo triturado.

Fuente: Elaboración propia

Parámetros y descripción del ladrillo triturado:

D10 = 1.245 mm, Cu = 9.18, D30 = 5.610 mm, Cc = 2.21, D60 = 11.429 mm

I.G. = 0 , PORCENTAJE DE FINOS = 0.26 %

En conclusión:

La muestra del ladrillo triturado de acuerdo a la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), se clasifica como **Grava Bien Graduada (G.W.)** y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como **A-1-a(0)**.



Figura 35 Cuarteo del ladrillo triturado.
Fuente: Elaboración propia

a.2) Cálculo del límite de consistencia del ladrillo:

De acuerdo al análisis granulométrico se tiene que los residuos del ladrillo están formados por partículas gruesas como la arena y grava, por lo tanto son suelos no cohesivos.

3.8.4.4 Determinación del porcentaje de adición de los residuos del concreto y del ladrillo.

Para determinar el óptimo porcentaje de adición en peso del concreto triturado y del ladrillo triturado, se trabajó con adiciones tal como sigue.

Para el concreto:

1. Con el 25% de R. Concreto + 75% muestra de la Calicata N°8.
2. Con el 50% de R. Concreto + 50% muestra de la Calicata N°8.
3. Con el 75% de R. Concreto + 25% muestra de la Calicata N°8.



Figura 36 Mezcla del 50% de R. concreto y 50% de muestra de la Calicata N°8.
Fuente: Elaboración propia

Para el Ladrillo:

1. Con el 12.5% de R. ladrillo + 87.5% muestra de la Calicata N°8.
2. Con el 25% de R. ladrillo + 75% muestra de la Calicata N°8.
3. Con el 50% de R. ladrillo + 50% muestra de la Calicata N°8.



Figura 37 Mezcla del 50% de R. ladrillo y 50% de muestra de la Calicata N°8
Fuente: Elaboración propia

Para ello realizamos el siguiente ensayo de laboratorio:

- Ensayo de Prócto Modificado (ASTM D-1557, NTP 339.141, MTC E 115).

a) Ensayo de Prócto Modificado (ASTM D-1557, NTP 339.141, MTC E 115) con adiciones del concreto triturado:

En este ensayo se usa los procedimientos de compactación en laboratorio, procurando determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco del suelo compactado (calicata N°8), en un molde de 6 pulgadas (152.4 mm) de diámetro y con un pisón de 10 lbf (44.5 N) cayendo de una altura de 18 pulgadas (457 mm), que produce una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³).

Para este ensayo se utilizo muestras representativas por cuarteo de la calicata N°8 y del concreto triturado, de acuerdo a las características de los materiales provenientes de las muestra dosificadas se procedió con el ensayos y cálculo respectivo.

a.1) Cálculo del método de la compactación:

Primero se trabajo con material seco paso seguido se tamizo con las mallas 2", 3/4", 3/8" y N°4 para determinar el método del ensayo, de acuerdo al análisis granulométrico realizado se determino hacer mediante el Procedimiento C (Se utiliza si la malla de 3/8" retiene el 20% o mas del peso del material y la malla de 3/4" retiene el 30% o menos del peso del material.), a continuación se preparo 3 muestras de 5 kilo por cada mezcla tal como se indica a continuación:

Tabla 25 Resumen de la dosificación en peso del concreto sobre el suelo de la calicata N°8.

Cantidad	R. Concreto		Calicata N°8		Total	
	Peso (kg)	Porcentaje (%)	Peso (kg)	Porcentaje (%)	Peso (kg)	(%)
Mezcla N°1	1.25	25	3.75	75	5	100
Mezcla N°2	2.5	50	2.5	50	5	100
Mezcla N°3	3.75	75	1.25	25	5	100

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Segundo con las muestras ya disponibles se agrega agua de manera controlada que varia en función a la consistencia de la muestra (aproximado de 100, 250, 500 y 700 ml de agua para nuestro ensayo), se procede con el mezclado hasta que quede uniforme.

Tercero se vierte en el molde formando 5 capas, 56 golpes por cada capa.

Cuarto una vez ya compactado se enrasa el molde y se procedió al pesado y registro de la misma.

Quinto este ensayo se replico a todas las muestras mezcladas.

Equipos y materiales usados:

- Molde de 6 pulg. de diámetro (152.4 mm)
- Pisón y barra enrasadora.

Tabla 26 Resumen de los resultados de la Máxima Densidad Seca con adición de concreto en la calicata N°8.

DESCRIPCIÓN	DENSIDAD SECA				M.D.S.
	gr/cc	gr/cc	gr/cc	gr/cc	gr/cm3
Mezcla N°1 (25% R. Concreto + 75% calicata N°8)	1.65	1.68	1.68	1.66	1.68
Mezcla N°2 (50% R. Concreto + 50% calicata N°8)	1.69	1.76	1.79	1.75	1.80
Mezcla N°3 (75% R. Concreto + 25% calicata N°8)	1.71	1.75	1.76	1.73	1.77

Fuente: Ensayo de laboratorio.

- Balanza electrónica.
- Material que pasa por el tamiz 3/4 pulg (19,0 mm).
- 5 capas de muestra.
- 56 golpes por capa.
- Su uso se da cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg (19,0 mm).



Figura 38 Ensayo Procto Modificado con 50% de concreto + 50% de Calicata N°8
Fuente: Elaboración propia

a.2) Cálculo del contenido de humedad:

Primero ya registrado el molde con la muestra compactada se tomo dos porción para registrarlo, paso seguido se puso al horno para su posterior pesado.

Segundo este ensayo se replico a las 3 mezclas.

Equipos y materiales usados:

- Horno con control de temperatura (°C).

Tabla 27 Resumen de los resultados del contenido de humedad con adición del concreto en la calicata N°8.

DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				O.C.H.
	R1	R2	R3	R4	%
Mezcla N°1 (25% R. Concreto + 75% calicata N°8)	8.21	11.47	15.66	19.91	15.00
Mezcla N°2 (50% R. Concreto + 50% calicata N°8)	7.03	8.93	12.30	18.61	14.00
Mezcla N°3 (75% R. Concreto + 25% calicata N°8)	7.21	9.41	14.56	16.86	12.90

Fuente: Ensayo de laboratorio.

- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes de aluminio o latón.

b) Cálculo del óptimo porcentaje de adición del residuo de concreto

Para el cálculo se planteó la relación de porcentaje de adición del concreto versus la Máxima Densidad Seca de la mezcla, obtenida del ensayo de Procto Modificado, con el fin de obtener una relación curvilínea, y apartir de aquí determinar el óptimo porcentaje de adición del concreto.

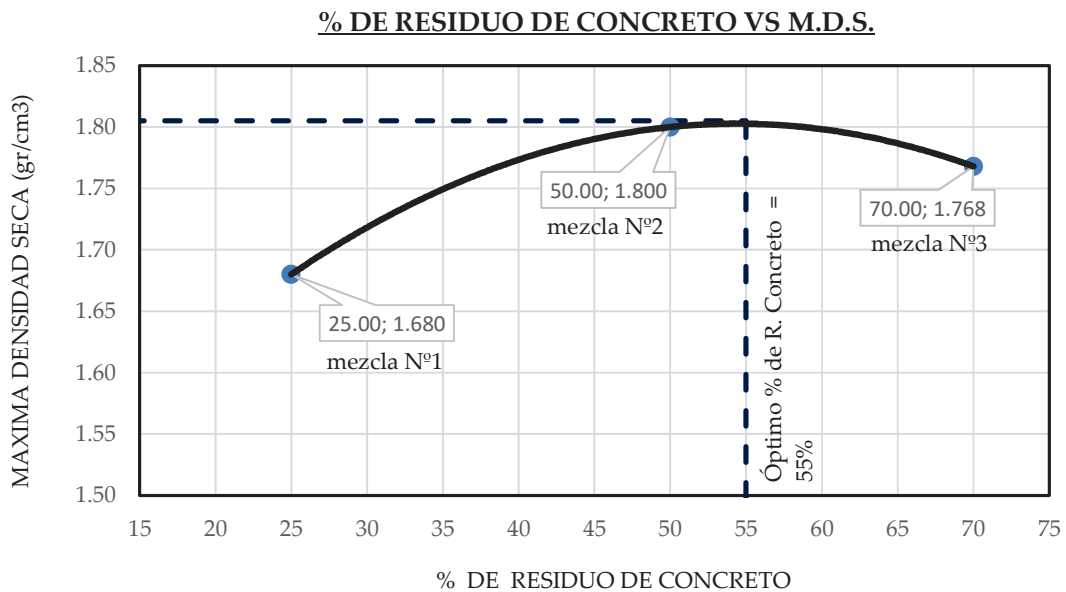


Figura 39 Porcentaje de R. concreto vs Máxima Densidad Seca de las mezcla.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico se obtiene que la Máxima Densidad Seca es 1.805 gr/cm³ y el Óptimo Contenido de Concreto es el 55.00 %.

Por lo tanto en función a los resultados obtenidos trabajare con el 55% de concreto triturado para alcanzar una mayor estabilización del suelo proveniente de la calicata N°8, a nivel subrasante.

c) Ensayo de Prócto Modificado (ASTM D-1557, NTP 339.141, MTC E 115) con

adiciones del ladrillo triturado:

De acuerdo al manual de la ASTM D-1557 “Este ensayo comprende los procedimientos de compactación realizados en el laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco del suelo compactado (calicata N°8), en un molde de 6 pulgadas (152.4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44.5 N) cayendo desde una altura de 18 pulgadas (457 mm), que produce una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³)”(p.1).

Para este ensayo se utilizo muestras representativas por cuarteo de la calicata N°8 y del ladrillo triturado, de acuerdo a las características de los materiales provenientes de las muestra dosificadas se procedió con el ensayos y cálculo respectivo.

c.1) Cálculo del método de la compactación:

Primero se trabajo con material seco paso seguido se tamizo con las mallas 2”, 3/4”, 3/8” y N°4 para determinar el método del ensayo, de acuerdo al análisis granulométrico realizado se determino hacer mediante el Procedimiento C (Se utiliza si la malla de 3/8” retiene el 20% o mas del peso del material y la malla de 3/4” retiene el 30% o menos del peso del material.), a continuación se preparo 3 muestras de 5 kilo por cada mezcla tal como se indica a continuación:

Tabla 28 Resumen de la dosificación en peso del ladrillo sobre el suelo de la calicata N°8.

Cantidad	R. Ladrillo		Calicata N°8		Total	
	Peso (kg)	Porcentaje (%)	Peso (kg)	Porcentaje (%)	Peso (kg)	(%)
Mezcla N°1	0.625	12.5	4.375	87.5	5	100
Mezcla N°2	1.25	25	3.75	75	5	100
Mezcla N°3	2.5	50	2.5	50	5	100

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Segundo con las muestras ya disponibles se agrega agua de manera controlada que varia en función a la consistencia de la muestra (aproximado de 100, 250, 500 y 700 ml de agua para nuestro ensayo), se procede con el mezclado hasta que quede uniforme.

Tercero se vierte en el molde formando 5 capas, 56 golpes por cada capa.

Cuarto una vez ya compactado se enrasa el molde y se procedió al pesado y registro de la misma.

Quinto este ensayo se replico a todas las muestras mezcladas.

Tabla 29 Resumen de los resultados de la Máxima Densidad Seca con adición de ladrillo.

DESCRIPCIÓN	DENSIDAD SECA				M.D.S.
	gr/cc	gr/cc	gr/cc	gr/cc	gr/cm3
Mezcla N°1 (12.5% R. Ladrillo + 87.5% calicata N°8)	1.58	1.66	1.69	1.59	1.71
Mezcla N°2 (25% R. Ladrillo + 75% calicata N°8)	1.66	1.73	1.76	1.70	1.76
Mezcla N°3 (50% R. Ladrillo + 50% calicata N°8)	1.58	1.67	1.70	1.62	1.71

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Equipos y materiales usados:

- Molde de 6 pulg. de diámetro (152.4 mm)
- Pisón y barra enrasadora.
- Balanza electrónica.
- Material que pasa por el tamiz 3/4 pulg (19,0 mm).
- 5 capas de muestra.
- 56 golpes por capa.
- Su uso se da cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg (19,0 mm).



Figura 40 Ensayo Procto Modificado con 25% de ladrillo + 75% de Calicata N°8

Fuente: Elaboración propia

c.2) Cálculo del contenido de humedad:

Primero ya registrado el molde con la muestra compactada se tomo dos porción para registrarlo, paso seguido se puso al horno para su posterior pesado.

Segundo este ensayo se replico a las 3 mezclas.

Tabla 30 Resumen de los resultados del contenido de humedad con adición del ladrillo.

DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				O.C.H.
	R1	R2	R3	R4	%
Mezcla N°1 (12.5% R. Ladrillo + 87.5% calicata N°8)	8.61	10.43	16.97	20.72	14.80
Mezcla N°2 (25% R. Ladrillo + 75% calicata N°8)	9.11	11.53	14.53	17.46	14.10
Mezcla N°3 (50% R. Ladrillo + 50% calicata N°8)	7.09	9.77	14.68	17.26	13.10

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Equipos y materiales usados:

- Horno con control de temperatura ($^{\circ}\text{C}$).
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes de aluminio o latón.

d) Cálculo del óptimo porcentaje de adición del residuo de ladrillo.

Para el cálculo se ploteó la relación de porcentaje de adición del concreto versus la Máxima Densidad Seca de la mezcla, obtenida del ensayo de Procto Modificado, con el fin de obtener una relación curvilínea, y a partir de aquí determinar el óptimo porcentaje de adición del concreto.

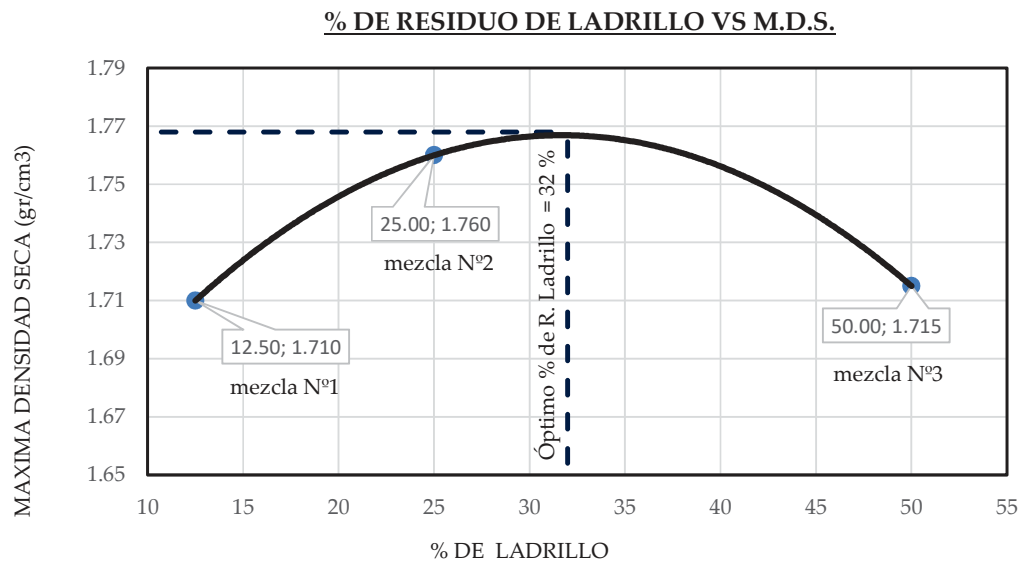


Figura 41 Representa la relación del porcentaje de concreto vs Densidad Máxima Seca de las mezcla.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico se obtiene que la Máxima Densidad Seca es 1.768 gr/cm³ y el Óptimo Contenido del ladrillo es el 32.00 %.

Por lo tanto en función a los resultados obtenidos trabajare con el 32% de concreto triturado para alcanzar una mayor estabilización del suelo proveniente de la calicata N°8, a nivel subrasante.

3.8.4.5 Determinación de la resistencia admisible del suelo con óptima adición de los residuos del concreto (55%) y ladrillo (32%).

Para determinar la resistencia admisible favorable del suelo a nivel subrasante con la adición de los residuos del concreto (55%) y del ladrillo (32%), se realiza el siguiente ensayo de laboratorio:

- Ensayo de Prócto Modificado (ASTM D-1557, NTP 339.141, MTC E 115).
- Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (ASTM D-1883, NTP 339.145, MTC E 132).

a) Ensayo de Prócto Modificado con adición óptima del concreto y ladrillo (ASTM D-1557, NTP 339.141, MTC E 115):

Para este ensayo se utilizó muestras representativas por cuarteo de las mezclas del 55% de R. concreto + 45% de Calicata N°8 y 32% de R. ladrillo + 68% de Calicata N°8. De acuerdo a las características de los materiales de la muestra se procedió con el ensayos y cálculo respectivo.

a.1) Cálculo del método de la compactación:

Primero se trabajo con material seco paso seguido se tamizo con las mallas 2", 3/4", 3/8" y N°4 para determinar el método del ensayo, de acuerdo al análisis granulométrico realizado se determino hacer mediante el Procedimiento C (Se utiliza si la malla de 3/8" retiene el 20% o mas del peso del material y la malla de 3/4" retiene el 30% o menos del peso del material.), a continuación se preparo 4 muestras de 5 kilo por cada calicata y se registro las dimensiones de los moldes.

Segundo con las muestras ya disponibles se agrega agua de manera controlada que varia en función a la consistencia de la muestra (aproximado de 100, 250, 500 y 700 ml de agua para nuestro ensayo), se procede con el mezclado hasta que quede uniforme.

Tercero se vierte en el molde formando 5 capas, 56 golpes por cada capa.

Cuarto una vez ya compactado se enrasa el molde y se procedió al pesado y registro de la misma.

Quinto este ensayo se replicó a todas las mezclas.

Tabla 31 Resumen de los resultados de la Máxima Densidad Seca de la mezcla óptima.

DESCRIPCIÓN	DENSIDAD SECA				M.D.S.
	gr/cc	gr/cc	gr/cc	gr/cc	gr/cm3
Mezcla N°1 (55% R. Concreto + 45% calicata N°8)	1.738	1.791	1.798	1.753	1.805
Mezcla N°2 (32% R. Ladrillo + 68% calicata N°8)	1.720	1.758	1.763	1.735	1.770

Fuente: Ensayo de laboratorio.

a.2) Cálculo del contenido de humedad:

Primero ya registrado el molde con la muestra compactada se tomo dos porción para registrarlo, paso seguido se puso al horno para su posterior pesado.

Segundo este ensayo se replico a todas las mezclas.

Tabla 32 Resumen de los resultados del contenido de humedad de la mezcla óptima.

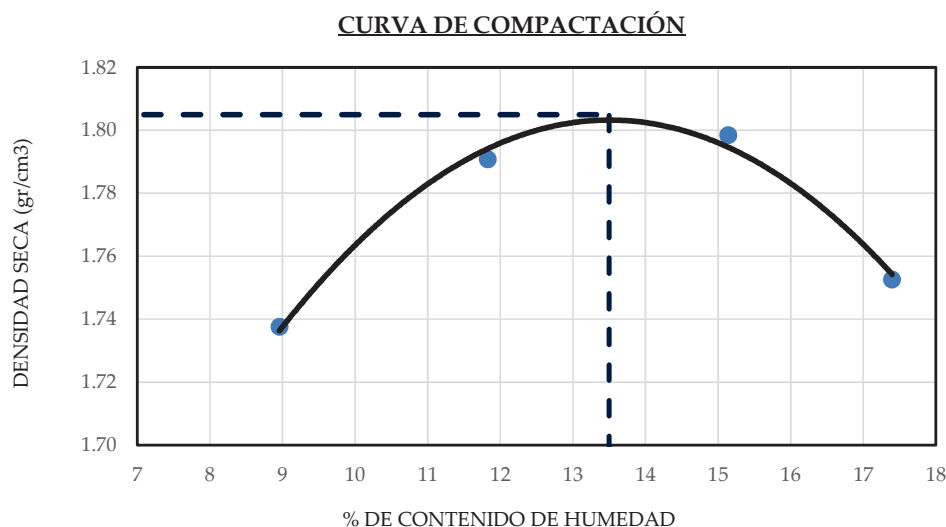
DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				O.C.H.
	R1	R2	R3	R4	%
Mezcla N°1 (55% R. Concreto + 45% calicata N°8)	8.96	11.83	15.14	17.40	13.50
Mezcla N°2 (32% R. Ladrillo + 68% calicata N°8)	8.91	11.52	15.71	17.81	14.00

Fuente: Ensayo de laboratorio.

a.3) Humedad vs Densidad Seca:

Ploteando los valores de Optimo Contenido de Humedad (O.C.H.)y Máximo Densidad Seca (M.D.S.), son determinados de la Curva de Compactación para las diferentes mezclas.

- **Ploteo de: 55% residuo de concreto + 45% calicata N°8**

**Figura 42** Relación de la Humedad vs Densidad Seca de la mezcla N° 1.

Fuente: Elaboración propia

Donde se obtiene que la Máxima Densidad Seca es 1.805 gr/cm3 y el Optimo Contenido de Humedad es 13.50 %.

- **Ploteo de : 32% residuos de ladrillo + 68% calicata N°8**

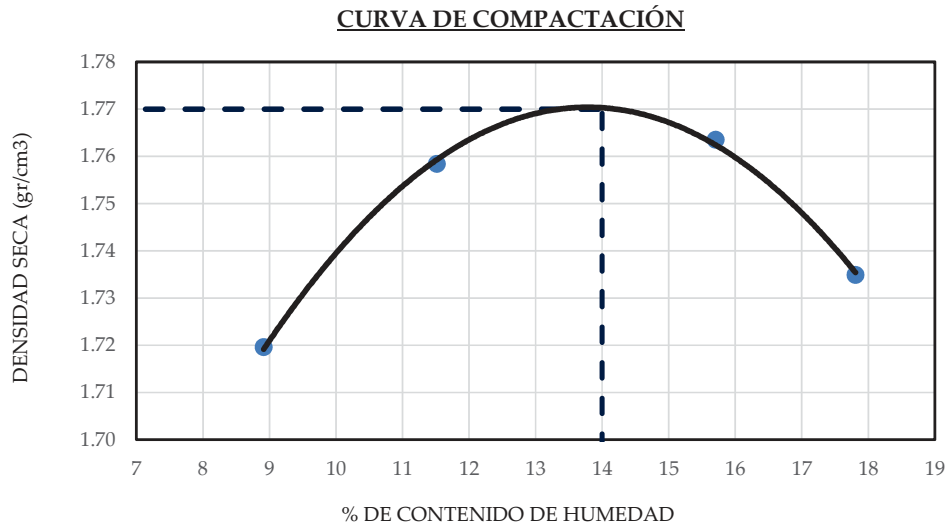


Figura 43 Relación de la Humedad vs Densidad Seca de la mezcla N° 2.

Fuente: Elaboración propia

Donde se obtiene que la Máxima Densidad Seca es 1.770 gr/cm³ y el Optimo Contenido de Humedad es 14.00 %.

b) Ensayo de Relación de Soporte de California - CBR (ASTM D-1883, NTP 339.145, MTC E 132:

Ensayo desarrollado con el objetivo de determinar la resistencia del suelo a nivel subrasante, compactado con los residuos del concreto y del ladrillo, a la penetración de un pistón de 2" de diámetro.

Ademas este ensayo se realizó sobre el suelo proveniente de la calicata N°8, previamente mezclado con el 55% de Residuo de Concreto y de manera independiente con el 32% de Residuo de Ladrillo, obtenidos en los ensayos de laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad.

b.1) Cálculo del método de la compactación:

Primero se trabajo con los materiales secos provenientes de la calicata N°8, residuo de concreto triturado y residuo de ladrillo triturado. Paso seguido se tamizó con la malla de 3/4" donde pasó el 100% de las muestras acumuladas, a continuación se preparo 3 muestras de 5 kilo de la calicata N°8 (45%) y del concreto triturado (55%), de igual manera para mezcla de la calicata N°8 (68%) y del ladrillo triturado (32%). Se registró las dimensiones de los moldes.

Tabla 33 Resumen de dosificación en peso del concreto y ladrillo sobre el suelo de la calicata N°8.

Cantidad	R. Concreto		Calicata N°8		Total	
	Peso (kg)	Porcentaje (%)	Peso (kg)	Porcentaje (%)	Peso (kg)	(%)
Mezcla N°1	2.75	55	2.25	45	5	100

Cantidad	R. Ladrillo		Calicata N°8		Total	
	Peso (kg)	Porcentaje (%)	Peso (kg)	Porcentaje (%)	Peso (kg)	(%)
Mezcla N°2	1.6	32	3.4	68	5	100

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Segundo con las muestras mezcladas ya disponibles y teniendo la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación, se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Tercero ya con el contenido de agua correspondiente a la óptima se vertió la muestra en los moldes formando 5 capas, con 56, 25 y 12 golpes por cada capa.

Cuarto una vez ya compactado se enrasa el molde y se procedió al pesado y registro de la misma, finalmente se sumergió en un recipiente grande lo suficiente para lograr la saturación de la muestra.

Equipos y materiales usados:

- Molde de 6 pulg. de diámetro (152.4mm)
- Pisón y barra enrasadora.
- Balanza electrónica.
- Material se emplea el que pasa por el tamiz N° 3/4" (19.1 mm).
- 5 capas de muestra.
- 56, 25 y 12 golpes por capa.
- Su uso se da cuando el 75% ó menos del peso del material pasa por el tamiz N° 3/4" (19.1 mm).

Tabla 34 Resultado del Método de Compactación para 45% de Calicata N°8 y el 55% de residuos de concreto.

1	N° RECIPIENTE	N°	4		5		6	
2	GOLPES POR CAPA	N°	56		25		12	
3	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		SECA	MOJADA	SECA	MOJADA	SECA	MOJADA
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2089		2087		2089	
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	9152		9046		8726	
6	PESO DEL MOLDE	gr	4865		4937		4921	
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	4287		4109		3805	
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	2.053		1.969		1.822	
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.808		1.732		1.604	

Fuente: Ensayo de laboratorio.

b.2) Cálculo del contenido de humedad:

Tabla 35 Resultado del Método de Compactación para 68% de Calicata N°8 y el 32% de residuo de ladrillo.

1	N° RECIPIENTE	N°	1		2		3	
2	GOLPES POR CAPA	N°	56		25		12	
3	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		SECA	MOJADA	SECA	MOJADA	SECA	MOJADA
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2089		2087		2089	
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	8224		8109		7942	
6	PESO DEL MOLDE	gr	4023		4096		4257	
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	4201		4013		3685	
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	2.011		1.923		1.764	
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.764		1.685		1.545	

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Primero ya registrado los moldes con la muestra compactada se tomó dos porción para registrarlo, paso seguido se puso al horno para su posterior pesado.

Segundo este ensayo se replicó a las tres muestras obtenidas de cada mezcla tanto del concreto y del ladrillo.

Equipos y materiales usados:

- Horno con control de temperatura (°C).
- Balanza con sensibilidad de 0.01 gr.
- Recipientes de aluminio o latón.

Tabla 36 Resultado del contenido de humedad de la Calicata N°8 y el 55% de concreto.

DESCRIPCIÓN			A		B		C	
1	N° RECIPIENTE	N°	N33	N310	N35	N13	N24	N34
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.55	11.87	11.35	11.38	11.35	9.45
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	74.68	64.68	85.36	76.35	89.65	98.65
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	67.21	58.35	76.41	68.58	80.24	88.06
5	W DEL AGUA	gr	7.47	6.33	8.95	7.77	9.41	10.59
6	W DEL SUELO SECO	gr	55.66	46.48	65.06	57.2	68.89	78.61
7	HUMEDAD	%	13.42	13.62	13.76	13.58	13.66	13.47
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	13.52		13.67		13.57	

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Tabla 37 Resultado del contenido de humedad de la Calicata N°8 y el 32% de ladrillo.

DESCRIPCIÓN			A		B		C	
1	N° RECIPIENTE	N°	N11	N36	N28B	N141	N27	N321
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.98	10.8	10.83	11.72	11.13	10.79
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	71.35	81.65	70.02	79.35	71.32	83.25
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	64.03	72.95	62.73	70.96	63.86	74.25
5	W DEL AGUA	gr	7.32	8.7	7.29	8.39	7.46	9
6	W DEL SUELO SECO	gr	52.05	62.15	51.9	59.24	52.73	63.46
7	HUMEDAD	%	14.06	14.00	14.05	14.16	14.15	14.18
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	14.03		14.10		14.16	

Fuente: Ensayo de laboratorio.

b.3) Cálculo de la expansión:

La expansión se calculó por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión. Para ello se contó con un trípode metálico por cada

molde, cuyas patas se apoyaron en el borde de éste, que llevo montado en el centro un calibre comparador con indicador de dial, con resolución de lectura 0,025 mm.

Primero Se coloca los moldes con sus respectivas cargas en el recipiente con agua.

Segundo se toma las lecturas iniciales de expansión, luego dejar sumergidas las probetas por 96 horas ya que se trata de suelos limosos con la adición del concreto y ladrillo triturado .

Tercero se tomó lectura cada 24 horas y paso a su registro.

Tabla 38 Resultado de expansión de la Calicata N°8 y el 55% de concreto.

FECHA	HORA	TIEMPO (HRS)	LECT. DIAL "	EXPANSIÓN		LECT. DIAL "	EXPANSIÓN		LECT. DIAL "	EXPANSIÓN	
				m.m	%		m.m	%		m.m.	%
13/09/2021	11:00	0.00	201.00	0.000	0.00	202.00	0.000	0.00	200.00	0.000	0.00
14/09/2021	11:00	24.00	202.00	0.025	0.02	203.00	0.051	0.04	205.00	0.102	0.09
15/09/2021	11:00	48.00	205.00	0.102	0.09	209.00	0.203	0.17	209.00	0.203	0.17
16/09/2021	11:00	72.00	206.00	0.127	0.11	209.00	0.203	0.17	209.00	0.203	0.17
17/09/2021	11:00	96.00	206.00	0.127	0.11	209.00	0.203	0.17	209.00	0.203	0.17

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Tabla 39 Resultado de expansión de la Calicata N°8 y el 32% de ladrillo.

FECHA	HORA	TIEMPO (HRS)	LECT. DIAL "	EXPANSIÓN		LECT. DIAL "	EXPANSIÓN		LECT. DIAL "	EXPANSIÓN	
				m.m	%		m.m	%		m.m.	%
13/09/2021	11:00	0.00	201.00	0.000	0.00	202.00	0.000	0.00	198.00	0.000	0.00
14/09/2021	11:00	24.00	203.00	0.051	0.04	207.00	0.152	0.13	203.00	0.051	0.04
15/09/2021	11:00	48.00	205.00	0.102	0.09	210.00	0.229	0.20	207.00	0.152	0.13
16/09/2021	11:00	72.00	205.00	0.102	0.09	210.00	0.229	0.20	207.00	0.152	0.13
17/09/2021	11:00	96.00	205.00	0.102	0.09	210.00	0.229	0.20	207.00	0.152	0.13

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Para el cálculo de la expansión se tomo la siguiente ecuación:

$$\%Expansion = \frac{L2 - L1}{127} \times 100 \quad (3.5)$$

Donde:

L1 = Lectura inicial en mm.

P2 = Lectura final en mm.

127 = Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde (5").

b.4) Cálculo de la penetración:

Primero Se colocó los moldes con sus respectivas sobrecargas que sea suficiente para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (10 lb), en el equipo de penetración.

Segundo se colocó una carga de 50N para asentar el pistón y se colocó en cero los diales de los marcadores.

Tercero se aplicó una carga de tal forma que el pistón penetró a una velocidad uniforme de 1,2 mm por minuto.

Cuarto finalmente se registro los valores de carga para las magnitudes de penetración indicadas en la norma, para definir la forma de la curva.

Tabla 40 Resultado de penetración de la Calicata N°8 y el 55% de concreto.

PISTON = 0.3"		MOLDE CON 56 GOLPES POR CAPA				MOLDE CON 25 GOLPES POR CAPA				MOLDE CON 12 GOLPES POR CAPA			
PENETRACIÓN		LECTURA	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGI DO (%)	LECTURA	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGI DO (%)	LECTURA	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGI DO (%)
mm = hrs	pulg	DEL DIAL (um)	Kg	Kgf/cm2		DEL DIAL (um)	Kg	Kgf/cm2		DEL DIAL (um)	Kg	Kgf/cm2	
0=0"	0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
0.64=30"	0.025	42	106	6		28	81	4		12	53	3	
1.27=1'	0.05	154	301	16		85	181	10		48	116	6	
1.91=1'30"	0.075	247	463	25		149	292	15		76	154	8	
2.54=2'	0.1	335	617	33	46.50	213	404	21	30.46	101	195	10	14.71
3.81=3'	0.15	463	840	45		305	564	30		124	249	13	
5.08=4'	0.2	564	1016	54	51.08	375	686	36	34.51	157	306	16	15.39
6.35=5'	0.25	703	1258	67		475	861	46		169	347	18	
7.62=6'	0.3	826	1473	78		553	997	53		186	387	21	
10.16=8'	0.4	943	1677	89		621	1115	59		219	414	22	

Fuente: Ensayo de laboratorio.



Figura 44 Penetración del suelo + 54% concreto - C.B.R.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41 Resultado de penetración de la Calicata N°8 y el 32% de ladrillo.

PISTON = 0.3"		MOLDE CON 56 GOLPES POR CAPA				MOLDE CON 25 GOLPES POR CAPA				MOLDE CON 12 GOLPES POR CAPA			
PENETRACIÓN		LECTURA DEL DIAL (um)	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGI DO (%)	LECTURA DEL DIAL (um)	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGI DO (%)	LECTURA DEL DIAL (um)	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGI DO (%)
mm = hrs	pulg		Kg	Kgf/cm2			Kg	Kgf/cm2			Kg	Kgf/cm2	
0=0"	0	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
0.64=30"	0.025	40	102	5		28	81	4		17	62	3	
1.27=1'	0.05	154	301	16		115	233	12		43	107	6	
1.91=1'30"	0.075	259	484	26		185	355	19		65	146	8	
2.54=2'	0.1	385	704	37	53.08	243	456	24	34.40	94	196	10	14.81
3.81=3'	0.15	542	978	52		336	618	33		126	252	13	
5.08=4'	0.2	654	1173	62	58.97	403	735	39	36.96	153	299	16	15.04
6.35=5'	0.25	801	1429	76		467	847	45		174	336	18	
7.62=6'	0.3	921	1638	87		512	925	49		189	362	19	
10.16=8'	0.4	1032	1832	97		542	978	52		195	372	20	

Fuente: Ensayo de laboratorio.

**Figura 45** Penetración del suelo + 30% ladrillo - C.B.R.

Fuente: Elaboración propia

Equipos y materiales usados:

- Un pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49.63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 0,005$ "") de diámetro, área de 19.35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas.
- Dos diales con recorrido de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001").
- Un uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

b.5) Determinación del CBR al 2.54 mm:

Para determinar el índice del CBR, **primero** se dibujó un gráfico que relaciona las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas).

Segundo, si la curva presenta puntos de inflexión, se traza una tangente en ese punto cortando el eje de abscisas en otro punto corregido, tomando como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.

Tercero, si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración.

Cuarto, De la curva se tomó los valores de esfuerzo-penetración para valores de 2,54 mm y 5,08 mm, y con estos datos se halla los valores de relación de soporte correspondientes las cuales dividimos los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1000lb/plg²) y 10,3 MPa (1500 lb/plg²) respectivamente, y multiplíquese por 100, además la relación de soporte presentada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración.

Resultados para el concreto triturado:

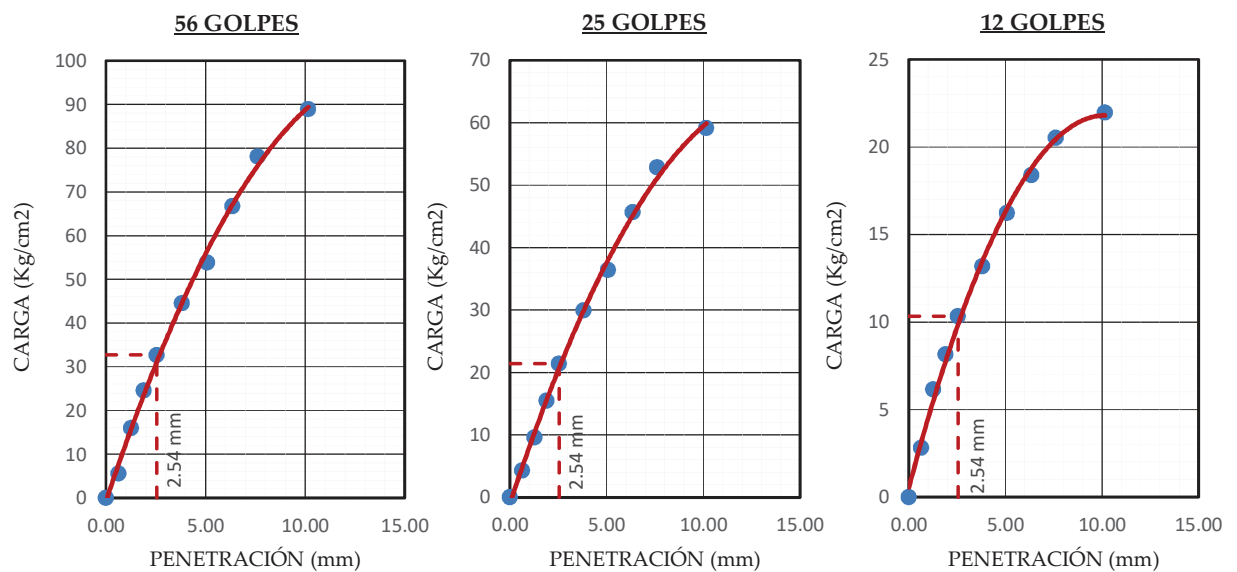


Figura 46 Representa el diagrama de la Carga (kg/cm²) vs Penetración (mm) de la Calicata N° 8 y el 55% de R. concreto.

Fuente: Elaboración propia

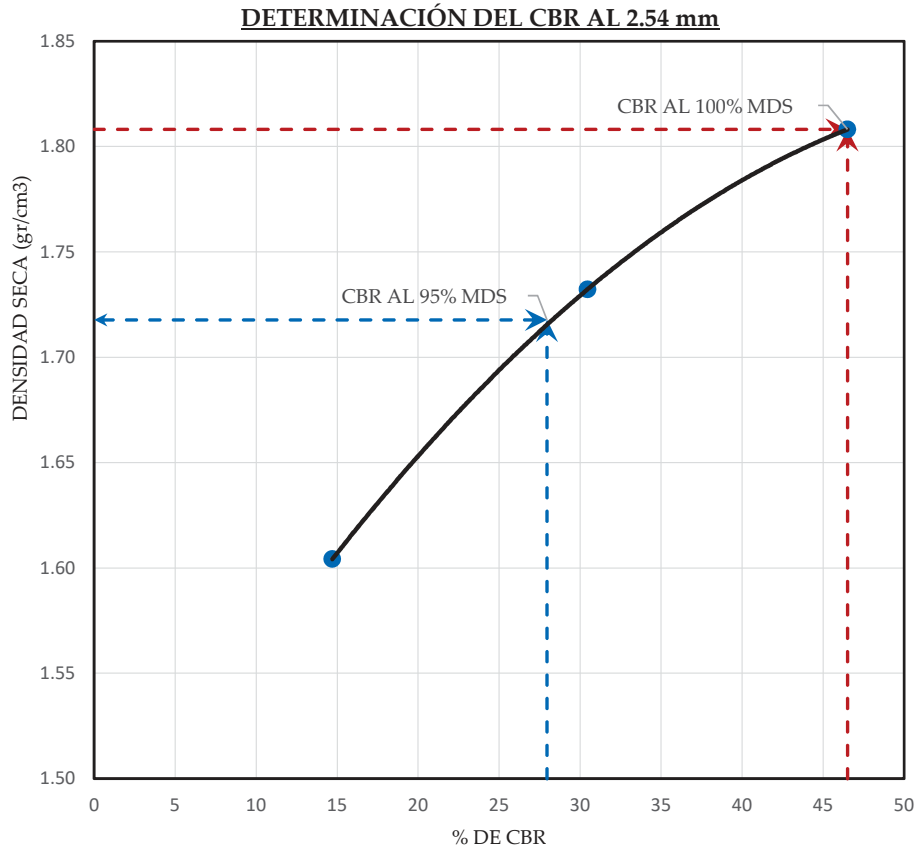


Figura 47 Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm³) de la Calicata N° 8 mas el 55% de R. concreto.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados tenemos que la Máxima Densidad Seca (M.D.S.) es 1.81 gr/cm³, el Optimo contenido de Humedad (O.C.H.) es 13.52%, el CBR al 100% de la M.D.S. es 46.50% y el CBR al 95% de la M.D.S. es 27.96%. En función a la tabla 6, nos da a conocer que la subrasante del suelo compuesto por el 45% de Calicata N° 8 y el 55% de concreto triturado, esta dentro de la **categoría Muy Buena**.

Resultados para el ladrillo triturado:

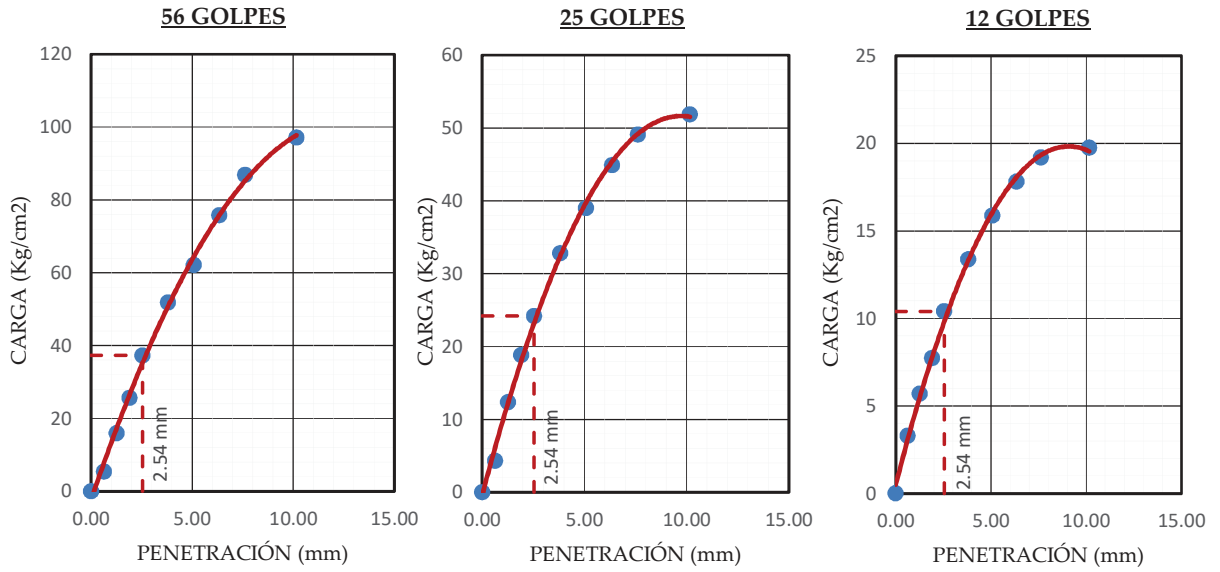


Figura 48 Representa el diagrama de la Carga (kg/cm²) vs Penetración (mm) de la Calicata N° 8 y el 32% de Residuo de ladrillo.
Fuente: Elaboración propia

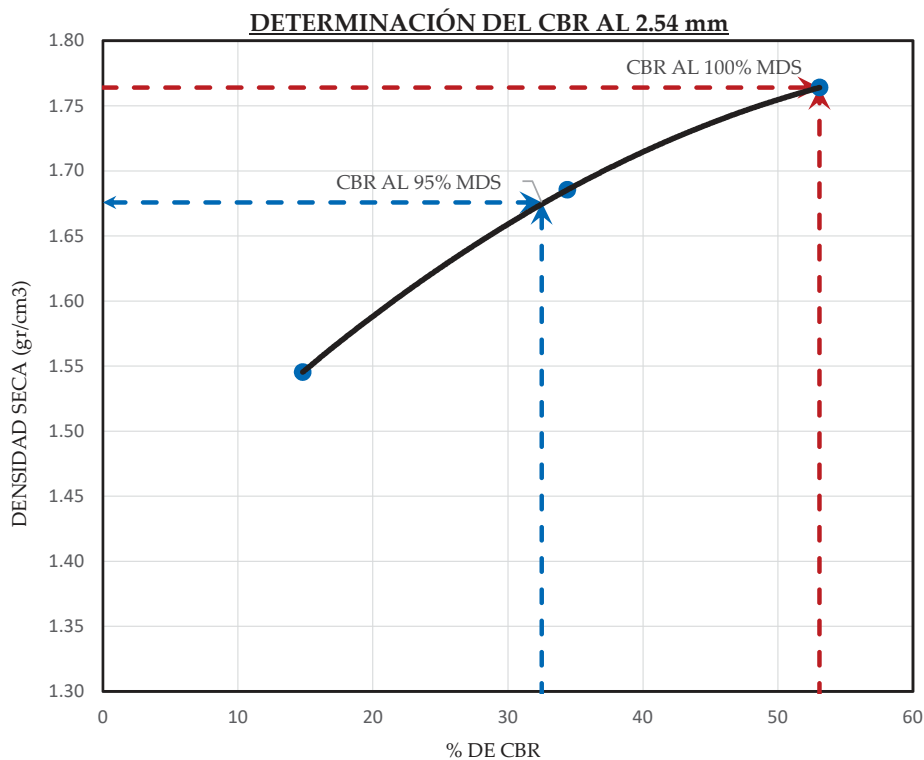


Figura 49 Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm³) de la Calicata N° 8 mas el 32% de Residuo de ladrillo.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados tenemos que la Maxima Densidad Seca (M.D.S.) es 1.76 gr/cm³, el Optimo contenido de Humedad (O.C.H.) es 14.03%, el CBR al 100% de la M.D.S. es 53.08% y el CBR al 95% de la M.D.S. es 32.50%. En

función a la tabla 6, nos da a conocer que la subrasante del suelo compuesto por el 68% la Calicata N° 8 y el 32% de ladrillo triturado, esta dentro de la **categoría Excelente**.

Por lo tanto en función a los resultados obtenidos de la muestra proveniente de la calicata N°8 y con las adiciones del residuo de ladrillo triturado y concreto triturado, logran tener una mayor estabilización del suelo.

3.8.5 Confiabilidad.

Para (Hernández et al., 2014) la confiabilidad se refiere “al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales”.(p.200).

En referencia a lo citado, en este proyecto se realizo los ensayos de: análisis granulométrico, límite de consistencia, clasificación del suelo, Compactación del suelo y CBR, a las 8 muestras tomadas de las diferentes calicatas ubicadas en el plano de ubicación de calicatas, donde se realizará la evaluación y su posterior mejoramiento con los residuos del concreto y ladrillo de acuerdo a los ensayos ya mencionados, respetando los protocolos y estándares que la Normas Técnicas Peruanas (N.T.P.) como lo amerita.

3.8.6 Validez.

Según (Hernández et al., 2014) la validez se refiere “al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir”.(p.200). La validez es un concepto del cual pueden tenerse diferentes tipos de evidencia: a) Evidencia relacionada con el contenido y b) Evidencia relacionada con el criterio.

1. **Evidencia relacionada con el contenido:** Esta referida “al grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide” (Hernández et al., 2014, p. 201). El dominio de contenido de una variable normalmente está definido o establecido por la literatura (teoría y trabajos antecedentes).

En concordancia a lo citado, para establecer el dominio de la variable *Adición de residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles*, se revisó 3 estudios de tesis sobre el concepto, comprendidos entre los años 2017-2020, tal como se describe en los antecedentes (Item 2.1), además se consideró Guías, Manuales y Reglamentos que regulan el procedimiento de laboratorio y de campo.

Por lo tanto, en función al antecedente que se tiene como base teórica se **evidencia la validez del contenido**.

- Evidencia relacionada con el criterio:** La validez de criterio de un instrumento de medición se establece “al comparar sus resultados con los de algún criterio externo que pretende medir lo mismo” (Hernández et al., 2014, p. 202). De acuerdo a lo citado, para establecer la validez de criterio se compara los resultados obtenidos en la presente investigación con las diferentes tesis descritas en el (Item 2.1).

A continuación se presenta una síntesis de los resultados obtenidos por los diferentes autores, con la **adición del ladrillo** al suelo en estudio:

Tabla 42 Síntesis de resultados de tesis realizadas por diferentes autores con adición de ladrillo.

Características	AÑO	AUTOR (A)	UBIGEO	AÑO	AUTOR (A)	UBIGEO	AÑO	AUTOR	UBIGEO	AÑO	AUTOR	UBIGEO
		2019	Pedro Becerra & Luis Gomez	Bogota, Colombia	2017	Greysi Guevara	Juliaca, Perú	2019	Raul Mamani	Juliaca, Perú	2021	Nilo Curi
TIPO DE SUELO		SIN ADICION	CON ADICION		SIN ADICION	CON ADICION		SIN ADICION	CON ADICION		SIN ADICION	CON ADICION
		Suelo arcilloso	20% RCD		Arena Limosa	7.5% Ladrillo		Suelo arcilloso	10% Ladrillo		Arena Limosa	32% Ladrillo
CBR 100%		3.87%	6.00%		45.00%	58.00%		32.10%	61.10%		27.43%	53.08%
CBR 95%		3.68%	4.00%		35.00%	43.00%		25.30%	53.40%		14.50%	32.50%

Fuente: Ensayo de laboratorio.

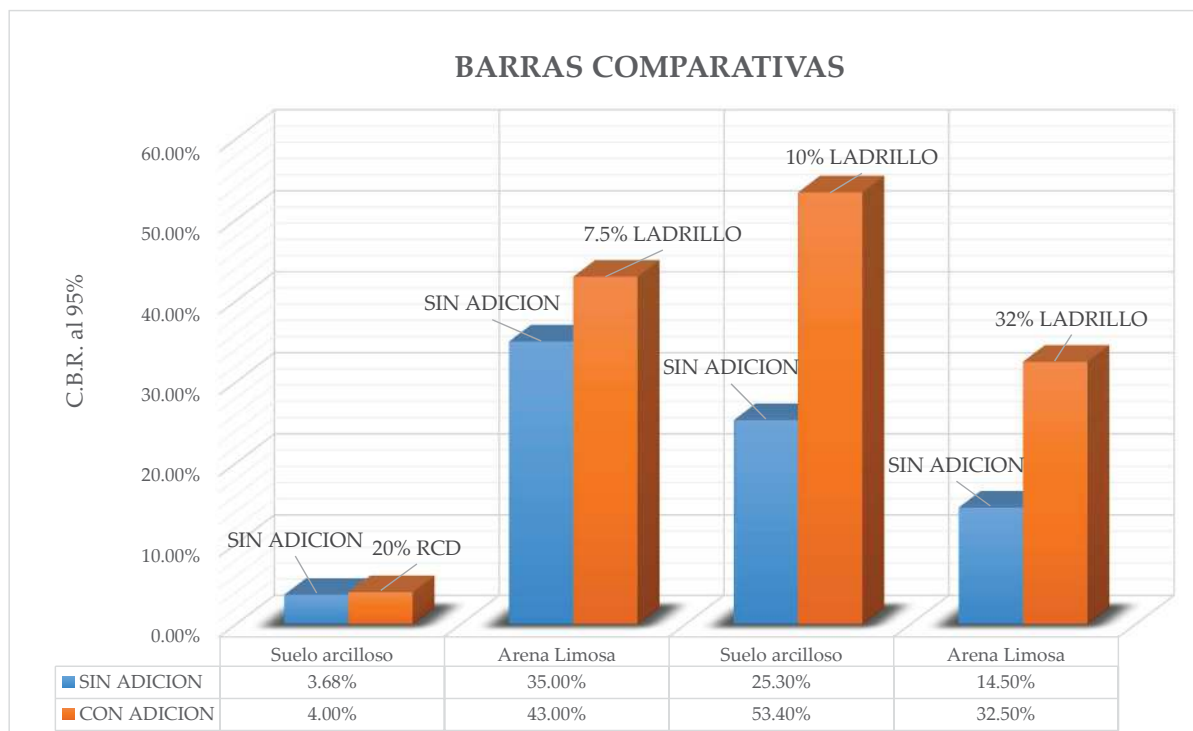


Figura 50 Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm³) de la Calicata N° 8 mas el 32% de residuo de ladrillo.

Fuente: Elaboración propia

Donde se observa la tendencia positiva de mejoramiento de las propiedades físicas que tiene los suelos al adicionarles porcentajes de residuo de ladrillo, de acuerdo a los resultados obtenidos al 95% del C.B.R.

Paso seguido, se presenta una síntesis de los resultados obtenidos por los diferentes autores, con la **adición del concreto** al suelo en estudio:

Tabla 43 Síntesis de resultados de tesis realizadas por diferentes autores con adición de concreto.

Características	AÑO	AUTOR	UBIGEO	AÑO	AUTOR	UBIGEO
		2019	Raul Mamani	Juliaca, Perú	2021	Nilo Curi
TIPO DE SUELO		SIN ADICION	CON ADICION		SIN ADICION	CON ADICION
		Suelo arcilloso	10% Concreto		Arena Limosa	55% Concreto
CBR 100%		32.10%	65.70%		27.43%	46.50%
CBR 95%		25.30%	57.40%		14.50%	27.96%

Fuente: Ensayo de laboratorio.

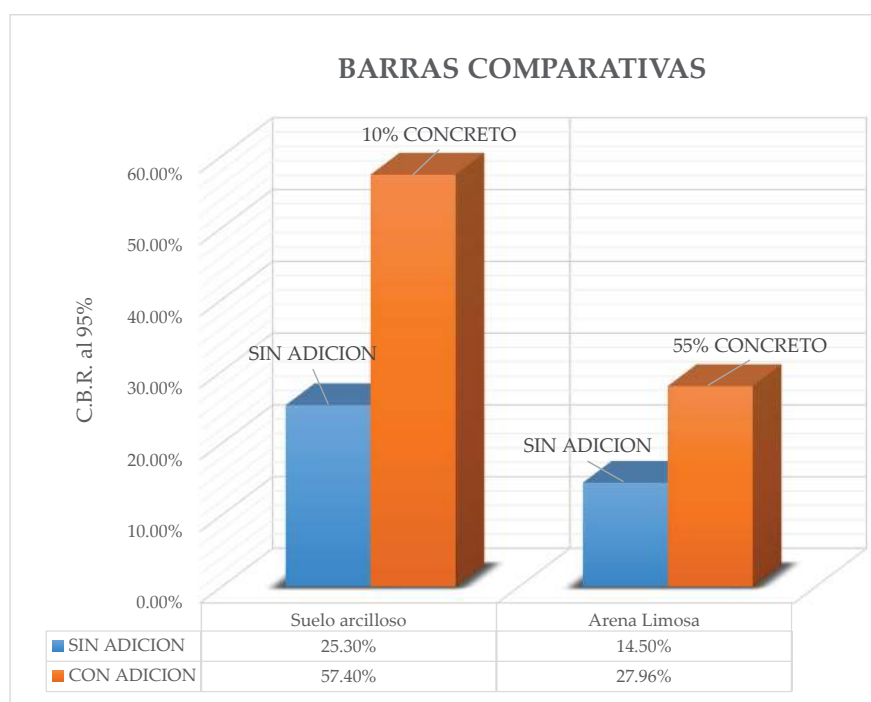


Figura 51 Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm^3) de la Calicata N° 8 mas el 55% de concreto.

Fuente: Elaboración propia

Donde se observa la tendencia positiva del mejoramiento de las propiedades físicas

que tiene los suelos al adicionarles porcentajes de concreto, de acuerdo a los resultados obtenidos al 95% del C.B.R.

Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos por los diferentes autores, se establece la tendencia positiva que sufren los suelos al ser incorporado porcentajes de residuos del ladrillo y del concreto, *evidenciando así la validez de criterio* que se tomó al trabajar con los materiales del ladrillo y concreto triturado.

Capítulo IV

Resultados

4.1 Geomorfología y geología

En la zona de estudio esta presente pendientes suaves a un poco accidentadas, con la presencia total de viviendas a los alrededores. No habiéndose notado problemas de geodinámica externa que pudieran afectar considerablemente la funcionalidad de las estructuras. Por otro lado la geología local esta presente las rocas de origen sedimentario y volcánico cuyas edades oscilan entre el Tercio Superior y el Cuaternario reciente y la unidad litológica predominante es la Arenisca Tobacea.

4.2 Perfil estratigráfico

De acuerdo a la información recopilada en los trabajos de campo (calicata), observación de las calicatas y de los ensayos de laboratorio, se establecieron los perfiles estratigráficos (ver anexo C), en la cual se describe la muestra proveniente de la calicata N° 8, siendo esta la muestra de trabajo para cumplir las metas del proyecto, la cual describimos así:

- **CALICATA C8, JR JORGE BASADRE** : De 0.00 m a 0.20 m de cobertura con una coloracion beige oscuro, conformada por limo orgánico con abundante cantidad de arena muy fina y en con poca cantidad de grava, ademas se tiene presencia de raices incipientes.

De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depositos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un SM y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-4 (2). Se presenta escasa precencia de grava (3.29%), moderada cantidad de arena (52.35%) y en su mayoria cantidad de finos (44.35%), la precencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja

plasticidad (límite líquido 29.68%, índice plástico 1.97%; lo que indica que la fracción fina continen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).

Se observa la ausencia visible de agua, con una cementación y cohesión baja, la compacidad en el momento de la auscultación es casi firme ($LP < W$), el terreno se podría considerar de estructura homogénea , tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando está húmeda, da talud vertical con un grado de estabilidad de paredes estable.

NIVEL FREÁTICO: A la profundidad de excavación de 1.50 m, NO se encuentra el nivel freático.

4.3 Contrastación de hipótesis

Para la contrastación de hipótesis se utilizará la prueba estadística *t de Student para muestras relacionadas*, ya que cumple las siguientes características para nuestra investigación:

- Compara las características de una población con distribución normal, usando una sola muestra pero en circunstancias distintas.
- Compara las diferencias entre 2 variables numéricas (Antes - Después) a un mismo grupo, en dos momentos temporalmente distinto.

La fórmula esta definida por:

Hipótesis Unilateral con cola a la derecha

$$H_0 : u_d \leq 0,$$

$$H_1 : u_d > 0.$$

$$t = \frac{\bar{d}}{Sd/\sqrt{n}} \quad (4.1)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{(di - d)^2}{n - 1}} \quad (4.2)$$

Donde:

- t : Estadístico de prueba t calculado.
- \bar{d} : Promedio de las diferencias.
- Sd : Desviación estándar de las diferencias.
- n : Grado de libertad o número de datos.

Que sigue una distribución t con $n-1$ grados de libertad.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) si: $t > t_{(1-\alpha).(n-1)}$ (valor crítico)

4.3.1 Contratación de hipótesis específica a):

Según la hipótesis específica (a); “Los residuos del concreto de la construcción y demolición de obras civiles mejoraría significativamente la resistencia admisible de los suelos arenosos a nivel subrasante”.

a) Planteamiento de Hipótesis.

$H_0 : u_d \leq 0$: No hay mejoramiento significativo de la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante con la adición de los residuos del concreto.

$H_1 : u_d > 0$: Hay mejoramiento significativo de la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante con la adición de los residuos del concreto.

b) Nivel de significancia.

$\alpha = 0.05$; Nivel de error al 5% y 95% de confianza en la investigación.

c) Prueba estadística.

Tabla 44 Síntesis de resultados de los ensayos de Prócto Modificado para diferentes % de adición de Residuo de concreto.

SUELO	ARENA LIMOSA			
MUESTRA	ENSAYO (Procto Modificado)	SIN ADICION	CON ADICION DE CONCRETO	DIFERENCIA
Calicata N°8 + 25% R. Concreto	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.58	1.68	0.1
Calicata N°8 + 50% R. Concreto	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.58	1.8	0.22
Calicata N°8 + 75% R. Concreto	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.58	1.768	0.188
Calicata N°8 + 55% R. Concreto	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.58	1.805	0.225

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Aplicando la ecuación (4.1) y (4.2), tenemos:

- $t = 6.33317966$
- $\bar{d} = 0.18325$
- $Sd = 0.058$
- $n = 4$

d) Región de rechazo y aceptación.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) si: $t > t_{(1-\alpha).(n-1)}$ (valor crítico)

Calculando el Valor crítico:

$$gl = (n-1) = 3$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (nivel de significancia)}$$

Tenemos que:

$$6.33317966 = t > t_{(1-\alpha).(n-1)} = 2.131846 \text{ (valor crítico } t_c)$$

$$p\text{-valor} = 0.00398022 \text{ (Probabilidad asociada a } t)$$

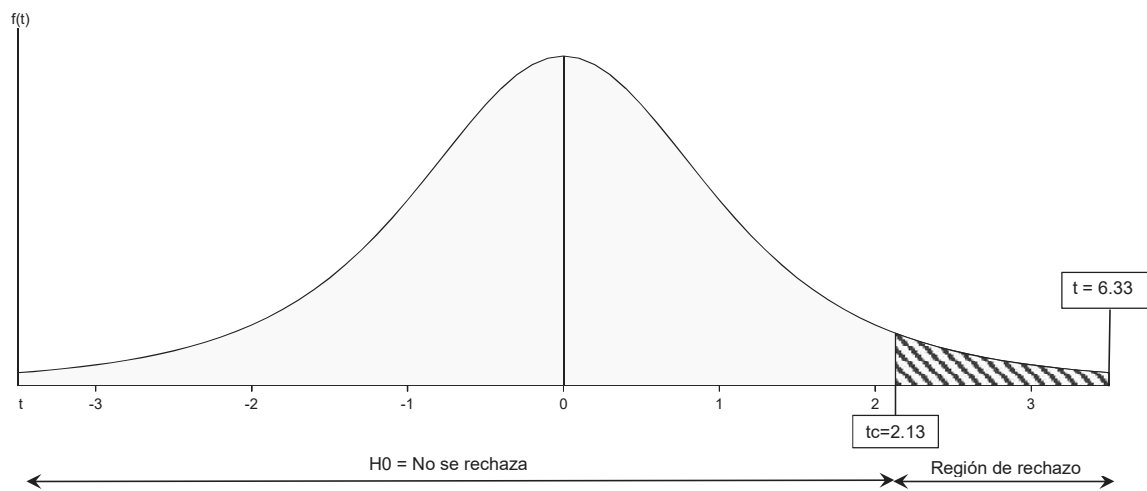


Figura 52 Campana de Gauss - prueba Unilateral con cola a la derecha para la Hipótesis específica (a)

Fuente: Elaboración propia

e) **Decisión.**

Como $t > t_c$, No se debe aceptar la hipótesis Nula H_0 .

f) **Conclusión.**

Se concluye que, hay un mejoramiento significativo de la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante con la adición de los residuos del concreto provenientes de la construcción y demolición de obras civiles.

4.3.2 Contratación de hipótesis específica b):

Según la hipótesis específica (b); “Los residuos del ladrillo de la construcción y demolición de obras civiles mejoraría significativamente la resistencia admisible de los suelos arenosos a nivel subrasante”.

a) **Planteamiento de Hipótesis.**

$H_0 : u_d \leq 0$: No hay mejoramiento significativo de la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante con la adición de los residuos del ladrillo.

$H_1 : u_d > 0$: Hay mejoramiento significativo de la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante con la adición de los residuos del ladrillo.

b) **Nivel de significancia.**

$\alpha = 0.05$; Nivel de error al 5% y 95% de confianza en la investigación.

c) **Prueba estadística.**

Tabla 45 Síntesis de resultados de los ensayos de Prócto Modificado para diferentes % de adición de ladrillo.

SUELO	ARENA LIMOSA			
	ENSAYO (Procto Modificado)	SIN ADICION	CON ADICION DE LADRILLO	DIFERENCIA
Calicata N°8 + 12.5% R. Ladrillo	Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	1.58	1.71	0.13
Calicata N°8 + 25% R. Ladrillo	Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	1.58	1.76	0.18
Calicata N°8 + 50% R. Ladrillo	Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	1.58	1.715	0.135
Calicata N°8 + 32% R. Ladrillo	Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	1.58	1.77	0.19

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Aplicando la ecuación (4.1) y (4.2), tenemos:

- $t = 10.3580041$
- $\bar{d} = 0.15875$
- $Sd = 0.031$
- $n = 4$

d) **Región de rechazo y aceptación.**

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) si: $t > t_{(1-\alpha).(n-1)}$ (valor crítico)

Calculando el Valor crítico:

$$gl = (n-1) = 3$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (nivel de significancia)}$$

Tenemos que:

$$10.3580041 = t > t_{(1-\alpha).(n-1)} = 2.131846 \text{ (valor crítico } t_c)$$

$$p\text{-valor} = 0.00095991 \text{ (Probabilidad asociada a } t)$$

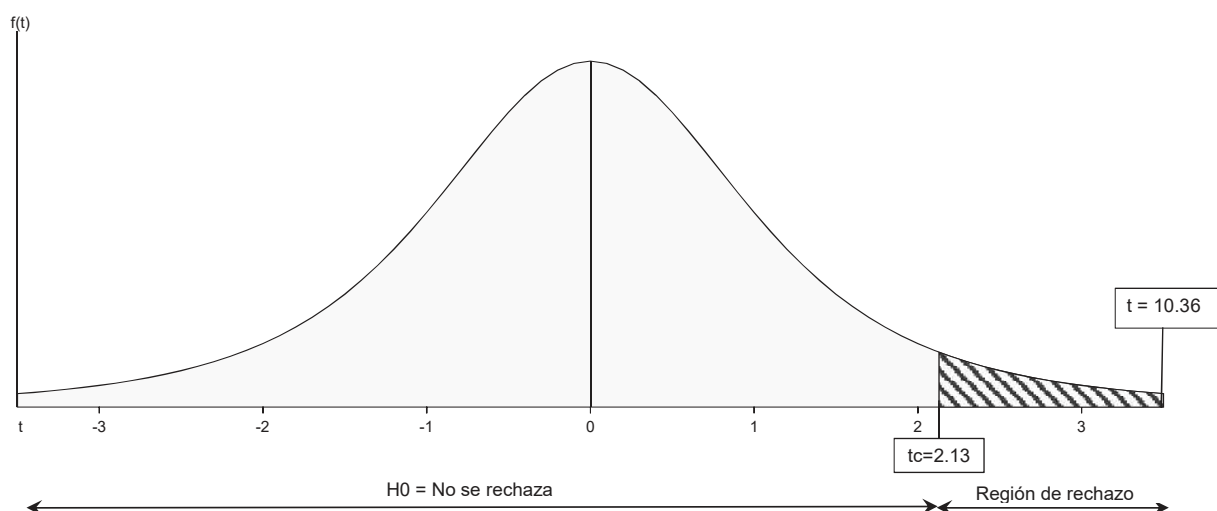


Figura 53 Campana de Gauss - prueba Unilateral con cola a la derecha para la Hipótesis específica (b)

Fuente: Elaboración propia

e) **Decisión.**

Como $t > t_c$, No se debe aceptar la hipótesis Nula H_0 .

f) **Conclusión.**

Se concluye que, hay un mejoramiento significativo de la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante con la adición de los residuos del ladrillo provenientes de la construcción y demolición de obras civiles.

4.3.3 Contratación de hipótesis específica c):

Según la **hipótesis específica (c)**; “El óptimo porcentaje de adición con los residuos provenientes de la construcción y demolición de obras civiles mejoran la resistencia admisible de los suelos arenosos a nivel subrasante”.

a) **Planteamiento de Hipótesis.**

$H_0 : u_d \leq 0$: No hay influencia significativa de la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante el porcentaje de adición con residuos de la demolición de edificaciones.

$H_1 : u_d > 0$: Hay influencia significativa de la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante el porcentaje de adición con residuos de la demolición de edificaciones.

b) **Nivel de significancia.**

$\alpha = 0.05$; Nivel de error al 5% y 95% de confianza en la investigación.

c) Prueba estadística.

Tabla 46 Síntesis de resultados de los ensayos de Prócto Modificado para diferentes % de adición de los residuos de la demolición.

SUELO	ARENA LIMOSA			
	ENSAYO (Procto Modificado)	SIN ADICION	CON ADICION DE RESIDUOS	DIFERENCIA
Calicata N°8 + 25% R. Concreto	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.58	1.68	0.1
Calicata N°8 + 50% R. Concreto	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.58	1.8	0.22
Calicata N°8 + 75% R. Concreto	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.58	1.768	0.188
Calicata N°8 + 55% R. Concreto	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.58	1.805	0.225
Calicata N°8 + 12.5% R. Ladrillo	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.58	1.71	0.13
Calicata N°8 + 25% R. Ladrillo	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.58	1.76	0.18
Calicata N°8 + 50% R. Ladrillo	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.58	1.715	0.135
Calicata N°8 + 32% R. Ladrillo	Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	1.58	1.77	0.19

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Aplicando la ecuación (4.1) y (4.2), tenemos:

- $t = 10.7895869$
- $\bar{d} = 0.171$
- $Sd = 0.045$
- $n = 8$

d) Región de rechazo y aceptación.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) si: $t > t_{(1-\alpha).(n-1)}$ (valor crítico)

Calculando el Valor crítico:

$$gl = (n-1) = 7$$

$$\alpha = 0.05 \text{ (nivel de significancia)}$$

Tenemos que:

$$10.7895869 = t > t_{(1-\alpha).(n-1)} = 1.85954 \text{ (valor crítico } t_c)$$

$$p\text{-valor} = 0.0000065 \text{ (Probabilidad asociada a } t)$$

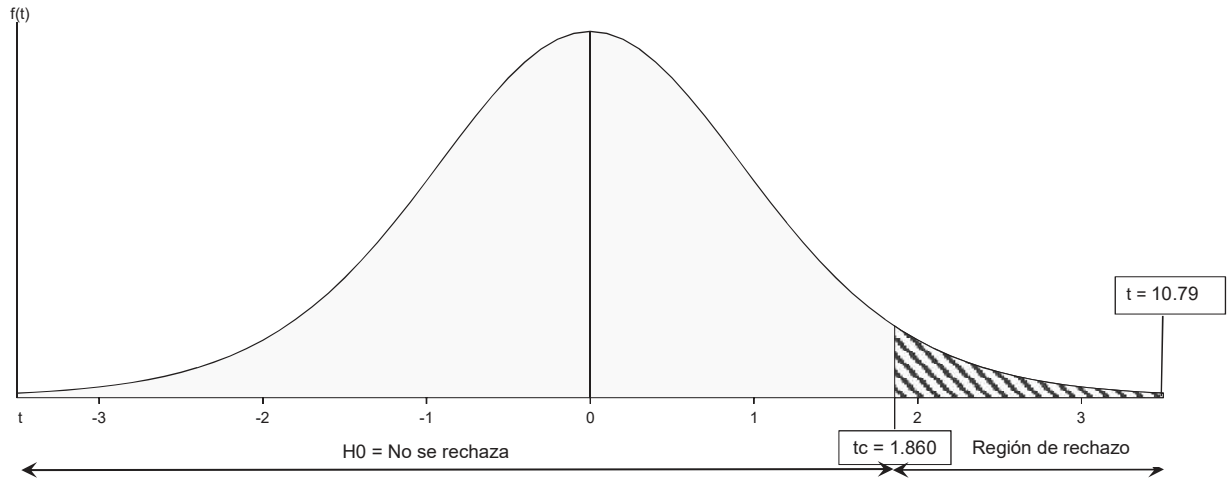


Figura 54 Campana de Gauss - prueba Unilateral con cola a la derecha para la Hipótesis específica (c)

Fuente: **Elaboración propia**

e) Decisión.

Como $t > t_c$, No se debe aceptar la hipótesis Nula H_0 .

f) Conclusión.

Se concluye que, sí influye significativamente en la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante el porcentaje de adición con residuos provenientes de la construcción y demolición de obras civiles.

4.4 Análisis e interpretación.

4.4.1 Análisis del óptimo porcentaje de adición de residuo de concreto y del ladrillo.

Para esta investigación el óptimo porcentaje de adición de los residuos del concreto y ladrillo triturados, planteada como hipótesis específica (Item 3.5.2 /c), llega a las siguientes resultados:

1. Análisis para residuos del concreto triturado

Mediante el ensayo de Prócto Modificado se determinó las máximas densidades secas (M.D.S.), para los diferentes porcentajes de mezclas del residuo de concreto y de muestra proveniente de la calicata N°8, cabe señalar que se determinó usar la muestra proveniente de la calicata N°8, ya que en función a las demás muestras esta representa

un suelo de baja resistencia admisible tal como se determinó en los ensayos ítem 3.8.4.1/ d-d.3 .

Teniendo en consideración los resultados obtenidos de los ensayos realizados en los ítem 3.8.4.4/ a, tenemos el siguiente cuadro, donde presentamos los porcentajes del concreto y muestra de la calicata N°8, así como la M.D.S de cada mezcla.

Tabla 47 Resultado de la Máxima Densidad Seca en función al porcentaje de residuo de concreto y muestra de la calicata N°8.

Cantidad	R. Concreto	Calicata N°8	Total	M.D.S.
	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)	(%)	gr/cm ³
Mezcla N°1	25	75	100	1.68
Mezcla N°2	50	50	100	1.80
Mezcla N°3	75	25	100	1.77

Fuente: Ensayo de laboratorio.

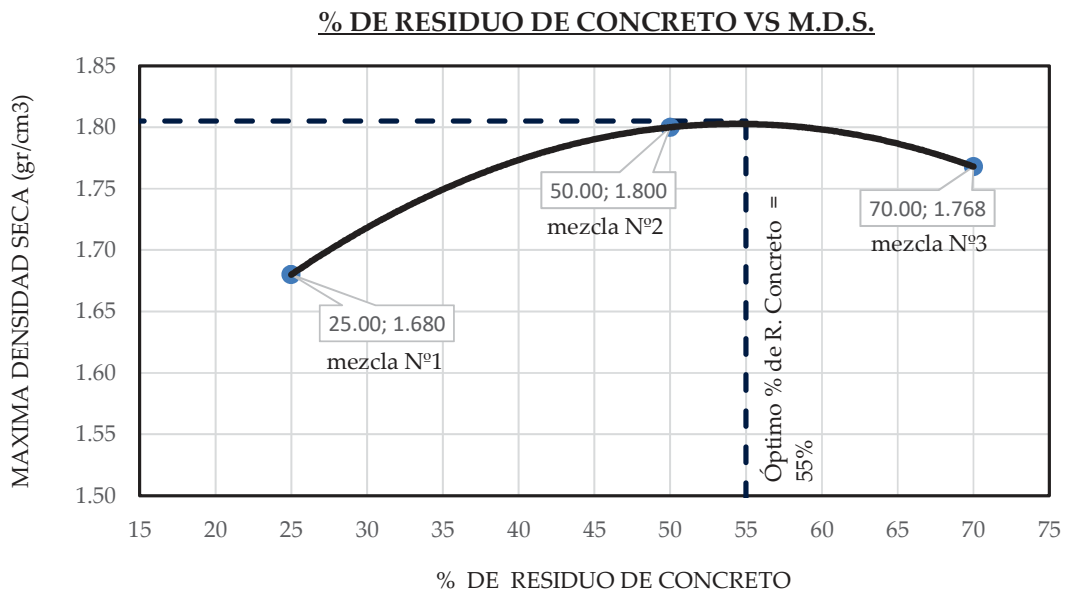


Figura 55 Representa la relación del porcentaje del residuo de concreto vs Densidad Máxima Seca de las mezcla.

Fuente: Elaboración propia

Mediante el gráfico se obtiene que el Óptimo Contenido de Concreto es el 55.00 %.

Por lo tanto en función a los resultados obtenidos se concluye que, trabajando con el 55% del residuo de concreto triturado, el suelo de la calicata N°8 alcanza una mayor estabilización a nivel subrasante.

2. Análisis para residuos del ladrillo triturado

Que mediante el ensayo de laboratorio Prócto Modificado, se determinó las máximas densidades secas (M.D.S.), para los diferentes porcentajes de mezclas del residuo de

ladrillo y de muestra proveniente de la calicata N°8, cabe señalar que se determinó usar la muestra proveniente de la calicata N°8, ya que en función a las demás muestras, esta representa un suelo de baja resistencia admisible tal como se determinó en los ensayos ítem 3.8.4.1/ d-d.3 .

Tomando en consideración los resultados obtenidos de los ensayos realizados en los ítem 3.8.4.4/ c, tenemos el siguiente cuadro, donde presentamos los porcentajes del ladrillo y muestra de la calicata N°8, así como la M.D.S de cada mezcla.

Tabla 48 Resultado de la Máxima Densidad Seca en función al porcentaje de ladrillo y muestra de la calicata N°8.

Cantidad	R. Ladrillo	Calicata N°8	Total	M.D.S.
	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)	(%)	gr/cm3
Mezcla N°1	12.5	87.5	100	1.71
Mezcla N°2	25	75	100	1.76
Mezcla N°3	50	50	100	1.72

Fuente: Ensayo de laboratorio.

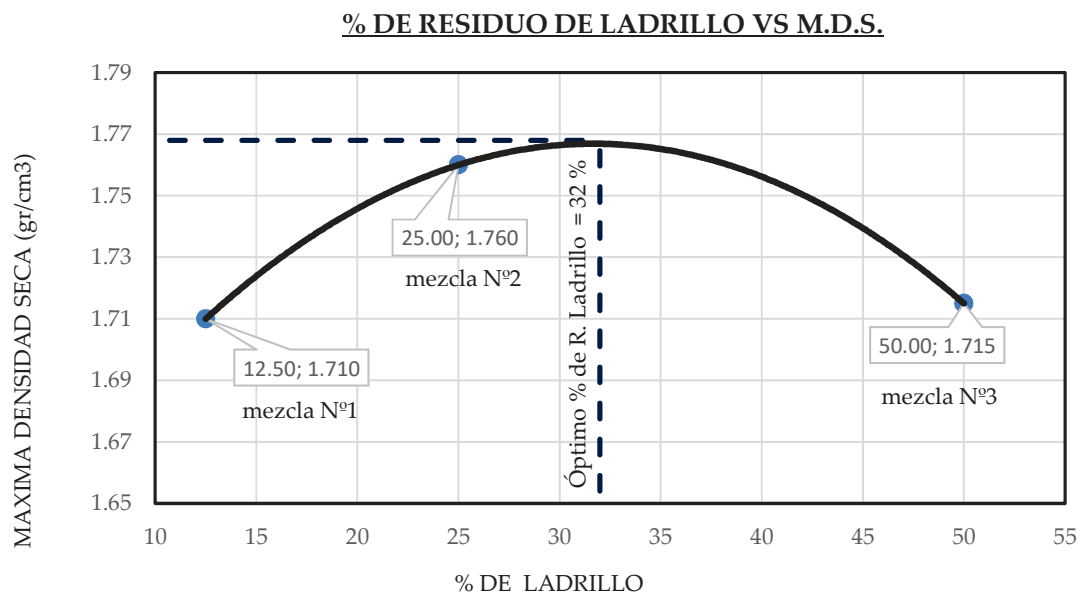


Figura 56 Representa la relación del porcentaje de ladrillo vs Densidad Máxima Seca de las mezcla.
Fuente: Elaboración propia

Mediante el gráfico se obtiene que el Óptimo Contenido de ladrillo es el 32.0 %.

Por lo tanto en función a los resultados obtenidos se concluye que, trabajando con el 32% del residuo de ladrillo triturado, el suelo de la calicata N°8 alcanza una mayor estabilización a nivel subrasante.

En general, esta evidenciado en los ensayos realizados que los porcentajes utilizados dan resultados positivos en la estabilización del suelo. Además califico e interpreto que esta

investigación ha alcanzado un logro de eficiencia en la estabilización de los suelos arenosos como es en nuestro caso.

4.4.2 Análisis de la resistencia admisible del suelo con adición del residuo de concreto.

Para esta investigación la resistencia admisible del suelo con adición del óptimo porcentaje de los residuos del concreto triturado, planteada como hipótesis específica (Item 3.5.2 /a), llega a los resultados siguientes:

Que mediante el ensayo Prócto Modificado se determinó las máximas densidades secas (M.D.S.), para los diferentes porcentajes de mezclas con residuos de concreto y la muestra de la calicata N°8, llegando a la conclusión de trabajar con el 55% de concreto triturado ya que alcanza la Máxima Densidad Seca de 1.805 gr/cm³ y un Óptimo contenido de Humedad igual a 13.50%.

Ahora en consideración a los resultados obtenidos mediante el ensayo de CBR realizado en los items 3.8.4.1/ e, y 3.8.4.5/ a, tenemos el siguiente cuadro, donde presentamos los resultados de los ensayos con y sin porcentajes de adición con residuo del concreto triturado mezclados con la muestra de la calicata N°8.

Tabla 49 Resultado del cálculo de compactación de la muestra C-8, C/S adición del 55% de residuo del concreto.

1	Nº RECIPIENTE	Nº	1		2		3	
2	GOLPES POR CAPA	Nº	12		25		56	
3	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		SIN % DE CONCRETO	CON 55% DE R.CONCRETO	SIN % DE CONCRETO	CON 55% DE R.CONCRETO	SIN % DE CONCRETO	CON 55% DE R.CONCRETO
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2089	2089	2087	2087	2089	2089
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	8490	8726	8843	9046	8897	9152
6	PESO DEL MOLDE	gr	4921	4921	4937	4937	4867	4865
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3569	3805	3906	4109	4030	4287
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.709	1.822	1.872	1.969	1.930	2.053
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.485	1.604	1.595	1.732	1.663	1.808

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Tabla 50 Resultado del cálculo de contenido de humedad de la muestra C-8, con y sin porcentaje del residuo de concreto.

GOLPES POR CAPA	Nº	12		25		56	
DESCRIPCIÓN		SIN % DE CONCRETO	CON 55% DE R.CONCRETO	SIN % DE CONCRETO	CON 55% DE R.CONCRETO	SIN % DE CONCRETO	CON 55% DE R.CONCRETO
PROMEDIO HUMEDAD	%	15.07	13.57	17.34	13.67	16.04	13.52

Fuente: Ensayo de laboratorio.

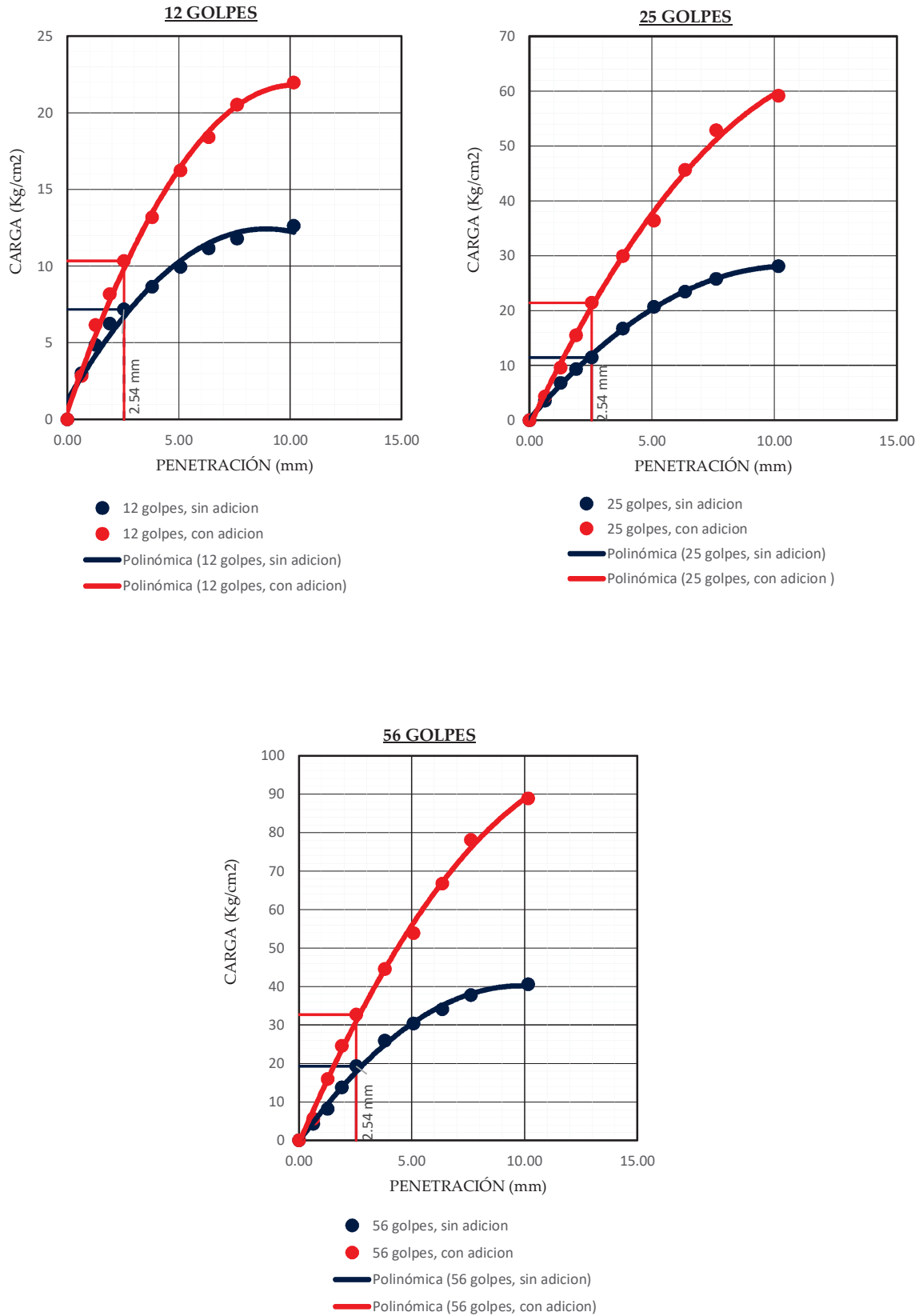


Figura 57 Representa el diagrama de la Carga (kg/cm²) vs Penetración (mm) de la Calicata N° 8 c/s el 55% residuo de concreto.

Fuente: Elaboración propia

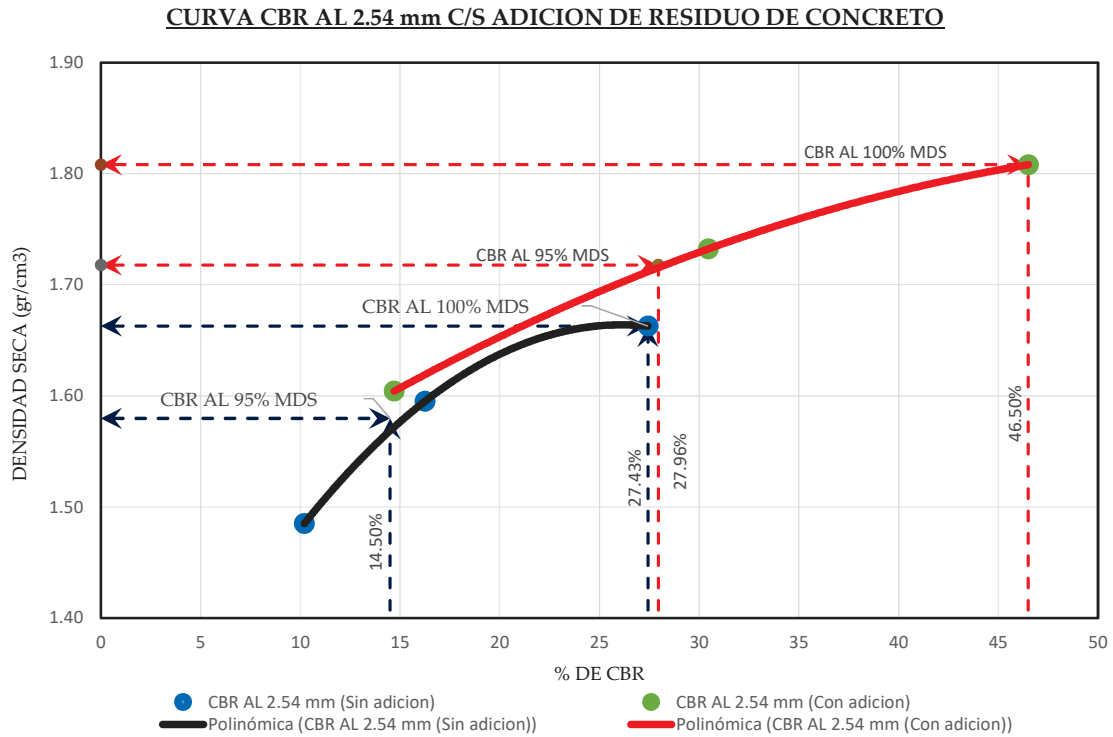


Figura 58 Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm³) de la Calicata N° 8 c/s el 55% residuo de concreto.
 Fuente: Elaboración propia

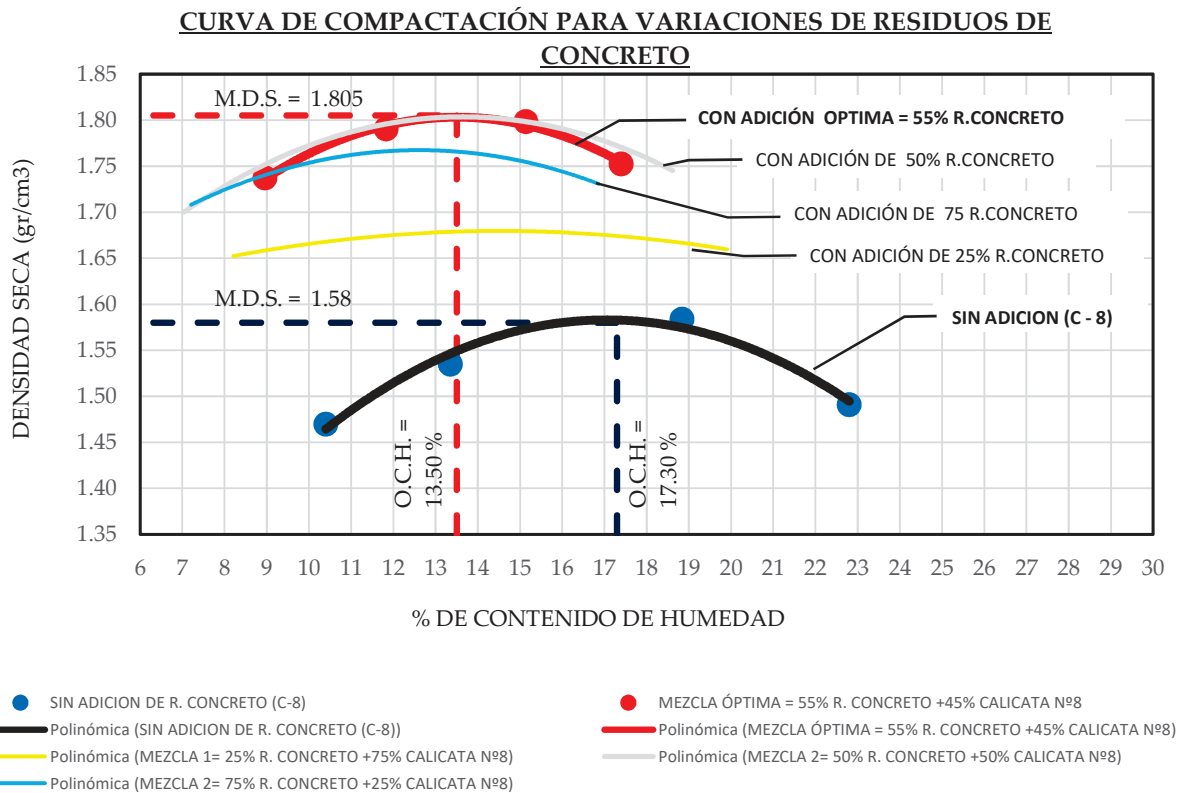


Figura 59 Relación de la Humedad vs Densidad Seca para las diferentes mezclas con residuo de concreto.
 Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico se obtiene los siguientes valores:

Tabla 51 Resultado comparativo del CBR de la muestra (calicata N° 8) c/s el 55% del residuo de concreto.

RESULTADOS ENSAYO CBR	CALICATA N°8	CALICATA N°8 + 55% R. CONCRETO
MAXIMA DENSIDAD SECA AL 100% (gr/cm ³)	1.66	1.81
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.04	13.52
MAXIMA DENSIDAD SECA AL 95% (gr/cm³)	1.58	1.72
CBR AL 100% DE MAX. DENS. SECA (%)	27.43	46.50
CBR AL 95% DE MAX. DENS. SECA (%)	14.50	27.96
CBR (%)	10% =< 14.50 % < 20%	20% =< 27.96 % < 30%
CATEGORIA DE SUB RASANTE	Sub rasante buena	Sub rasante muy buena

Fuente: Ensayo de laboratorio.

De acuerdo a los resultado tenemos que, la mayor densidad que alcanza el suelo a nivel subrasante de la calicata N° 8 con la adición del 55% de residuo de concreto, al ser compactada a la humedad óptima de 13.52% es de 1.81 gr/cm³, que en comparación con la máxima densidad seca del suelo en estado natural (C-8) que es de 1.66 gr/cm³, hecho que conlleva a las propiedades físicas y mecánicas de los residuos del concreto mejoran las características ingenieriles del suelo, asegurando la obtención de suelos mas estables.

Ademas, mediante el ensayo de CBR se obtuvo el número de la relación de soporte el suelo a nivel subrasante de la calicata N° 8 que es 14.50% del CBR al 95% de la M.D.S., y con la adición del 55% de residuo de concreto alcanza un 27.96% del CBR al 95% de la M.D.S. lo que indica que la resistencia admisible al esfuerzo de corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada sea favorable, llevando de la categoría de Subrasante Buena a Subrasante Muy Buena, de acuerdo a la tabla 6.

Por lo tanto en función a los resultados obtenidos se observa, que las propiedades físicas y mecánicas de los residuos del concreto influyen positivamente en la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante.

4.4.3 Análisis de la resistencia admisible del suelo con adición del residuo de ladrillo.

En esta investigación la resistencia admisible del suelo con adición del óptimo porcentaje de los residuos del ladrillo triturado, planteada como hipótesis específica (Item 3.5.2 /b), llevo a las siguientes resultados:

Que mediante el ensayo de laboratorio Prócto Modificado, se determinó las máximas

densidades secas (M.D.S.), para los diferentes porcentajes de mezclas del concreto y de muestra proveniente de la calicata N°8, llegando a la conclusión de trabajar con el 32% de ladrillo triturado ya que alcanza la Máxima Densidad Seca de 1.77 gr/cm³ y un Óptimo Contenido de Humedad igual a 14.0%.

Ademas tomando en consideración los resultados obtenidos de los ensayos de CBR realizado en los items 3.8.4.1/ e, y 3.8.4.5/ a, tenemos el siguiente cuadro, donde presentamos los resultados de los ensayos con y sin porcentajes del ladrillo mezclados con la muestra de la calicata N°8.

Tabla 52 Resultado del cálculo de compactación de la muestra C-8, C/S adición del 32% de residuo del ladrillo.

1	Nº RECIPIENTE	Nº	1		2		3	
2	GOLPES POR CAPA	Nº	12		25		56	
3	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		SIN % DE LADRILLO	CON 32% DE R.LADRILLO	SIN % DE LADRILLO	CON 32% DE R.LADRILLO	SIN % DE LADRILLO	CON 32% DE R.LADRILLO
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2089	2089	2087	2087	2089	2089
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	8490	7942	8843	8109	8897	8224
6	PESO DEL MOLDE	gr	4921	4257	4937	4096	4867	4023
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3569	3685	3906	4013	4030	4201
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.709	1.764	1.872	1.923	1.930	2.011
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.485	1.545	1.595	1.685	1.663	1.764

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Tabla 53 Resultado del cálculo de contenido de humedad de la muestra C-8, con y sin porcentaje de residuo de ladrillo.

GOLPES POR CAPA	Nº	12		25		56	
DESCRIPCIÓN		SIN % DE LADRILLO	CON 32% DE R.LADRILLO	SIN % DE LADRILLO	CON 32% DE R.LADRILLO	SIN % DE LADRILLO	CON 32% DE R.LADRILLO
PROMEDIO HUMEDAD	%	15.07	14.16	17.34	14.1	16.04	14.03

Fuente: Ensayo de laboratorio.

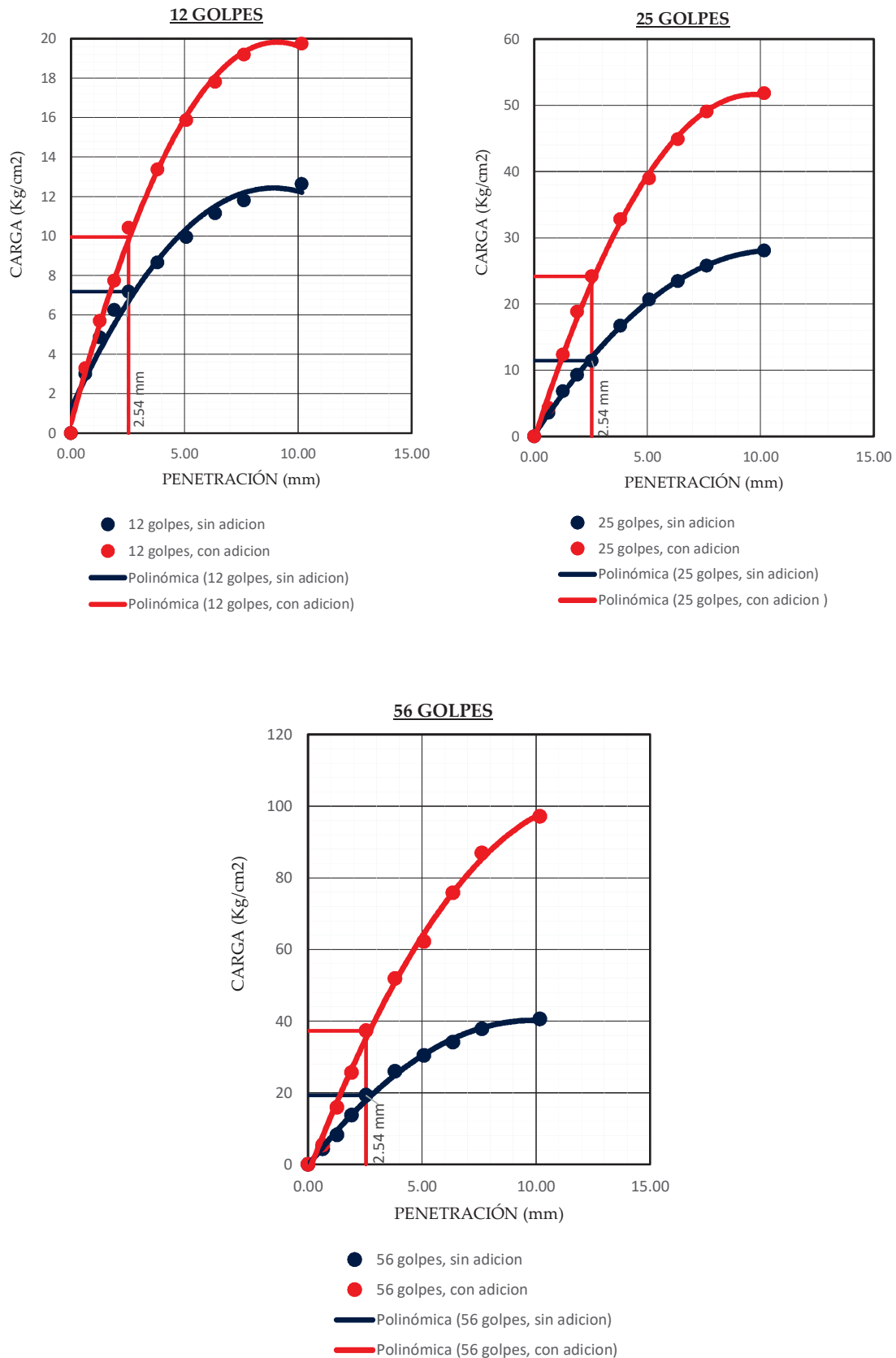


Figura 60 Representa el diagrama de la Carga (kg/cm²) vs Penetración (mm) de la Calicata N° 8 c/s el 32% residuo de ladrillo.

Fuente: **Elaboración propia**

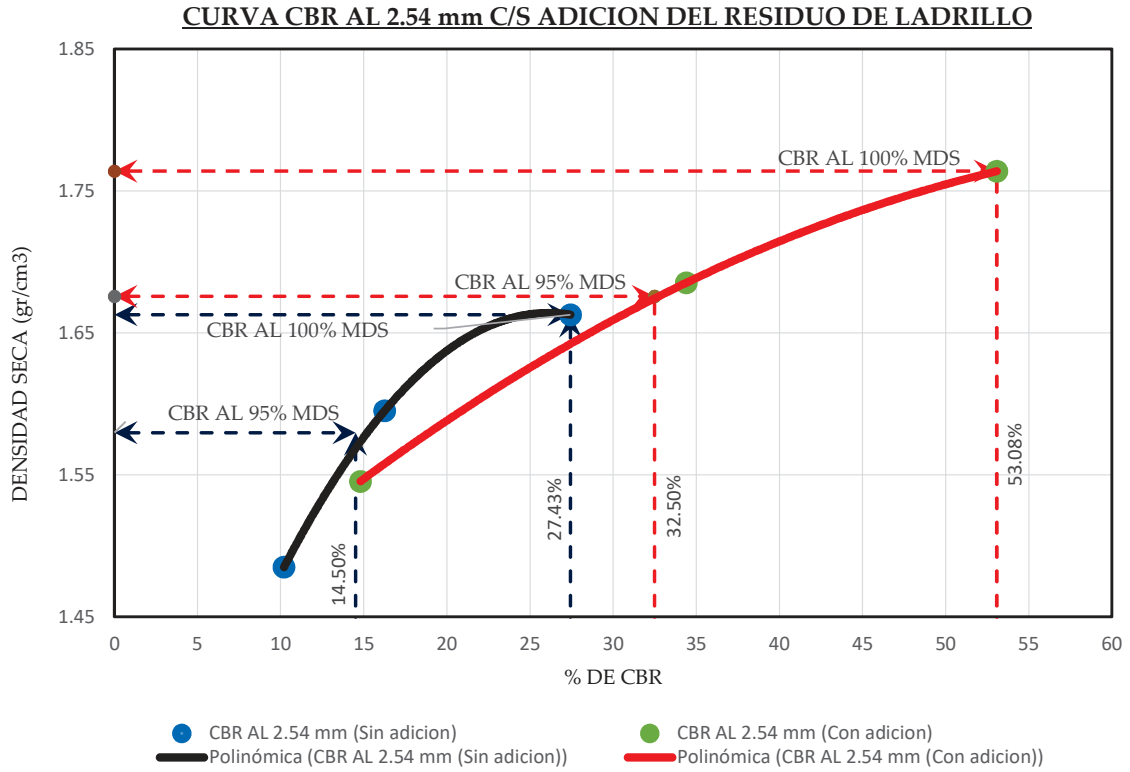


Figura 61 Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm³) de la Calicata N° 8 c/s el 32% residuo de ladrillo.
 Fuente: Elaboración propia

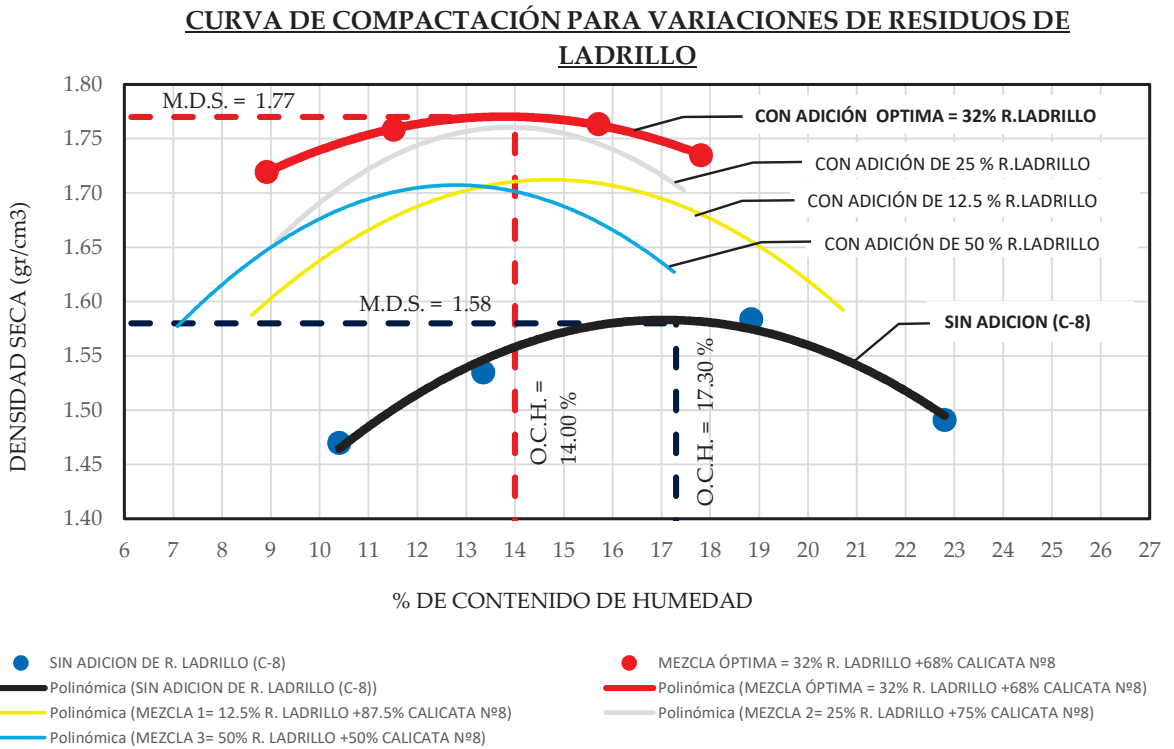


Figura 62 Relación de la Humedad vs Densidad Seca para las diferentes mezclas con residuos de ladrillo.
 Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico se obtiene los siguientes valores:

Tabla 54 Resultado comparativo del CBR de la muestra (calicata N° 8) c/s el 32% residuo de ladrillo.

RESULTADOS ENSAYO CBR	CALICATA N°8	CALICATA N°8 + 32% R. LADRILLO
MAXIMA DENSIDAD SECA AL 100% (gr/cm ³)	1.66	1.76
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.04	14.03
MAXIMA DENSIDAD SECA AL 95% (gr/cm ³)	1.58	1.68
CBR AL 100% DE MAX. DENS. SECA (%)	27.43	53.08
CBR AL 95% DE MAX. DENS. SECA (%)	14.50	32.50
CBR (%)	10% =< 14.50 % < 20%	30% =< 32.50 %
CATEGORIA DE SUB RASANTE	Sub rasante buena	Sub rasante excelente

Fuente: Ensayo de laboratorio.

De acuerdo a los resultado tenemos que, la mayor densidad que alcanza el suelo a nivel subrasante de la calicata N° 8 con la adición del 32% de residuo del ladrillo triturado, al ser compactada con humedad óptima de 14.03% viene a ser 1.76 gr/cm³, que en comparación con la máxima densidad seca del suelo en estado natural (C-8) que es de 1.66 gr/cm³, hecho que conlleva a que las propiedades físicas y mecánicas de los residuos del ladrillo mejoran las características ingenieriles del suelo, asegurando la obtención de suelos mas estables.

Ademas, mediante el ensayo de CBR se obtuvo el número de la relación de soporte el suelo a nivel subrasante de la calicata N° 8 es de 14.50% del CBR al 95% de la M.D.S., y con la adición del 32% del residuo de ladrillo alcanza un 32.50% del CBR al 95% de la M.D.S. lo que indica que la resistencia admisible al esfuerzo de corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada sea favorable, llevando de la categoría de Subrasante Buena a Subrasante Excelente, de acuerdo a la tabla 6.

Por lo tanto en función a los resultados obtenidos se observa, que las propiedades físicas y mecánicas de los residuos del ladrillo influyen positivamente en la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante.

4.5 Costo de estabilización.

4.5.1 Comparación del costo de estabilización del suelo a nivel subrasante con residuos del concreto y ladrillo.

Se realiza un análisis comparativo del costo resultante entre un suelo a nivel subrasante en estado natural v/s el suelo mejorado con la adición optima del concreto y del ladrillo triturado.

Para este análisis se trabajara con el pasaje vista alegre ubicado en la asociación Santa Leonor y los datos seran de acuerdo al expediente técnico “Mejoramiento y ampliación integral de pistas y veredas en la asociación Santa Leonor y asociación La Victoria del distrito de San Juan Bautista” C.U.I. N°2458075:

- Longitud a estabilizar = 100 m.
- Ancho a estabilizar = 6.50 m.
- Espesor de la subrasante a estabilizar = 0.30 m.
- Volumen de corte a nivel subrasante = 811.38 m³

Teniendo en cuenta estos datos se procedió ha realizar el metrado y presupuesto correspondiente al movimiento de tierras para cada caso, que a continuación detallo:

- Se realizó un análisis comparativo en la partida de movimiento de tierras para el caso de que el suelo sufra modificaciones en las propiedades ingenieriles del suelo con la adición de los residuos del concreto y ladrillo.
- La partida de Mejoramiento y compactación de subrasante (E=0.30 m.), es la que se utiliza para establecer el uso de los materiales propios del suelo con la adición del 55% de residuo de concreto y 32% de residuos de ladrillo, para un espesor de 0.30 m.
- Para la partida de Conformación / mejoramiento y compactación de subbase granular, se trabaja para con un espesor de 0.15 m. de subbase, debido a que la metodología de diseño AASHTO 93 considera como espesor mínimo de subbase granular.

Tabla 55 *Metrado comparativo de movimiento de tierras con adición del 55% residuo de concreto y 32% residuo de ladrillo .*

PARTIDA	DESCRIPCION	SIN	CON 55% R.	CON 32% R.	und
		ADICION	CONCRETO	LADRILLO	
		TOTAL	TOTAL	TOTAL	
2	PAVIMENTO RIGIDO				
2.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
2.02 01	CORTE EN MATERIAL COMPACTO A NIVEL DE SUB RASANTE JR JORGE BASADRE	811.38	811.38	811.38	m3
2.02 03	PERFILADO / ESCARIFICADO Y COMPACTACION DE SUB RASANTE (E=0.30 M.) JR JORGE BASADRE	650	650	650	m2
2.02 04	MEJORAMIENTO Y COMPACTACIÓN DE SUB RASANTE (E=0.30 M) JR JORGE BASADRE	-	107.25	62.4	m3
2.02 05	CONFORMACION / MEJORAMIENTO Y COMPACTACION DE SUB-BASE JR JORGE BASADRE	260	97.5	97.5	m3
2.02 06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	1054.794	1054.794	1054.794	m3

Fuente: **Elaboración propia**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se tiene que la estabilización con residuos provenientes de construcción y demolición de obras civiles tales como son el concreto y ladrillo triturado a nivel subrasante, con una dosificación del 55% y 32% respectivamente resulta tener menos

Tabla 56 Presupuesto comparativo de movimiento de tierras con adición del 55% residuo de concreto y 32% residuo de ladrillo.

CUADRO DE PRESUPUESTO											
PARTIDA	DESCRIPCION	und	SIN ADICION			CON 55% R. CONCRETO			CON 32% R. LADRILLO		
			METRA DO	P.U.	PARCIAL S/.	METRA DO	P.U.	PARCIAL S/.	METRA DO	P.U.	PARCIAL S/.
2	PAVIMENTO RIGIDO										
2.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS										
2.02 01	CORTE EN MATERIAL COMPACTO A NIVEL DE SUB RASANTE JR JORGE BASADRE	m3	811.38	10.63	8624.9694	811.38	10.63	8624.9694	811.38	10.63	8624.9694
2.02 03	PERFILADO / ESCARIFICADO Y COMPACTACION DE SUB RASANTE (E=0.30 M.) JR JORGE BASADRE	m2	650	3.13	2034.5	650	3.13	2034.5	650	3.13	2034.5
2.02 04	MEJORAMIENTO Y COMPACTACIÓN DE SUB RASANTE (E=0.30 M.) JR JORGE BASADRE	m3	-	-	-	107.25	101.07	10839.7575	62.4	101.07	6306.768
2.02 05	CONFORMACION / MEJORAMIENTO Y COMPACTACION DE SUB-BASE JR JORGE BASADRE	m3	260	101.07	26278.2	97.5	101.07	9854.325	97.5	101.07	9854.325
2.02 06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m3	1054.794	15.59	16444.2385	1054.794	15.59	16444.23846	1054.794	15.59	16444.2385
PRESUPUESTO TOTAL S/.=			S/ 53,381.91			S/ 47,797.79			S/ 43,264.80		

Fuente: **Elaboración propia**

costos en relación con el material de préstamo. A continuación presentamos un diagrama para su mejor visualización.

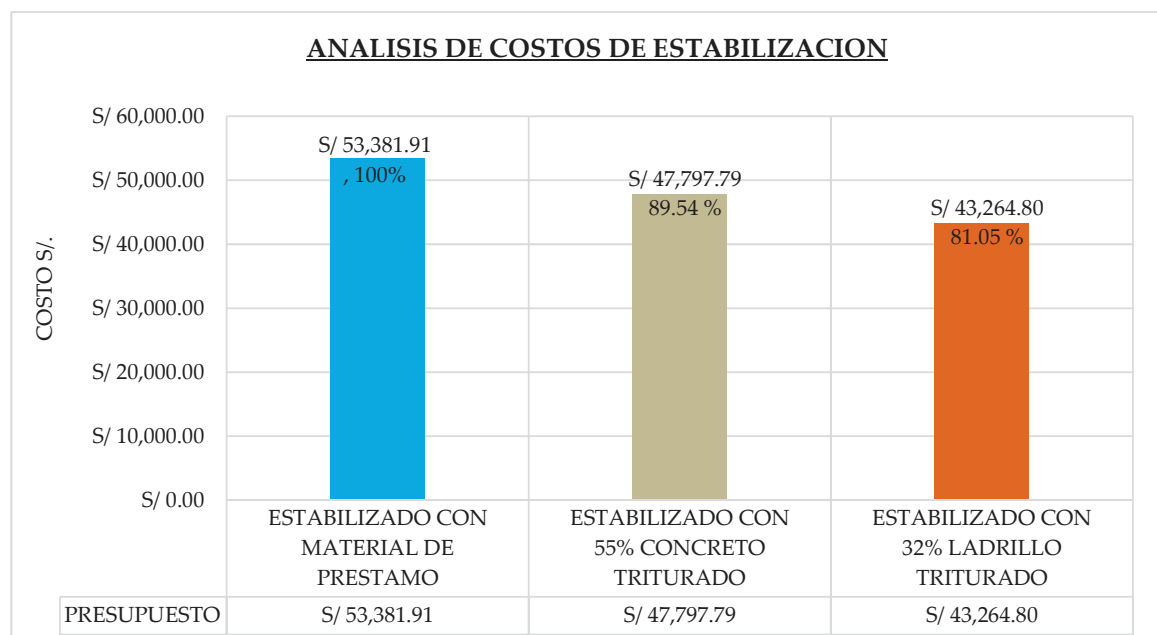


Figura 63 Relación de la Humedad vs Densidad Seca para las diferentes mezclas con el ladrillo.

Fuente: **Elaboración propia**

La cual nos muestra que las alternativas de mejoramiento de suelos a nivel subrasante con la adición del 55% de residuo de concreto y 32% de residuo de ladrillo triturado para un suelo de tipo arena limosa (S.M.), reduce los costos de la partida *movimiento de tierras* que va desde los S/ 53,381.85 soles (Sin adición) a S/ 47,797.79 soles (Con Adición 55% R. concreto) y a S/ 43,264.80 soles (Con Adición 30% R. ladrillo), haciendo una diferencia de S/ 5,584.12

(10.46%) y S/ 10,117.11 (18.95%) respectivamente, por ende es rentable su utilización.

4.5.2 Diseño de pavimento rígido.

Se realizó los cálculos del paquete estructural mediante el procedimiento AASHTO 1993 y todas las variables que intervienen en el presente diseño fueron extraídas del estudio de diseño de pavimento del expediente técnico "Mejoramiento y ampliación integral de pistas y veredas en la asociación Santa Leonor y asociación La Victoria del distrito de San Juan Bautista" C.U.I. N°2458075.

Parámetros de diseño de pavimento rígido (AASHTO) son:

- Años de servicio = 20 años.
- Ejes equivalentes (W18) = 2493822.
- CBR subrasante = 14.50%
- Índice de servicialidad inicial (p_i) = 4.5
- Índice de servicialidad final (p_f) = 2.0
- Coeficiente de drenaje (C_d) = 1.0
- Resistencia a la flexión-tracción (R_{mf}) = 40.70 kg/cm²
- Módulo de elasticidad (E) = 214610 kg/cm²
- Coeficiente de transferencia de carga (J) = 3.60
- Nivel de confianza = 80%.
- Desviación estándar combinado (S_o) = 0.35

Se tomó en cuenta tres situaciones:

- Diseño del pavimento para un suelo natural.
- Diseño del pavimento para un suelo estabilizado con residuo de concreto.
- Diseño del pavimento para un suelo estabilizado con residuo de ladrillo.

En base a estos datos se procedió al diseño de espesores del pavimento, de acuerdo a la ecuación AASHTO 93, para el tráfico de la zona de estudio, a continuación detallamos:

Finalmente se proyecta para la presente investigación, en cuanto a las dimensiones del espesor dadas de acuerdo a los resultados mostrados.

Tabla 57 Resultado comparativo del diseño de pavimento AASHTO 1993 para diferentes mezclas.

CARACTERISTICAS	C.B.R. AL 95%MDS		ESPESOR DEL PAVIMENTO		
	SUBRASANTE (%)	SUB BASE (%) Mínimo	CONCRETO (cm.)	SUB BASE (cm.)	MEJORAMIENTO DE SUB RASANTE (cm.)
Suelo natural (Calicata N° 08)	12.98	40	20	40	-
Mezcla N°1 (55% R. Concreto + 45% Calicata N°8)	27.96	40	20	15	30
Mezcla N°2 (32% R. Ladrillo + 68% Calicata N°8)	32.5	40	20	15	30

Fuente: **Elaboración propia**

Conclusiones

Conclusiones generales y parciales:

De manera general este trabajo de investigación concluye que la incorporación de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles sí mejora significativamente la estabilización de los suelos arenosos a nivel subrasante en un 13.46% y 18.00% con la adición de residuos del concreto y ladrillo respectivamente.

Así mismo se concluye que :

1. **Conclusión parcial 01:** Con respecto a los residuos del concreto de la construcción y demolición de obras civiles, se concluye que sí mejora significativamente la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante, ya que al adicionar el 55% de residuo de concreto al suelo arenoso limoso proveniente de la calicata N° 8, este alcanza la categoría de Subrasante Buena a Subrasante Muy buena.
2. **Conclusión parcial 02:** Con respecto a los residuos del ladrillo de la construcción y demolición de obras civiles, se concluye que sí mejora significativamente la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante, ya que al adicionar el 32% de residuo de ladrillo al suelo arenoso limoso proveniente de la calicata N° 8, este alcanza la categoría de Subrasante Buena a Subrasante Excelente.
3. **Conclusión parcial 03:** Con respecto al óptimo porcentaje de adición con los residuos proveniente de la construcción y demolición de obras civiles, se concluye que sí influyen significativamente en la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante, ya que trabajando con diversos porcentajes de adiciones se obtuvo óptimos resultados para los residuos de concreto y ladrillo triturado.

Conclusión de la validez

Para establecer la validez se comparó los resultados obtenidos de los ensayos de C.B.R. al 95% de la M.D.S. de las investigaciones realizadas por diferentes autores con los resultados de la presente investigación, tal como esta descrito en el ítem 3.8.6.

Ademas para los autores Pedro Becerra, Greyci Guevara y Raul Mamani, ellos logran estabilizar los suelos en un 0.32%, 8% y 28.1% respectivamente al adicionarles residuos de ladrillo triturado. Y para el autor Raul Mamani logra estabilizar el suelo en un 32% al adicionar residuos de concreto triturado, concluyendo que:

4. Los resultados obtenidos por los diferentes autores, se establece la tendencia positiva que sufren los suelos al ser incorporado porcentajes del ladrillo y del concreto, *evidenciado así la validez de criterio* que se tomó al trabajar con los materiales del ladrillo y concreto triturado.

Conclusión de contrastación de la hipótesis

Para el cálculo de contrastación de la hipótesis (Item 4.1), se uso la prueba estadística *t de Student para muestras seleccionadas*, concluyendo que:

5. Hay un mejoramiento significativo de la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante con la adición de los residuos sólidos del concreto triturado.
6. Hay un mejoramiento significativo de la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante con la adición de los residuos sólidos del ladrillo triturado.
7. Hay influencia significativa de la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante con la adición de porcentajes de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles.

Conclusión del costo de estabilización

8. El uso de los residuos sólidos como el concreto y ladrillo triturado como estabilizantes de los suelos arenoso y realizadas en la partida de movimiento de tierra se concluye que, adicionando el 55% de residuo de concreto triturado al suelo arenoso limoso se tiene un ahorro de S/ 5,584.12 soles y con el uso del 32% de residuo de ladrillo triturado se tiene un ahorro de S/ 10,117.11 soles, de esta manera queda evidenciada su rentabilidad.

Recomendaciones

1. La experiencia ha demostrado que las mas pequeñas diferencias en el procedimiento de la prueba del C.B.R. son motivo de grandes cambios en los resultados de las mismas,

por esta razón se recomienda seguir los procedimientos de acuerdo a los manuales certificados detallando paso a paso, aunque a pesar de lo cual surgen dificultades aun todavía.

2. Se recomienda realizar el Método de prueba estándar para C.B.R. (California Bearing Ratio) de suelos IN SITU (ASTM D4429), con el fin de contrastar los resultados obtenidos en el laboratorio, la cual nos indicaría sobre la capacidad del suelo in situ en cuanto a la resistencia de penetración.
3. Debido a que el Ensayo de Relación de Soporte de California (C.B.R.) es un método empírico, se recomienda su uso debido a que esta basado en un sin números de trabajos de investigación a nivel mundial, realizados en los diversos laboratorios de ensayo de materiales, como en los diversos terrenos de campo , considerándolo de esta manera como uno de los mejores procedimientos prácticos debido a su eficacia y economía.
4. Se recomienda para el reciclaje y la reutilización de materiales provenientes de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles sean clasificados antes de su uso y a la vez teniendo cuidado con la presencia de materiales orgánicos, plásticos, madera, pintura o cualquier elemento similar que pueda llegar a afectar el comportamiento mecánico de los suelos a estabilizar.

Trabajos futuros

1. Se recomienda que el manejo de residuos sólidos de la construcción y demoliciones de obras civiles deben ser responsablemente manejados de acuerdo a las normas nacionales vigentes, propiciando a la vez el reciclaje de residuos con el fin de buscar un desarrollo sostenible y reducir el impacto ambiental.
2. Se recomienda continuar con trabajos de investigación similares, utilizando el Método de prueba estándar para CBR (California Bearing Ratio) de suelos IN SITU (ASTM D4429), con el fin de contrastar los resultados obtenidos en el laboratorio.
3. Se recomienda investigar el consumo de energía responsable en la construcción de vías.
4. Se recomienda continuar con trabajos de investigación similar, utilizando el Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) (ASTM D-1883, NTP 339.145, MTC E132), para los diversos suelos que existe en nuestro departamento de Ayacucho y de todo el Perú.

Referencias bibliográficas

Ingeniera de transportes

- Bazán Garay, I. O. (2018). Caracterización de residuos de construcción de Lima y Callao (estudio de caso).
- Beltran, J. (2018). Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso.
- Cañar Tiviano, E. S. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón* (tesis). Universidad Técnica de Ambato - Ecuador.
- CEMEX, S. (2020). *LA CONSTRUCCIÓN EN PERÚ: INDUSTRIA SEGURA Y ESENCIAL* (primera edición). 2020 CEMEX, S.A.B. DE C.V. y/o sus subsidiarias. Todos los derechos reservados. Retrieved from <https://www.cemex.com.pe/documents/46808606/49746377/cemex-peru-postura-construccion-industria-segura-y-esencial.pdf/bf517ad7-cc70-710c-2536-b1bcd52b42d8#:~:text=La%20industria%20de%20la%20construcci%C3%B3n%20es%20uno%20de%20las%20necesidades%20de%20infraestructura%20del%20pa%C3%ADs>.
- Duque, G. (2003). *Manual de geología para ingenieros*. (1st ed.). Universidad Nacional de Colombia.
- Fratelli, M. (1993). *Suelos, fundaciones y muros* (1st ed.). Caracas 1010 - Venezuela.
- León, J. (2017). En Lima se generan 19 mil toneladas de desmonte al día y el 70% va al mar o ríos. *El Comercio*. Retrieved from <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/lima-generan-19-mil-toneladas-desmonte-%dia-70-mar-rios-noticia-453274-noticia/?ref=ecr>
- M.P.H. (2019). *PLAN DE DESARROLLO CONCERTADO DEL DISTRITO DE AYACUCHO 2013 – 2021* (primera edición). Sub Gerencia de Presupuesto y Planes. Retrieved from https://www.munihuamanga.gob.pe/Documentos_mph/Munitransparencia/Doc_gestion/PDC/EVALUACION_PDPC_2013-2021.pdf
- MDSJB. (2008). Zonificación y usos de suelo del Distrito de San Juan Bautista, Ordenanza Municipal N°001-2008-MDSJB/AYA.

- MEF. (2015). *Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de vialidad urbana, a nivel de perfil* (1st ed.). Jr. Junín N° 319 - Lima: Dirección General de Inversión Pública-DGIP.
- Mercante, t. (2007). Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación de los índices de generación a la gestión ambiental.
- MINVIV. (2016). *Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición* (3rd ed.). Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento,
- MTC. (2014). *Manual de carreteras: "Suelos, geología, geotecnia y pavimentos* (1a). Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- MTC-E. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. (2nd ed.). Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- NTP400.050, N. T. P. (2017). *Manejo de los residuos de la actividad de la construcción* (2nd ed.). Calle de la Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI.
- Parra Gómez, M. G. et al. (2018). Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante.
- Peck, R. B. (2008). La estabilización de suelos. Retrieved from <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/01/23/la-estabilizacion-de-suelos/>
- Revilla, w. (2008). *Suelos de fundacion y subrasante* (1st ed.). Universidad Privada Antenor Orrego - F.I.C.
- Structalia. (2021). Tensión Admisible del terreno: El conocimiento de los suelos. Retrieved from <https://www.structuralia.com/>
- Supo, J. (2012). *Seminarios de Investigación Científica* (1st ed.). Perú.
- Valle, R. (1963). *Carreteras, calles y aeropistas* (4th ed.). Librería "El Ateneo" Editorial.
- Villarroel, C. (2016). *Compactación de suelos* (1st ed.). Laboratorio vial - Sección Geotecnia.

Metodología de la investigación científica

- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. d. P. (2014). *Metodología de la Investigación* (sexta edición). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Anexo A

Residuos sólidos peligrosos de la construcción y demolición

Residuos	Elementos peligrosos presentes	posiblemente	Peligrosidad
Restos de madera tratada	Arsénico, pentaclorofenol	plomo, formaldehído,	Tóxicos, inflamables Inflamables, irritantes
Envases de removedores de pinturas, aerosoles	Cloruro de metileno	Tricloroetileno	Inflamable y tóxico
Envases de: removedores de grasa, adhesivos, líquidos para remover pintura	Tricloroetileno		Tóxico, corrosivo.
Envases de: pinturas, pesticidas, contrachapados de madera, colas, lacas	Formaldehído		Tóxicos.
Restos de tubos fluorescentes, transformadores, condensadores, etc.	Mercurio, Bifeniles policlorados (BPCs)		Inflamable, Tóxico
Restos de PVC (solo luego de ser sometidos a temperaturas mayores a 40° C)	Aditivos: plastificantes	Estabilizantes, colorantes,	Tóxico (Cancerígeno)
Restos de planchas de fibrocemento con asbesto, pisos de vinilo asbesto, paneles divisores de asbesto.	Asbesto o amianto		Inflamable
Envases de pinturas y solventes.	Benceno		Tóxico, inflamables
Envases de preservantes de madera.	Formaldehído, pentaclorofenol		Tóxico
Envases de pinturas	Pigmentos: Cadmio, Plomo		Tóxico
Restos de cerámicos, baterías	Níquel		Inflamable, tóxico
Filtros de aceite, envases de lubricantes.	Hidrocarburos		

Los residuos enumerados en este Anexo están definidos como peligrosos de conformidad con la Resolución Legislativa N° 26234, Convenio de Basilea, y el Decreto Supremo N° 057-2004-PCM Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, Anexo

Fuente: R.M.N° 181-2016-VIVIENDA

Anexo B

Relación de residuos sólidos de la construcción y demolición reutilizables y/o reciclables

- Desmante limpio
 - Desmante producto de la excavación masiva de terreno para la cimentación. No se considera desmante limpio a los elementos de concreto ciclópeo y el material de demolición constituido por lozas aligeradas y elementos de tabiquería de albañilería que contengan maderas, elementos de plástico, papel, cartón y cualquier otro material inorgánico que no sirva para el objetivo de consolidar el relleno.
- Instalaciones
 - Mobiliario fijo de cocina, Mobiliario fijo de cuartos de baño.
- Cubiertas
 - Tejas, Tragaluces y claraboyas, Soleras prefabricadas, Tableros y Placas sándwich.
- Fachadas
 - Puertas, Ventanas, Revestimientos de piedra, Elementos prefabricados de hormigón.
- Particiones interiores
 - Mamparas, Tabiquerías móviles o fijas, Barandillas, Puertas y Ventanas.
- Acabados interiores
 - Cielo raso (escayola), Pavimentos flotantes, Alicatados y Elementos de decoración.
- Estructura
 - Vigas y pilares, Elementos prefabricados de hormigón.

Fuente: R.M.N° 181-2016-VIVIENDA

Anexo C

Exploración y plano del terreno a nivel perfil. (Calicata N° 01 hasta la calicata N° 08)



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS Departamento: AYACUCHO

Descripción : SUBRASANTE - CALICATA C1, JR JOSE MARIA ARGUEDAS Provincia : HUAMANGA

Muestra : C1- M2/T43 Hmuestra (m): 1.5 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA

Fecha : 06/04/2021 Lugar : SANTA LEONOR

EXPLORACIÓN DEL TERRENO - PERFIL (ASTM D-2488, N.T.P. 339.150)

PROFUNDIDAD : 1.5 m		COLUMNA			
DESCRIPCION :		RASANTE - CALICATA C1, JR JOSE MARIA ARGUE			
ESCALA (m)	PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD TRAMO (m)	SÍMBOLO GRÁFICO	MUESTRA A Clasific. SUCS	
	De 0.00 m a 0.20 m de cobertura con una coloracion beige oscuro, conformada por limo orgánico con abundante cantidad de arena muy fina y en con poca cantidad de grava, ademas se tiene presencia de raices incipientes.				
0.2	0.2	0.2	↑↑↑↑↑↑↑↑	M1/E1	
0.4	De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depositos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa mal graduada con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un ML y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-4 (4). Se presenta escasa precencia de grava (1.97%), moderada cantidad de arena (40.60%) y en su mayoría cantidad de finos (57.42%), la precencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 28.12%, índice plástico 2.94%; lo que indica que la fracción fina continen limos orgánico y carece la presencia de arcilla). Se observa la ausencia visible de agua, con una cementación y cohesión baja, la compacidad en el momento de la auscultación es casi firme (LP<W), el terreno se podría considerar de estructura homogénea , tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando está húmeda, da talud vertical con un grado de estabilidad de paredes estable.			M2/E2 ML A - 4 (4)	
0.6					
0.8					
1					
1.2					
1.4					
1.5		1.30			
NIVEL FREÁTICO: A la profundidad de excavación de 1.50 m, NO se encuentra el nivel freático.					

Figura C.1 Exploración Subrasante - Calicata C1, Jr Jose Maria Arguedas.
Fuente: Elaboración Propia



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS Departamento: AYACUCHO
Descripción : CALICATA C4, JR JOSE SANTOS CHOCANO Provincia : HUAMANGA
Muestra : C4-M2/T11 Hmuestra (m): 1.5 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Fecha : 06/04/2021 Lugar : SANTA LEONOR

EXPLORACIÓN DEL TERRENO - PERFIL
(ASTM D-2488, N.T.P. 339.150)

DESCRIPCIÓN :	COLUMNA				
	CALICATA C4, JR JOSE SANTOS CHOCANO				
PROFUNDIDAD :	ESCALA (m)	PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD TRAMO (m)	SÍMBOLO GRÁFICO	MUESTRA A Clasific. SUCS
1.5 m					
De 0.00 m a 0.20 m de cobertura con una coloración beige oscuro, conformada por limo orgánico con abundante cantidad de arena muy fina y en poca cantidad de grava, además se tiene presencia de raíces incipientes.					
De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depósitos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa mal graduada con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un ML y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-4 (4). Se presenta escasa presencia de grava (5.06%), moderada cantidad de arena (39.92%) y en su mayoría cantidad de finos (55.02%), la presencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 27.67%, índice plástico 1.21%; lo que indica que la fracción fina continen limos orgánico y carece la presencia de arcilla). Se observa la ausencia visible de agua, con una cementación y cohesión baja, la compacidad en el momento de la auscultación es casi firme (LP<W), el terreno se podría considerar de estructura homogénea, tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando está húmeda, da talud vertical con un grado de estabilidad de paredes estable.	0.2	0.2	0.2		M1/E1
NIVEL FREÁTICO: A la profundidad de excavación de 1.50 m, NO se encuentra el nivel freático.	0.4				M2/E2
	0.6				ML
	0.8				A - 4 (4)
	1				
	1.2				
	1.4				
	1.5	1.50	1.30		

Figura C.4 Exploración Subrasante - Calicata C4, Jr Jose Santos Chocano.
Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
Descripción : CALICATA C5, JR PRIMAVERA
Muestra : C5-M2/T14
Fecha : 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

EXPLORACION DEL TERRENO - PERFIL
(ASTM D-2488, N.T.P. 339.150)

DESCRIPCION :	COLUMNA				
	CALICATA C5, JR PRIMAVERA				
PROFUNDIDAD :	ESCALA (m)	PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD TRAMO (m)	SÍMBOLO GRÁFICO	MUESTRA A Clasific. SUCS
1.5 m					
De 0.00 m a 0.20 m de cobertura con una coloración beige oscuro, conformada por limo orgánico con abundante cantidad de arena muy fina y en poca cantidad de grava, además se tiene presencia de raíces incipientes.					
De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depósitos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa mal graduada con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un ML y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-2-4 (0). Se presenta escasa presencia de grava (35.43%), moderada cantidad de arena (41.97%) y en su mayoría cantidad de finos (22.60%), la presencia de bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 23.53%, índice plástico 0.75%; lo que indica que la fracción fina continen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).	0.2	0.2	0.2		M1/E1
Se observa la ausencia visible de agua, con una cementación y cohesión baja, la compacidad en el momento de la auscultación es casi firme (LP<W), el terreno se podría considerar de estructura homogénea, tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando está húmeda, da talud vertical con un grado de estabilidad de paredes estable.	0.4				
	0.6				M2/E2
	0.8				SM
	1				
	1.2				
	1.4				
NIVEL FREÁTICO: A la profundidad de excavación de 1.50 m, NO se encuentra el nivel freático.	1.5	1.50	1.30		A - 2 - 4 (0)

Figura C.5 Exploración Subrasante - Calicata C5, Jr Primavera.
Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
Descripción : CALICATA C6, JR LOS ÁLAMOS
Muestra : C6-M2/T11
Fecha : 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

Hmuestra (m): 1.5

EXPLORACIÓN DEL TERRENO - PERFIL
(ASTM D-2488, N.T.P. 339.150)

DESCRIPCION :	COLUMNA				
	CALICATA C6, JR LOS ÁLAMOS				
	ESCALA (m)	PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD TRAMO (m)	SÍMBOLO GRÁFICO	MUESTRA A Clasific. SUCS
<p>PROFUNDIDAD : 1.5 m</p> <p>De 0.00 m a 0.20 m de cobertura con una coloracion beige oscuro, conformada por limo orgánico con abundante cantidad de arena muy fina y en poca cantidad de grava, ademas se tiene presencia de raices incipientes.</p> <p>De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depositos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa mal graduada con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un ML y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-1-b (4). Se presenta escasa presencia de grava (35.44%), moderada cantidad de arena (40.59%) y en su mayoría cantidad de finos (23.97%), la presencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 24.45%, índice plástico 1.93%; lo que indica que la fracción fina continen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).</p> <p>Se observa la ausencia visible de agua, con una cementación y cohesión baja, la compacidad en el momento de la auscultación es casi firme (LP<W), el terreno se podría considerar de estructura homogénea , tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando está húmeda, da talud vertical con un grado de estabilidad de paredes estable.</p> <p>NIVEL FREÁTICO: A la profundidad de excavación de 1.50 m, NO se encuentra el nivel freático.</p>	0.2	0.2	0.2		M1/E1
	0.4				M2/E2
	0.6				
	0.8				
	1				
	1.2				
	1.4				GM
	1.5	1.50	1.30		

Figura C.6 Exploración Subrasante - Calicata C6, Jr Los Álamos.

Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
 Descripción : CALICATA C7, JR VISTA ALEGRE
 Muestra : C7-M2/T8
 Fecha : 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar : SANTA LEONOR

Hmuestra (m): 1.5

EXPLORACIÓN DEL TERRENO - PERFIL
(ASTM D-2488, N.T.P. 339.150)

DESCRIPCIÓN :	COLUMNA			
	ESCALA (m)	PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD TRAMO (m)	SÍMBOLO GRÁFICO
<p>PROFUNDIDAD: 1.5 m</p> <p>DESCRIPCIÓN : De 0.00 m a 0.20 m de cobertura con una coloración beige oscuro, conformada por limo orgánico con abundante cantidad de arena muy fina y en poca cantidad de grava, además se tiene presencia de raíces incipientes.</p> <p>De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depósitos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa mal graduada con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un ML y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-2-4 (0). Se presenta escasa presencia de grava (28.85%), moderada cantidad de arena (47.94%) y en su mayoría cantidad de finos (23.21%), la presencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 27.61%, índice plástico 9.30%; lo que indica que la fracción fina continen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).</p> <p>Se observa la ausencia visible de agua, con una cementación y cohesión baja, la compactación en el momento de la auscultación es casi firme ($LP < W$), el terreno se podría considerar de estructura homogénea, tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando está húmeda, da talud vertical con un grado de estabilidad de paredes estable.</p> <p>NIVEL FREÁTICO: A la profundidad de excavación de 1.50 m, NO se encuentra el nivel freático.</p>				
	0.2	0.2	0.2	M1/E1
	0.4			M2/E2
	0.6			
	0.8			
	1			
	1.2			A-2-4 (0)
	1.4			
	1.5	1.50	1.30	

Figura C.7 Exploración Subrasante - Calicata C7, Jr Vista Alegre.
Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS Departamento: AYACUCHO
Descripción : CALICATA C8, JR JORGE BASADRE. Provincia : HUAMANGA
Muestra : C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Fecha : 06/04/2021 Lugar : SANTA LEONOR

EXPLORACION DEL TERRENO - PERFIL
(ASTM D-2488, N.T.P. 339.150)

DESCRIPCION :	COLUMNA				
	CALICATA C8, JR JORGE BASADRE.				
PROFUNDIDAD :	ESCALA (m)	PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD TRAMO (m)	SÍMBOLO GRÁFICO	MUESTR A Clasific. SUCS
1.5 m					
De 0.00 m a 0.20 m de cobertura con una coloracion beige oscuro, conformada por limo orgánico con abundante cantidad de arena muy fina y en con poca cantidad de grava, ademas se tiene presencia de raices incipientes.					
De 0.20 m a 1.50 m, se tiene depositos residuales con una coloración beige conformado a arena limosa con escasa presencia de gravas que se clasifican en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), como un SM y en el Sistema de Clasificación de AASHTO como A-4 (2). Se presenta escasa presencia de grava (3.29%), moderada cantidad de arena (52.35%) y en su mayoría cantidad de finos (44.35%), la presencia de boleos y/o bloques es nula 0%, la fracción que pasa la malla N° 40 es de baja plasticidad (límite líquido 29.68%, índice plástico 1.97%; lo que indica que la fracción fina continen limos orgánico y carece la presencia de arcilla).	0.2	0.2	0.2		M1/E1
Se observa la ausencia visible de agua, con una cementación y cohesión baja, la compacidad en el momento de la auscultación es casi firme (LP<W), el terreno se podría considerar de estructura homogénea , tiene una resistencia a la excavación manual baja cuando está húmeda, da talud vertical con un grado de estabilidad de paredes estable.	0.4				M2/E2
	0.6				
	0.8				
	1				
	1.2				
NIVEL FREÁTICO: A la profundidad de excavación de 1.50 m, NO se encuentra el nivel freático.	1.4				A - 4 (2)
	1.5	1.50	1.30		

Figura C.8 Exploración Subrasante - Calicata C8, Jr Jorge Basadre.
Fuente: **Elaboración Propia**

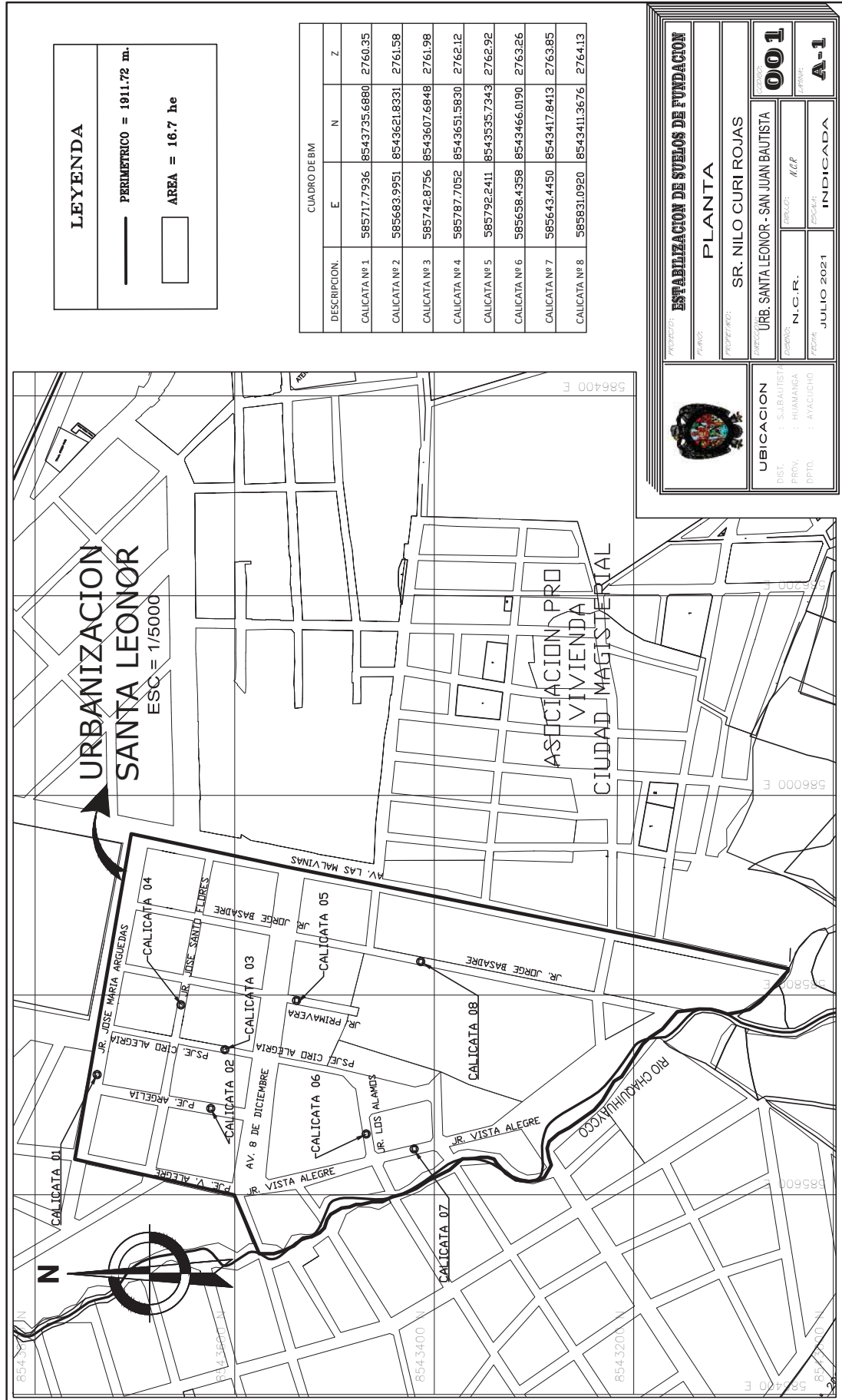


Figura C.9 Plano de ubicación de Calicatas - Planta.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo D

Ensayo Estandar de Clasificación (ASTM D-422, NTP 339.128, MTC E 107) (Calicata N° 01 hasta la calicata N° 08)



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



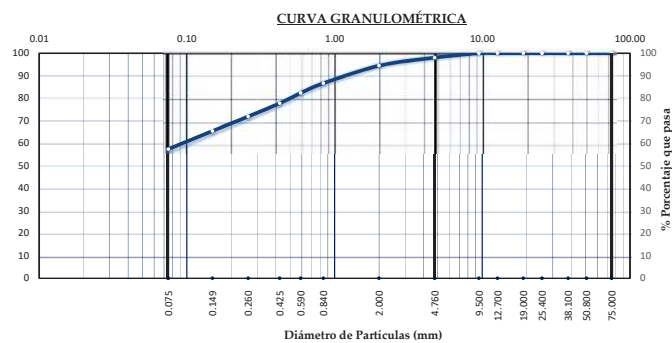
PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante: NILO CURI ROJAS
Descripción: SUBRASANTE - CALICATA C1, JR JOSE MARIA ARGUEDAS
Muestra: C1- M2/T43
Fecha: 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
Provincia: HUAMANGA
Distrito: SAN JUAN BAUTISTA
Lugar: SANTA LEONOR

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-3282, D-2216, NTP 339.128, MTC E 107)

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO CORREGIDO (gr.)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO O QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO
3"	75.000	0	0	0.00	0.00	100.00	PESOS (gr)
2"	50.800	0	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE 168.95
1 1/2"	38.100	0	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S HUMED 1031.45
1"	25.400	0	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S SECA 931.62
3/4"	19.000	0	0	0.00	0.00	100.00	HUMEDAD % 13.09
1/2"	12.700	0	0	0.00	0.00	100.00	W SUELO SECO 762.67
3/8"	9.500	0	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S SECA L 497.75
N° 4	4.760	15.05	15.05	1.97	1.97	98.03	S SECA LAVADA 328.8
N° 10	2.000	27.38	27.38	3.59	5.57	94.43	W GRANULOMETRÍA 328.34
N° 20	0.840	59.33	59.33	7.78	13.35	86.65	W FONDO 3.81
N° 30	0.590	32.84	32.84	4.31	17.66	82.34	W INTERPOLADO 437.68
N° 40	0.425	35.06	35.06	4.60	22.26	77.74	% GRAVA GRUESA 0.00
N° 60	0.260	44.52	44.52	5.84	28.10	71.90	% GRAVA FINA 1.97
N° 100	0.149	49.3	49.3	6.47	34.57	65.43	% ARENA GRUESA 3.59
N° 200	0.075	61.05	61.05	8.01	42.58	57.42	% ARENA MEDIANA 16.69
Fondo		3.81	437.68	57.42	100.00	0.00	% ARENA FINA 20.32
Total		328.34	762.21	100.00	-	-	% FINOS 57.42



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BLOQUES O BOLEOS
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

PARÁMETROS Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO

D₁₀ = 0.013 mm C_u = 7.14 LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) = 28.12 %
 D₃₀ = 0.039 mm C_c = 1.26 LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) = 25.18 %
 D₆₀ = 0.093 mm ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 2.94 %
 I.G. = 4 CONTENIDO DE HUMEDAD = 13.09 %
 PORCENTAJE DE FINOS = 57.42 %

CLASIFICACIÓN (SUCS): ML

CLASIFICACIÓN (AASHTO): A-4 (4)

CLASIFICACIÓN DEL SUELO: LIMO DE BAJA PLASTICIDAD

OBSERVACIONES:

Figura D.10 Clasificación - Calicata C1, Jr Jose Maria Arguedas.

Fuente: Elaboración Propia



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.

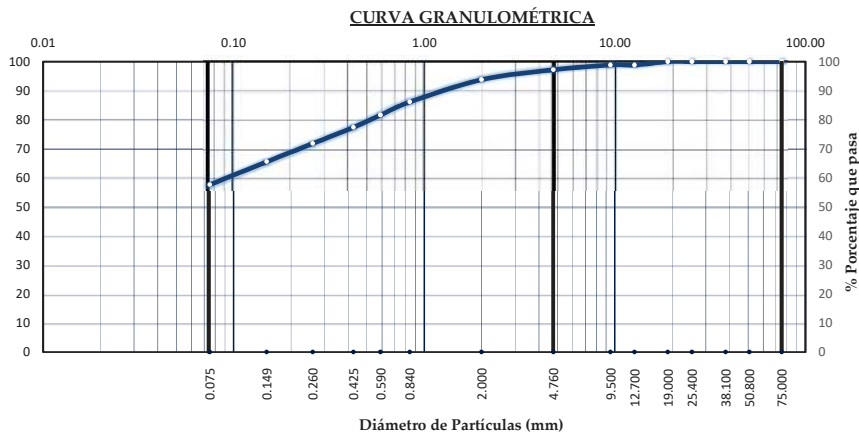


PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
Descripción : CALICATA C2, PSE ARGELIA
Muestra : C2-M2/T27 Hmuestra (m): 1.5
Fecha : 06/04/2021
Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-2487, D-3282, D-2216)

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO CORREGIDO (gr.)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO O QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO
3"	75.000	0.00	0	0.00	0.00	100.00	PESOS (gr)
2"	50.800	0.00	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE 167.47
1 1/2"	38.100	0.00	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S HUMEC 1046.67
1"	25.400	0.00	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S SECA 946.92
3/4"	19.000	0.00	0	0.00	0.00	100.00	HUMEDAD % 12.80
1/2"	12.700	9.06	9.06	1.16	1.16	98.84	W SUELO SECO 779.45
3/8"	9.500	0.00	0	0.00	1.16	98.84	W RECIPIENTE + S SECA L 503.22
Nº 4	4.760	12.86	12.86	1.65	2.82	97.18	S SECA LAVADA 335.75
Nº 10	2.000	26.36	26.36	3.39	6.20	93.80	W GRANULOMETRÍA 334.53
Nº 20	0.840	59.76	59.76	7.68	13.88	86.12	W FONDO 4.9
Nº 30	0.590	34.99	34.99	4.50	18.38	81.62	W INTERPOLADO 448.60
Nº 40	0.425	33.09	33.09	4.25	22.63	77.37	% GRAVA GRUESA 1.16
Nº 60	0.260	43.41	43.41	5.58	28.21	71.79	% GRAVA FINA 1.65
Nº 100	0.149	48.81	48.81	6.27	34.48	65.52	% ARENA GRUESA 3.39
Nº 200	0.075	61.29	61.29	7.88	42.36	57.64	% ARENA MEDIANA 16.43
Fondo		4.90	448.60	57.64	100.00	0.00	% ARENA FINA 19.73
Total		334.53	778.23	100.00	-	-	% FINOS 57.64



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BLOQUES O BOLEOS
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

PARÁMETROS Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO

D10 = 0.013 Cu = 7.08 LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) = 28.61 %
 D30 = 0.039 Cc = 1.27 LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) = 22.78 %
 D60 = 0.092 ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 5.83 %
 I.G. = 5 CONTENIDO DE HUMEDAD = 12.80 %
 PORCENTAJE DE FINOS = 57.64 %

CLASIFICACION (SUCS): ML
 CLASIFICACION (AASTHO): A - 4 (S)

CLASIFICACIÓN DEL SUELO : LIMO DE BAJA PLASTICIDAD

OBSERVACIONES:

Figura D.11 Clasificación - Calicata C2, Pse Argelia.

Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

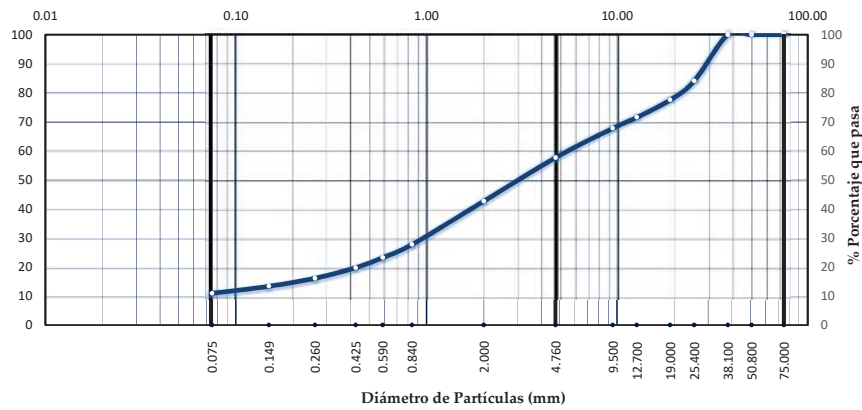
Solicitante : NILO CURI ROJAS
Descripción : CALICATA C3, PSJE CIRO ALEGRIA.
Muestra : C3-M2/T19 Hmuestra (m): 1.5
Fecha : 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-2487, D-3282, D-2216)

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO CORREGIDO (gr.)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO O QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO
3"	75.000	0.00	0	0.00	0.00	100.00	PESOS (gr)
2"	50.800	0.00	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S HUMEL 164.32
1 1/2"	38.100	0.00	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S SECA 1435.36
1"	25.400	190.95	190.95	15.92	15.92	84.08	W RECIPIENTE + S SECA L 1365.84
3/4"	19.000	78.88	78.88	6.58	22.50	77.50	HUMEDAD % 5.79
1/2"	12.700	72.01	72.01	6.00	28.50	71.50	W SUELO SECO 1201.52
3/8"	9.500	45.17	45.17	3.77	32.27	67.73	W RECIPIENTE + S SECA L 1238.35
Nº 4	4.760	121.02	121.02	10.09	42.36	57.64	S SECA LAVADA 1074.03
Nº 10	2.000	179.79	179.79	14.99	57.35	42.65	W GRANULOMETRIA 1071.95
Nº 20	0.840	179.12	179.12	14.93	72.28	27.72	W FONDO 3.53
Nº 30	0.590	53.81	53.81	4.49	76.76	23.24	W INTERPOLADO 131.02
Nº 40	0.425	41.85	41.85	3.49	80.25	19.75	% GRAVA GRUESA 28.50
Nº 60	0.260	43.73	43.73	3.65	83.90	16.10	% GRAVA FINA 13.86
Nº 100	0.149	33.09	33.09	2.76	86.66	13.34	% ARENA GRUESA 14.99
Nº 200	0.075	29.00	29	2.42	89.08	10.92	% ARENA MEDIANA 22.91
Fondo		3.53	131.02	10.92	100.00	0.00	% ARENA FINA 8.82
Total		1071.95	1199.44	100.00	-	-	% FINOS 10.92

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BLOQUES O BOLEOS
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

PARÁMETROS Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO

D10 = 0.069 Cu = 81.47 LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) = 25.74 %
 D30 = 0.959 Cc = 2.39 LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) = 21.27 %
 D60 = 5.598 ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 4.47 %
 I.G. = 0 CONTENIDO DE HUMEDAD = 5.79 %
 PORCENTAJE DE FINOS = 10.92 %

CLASIFICACION (SUCS): SW - SM
 CLASIFICACION (AASTHO): A - 1 - a (0)

CLASIFICACIÓN DEL SUELO : ARENA BIEN GRADUADA CON LIMOS

OBSERVACIONES:

Figura D.12 Clasificación - Calicata C3, Psje Ciró Alegria.

Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

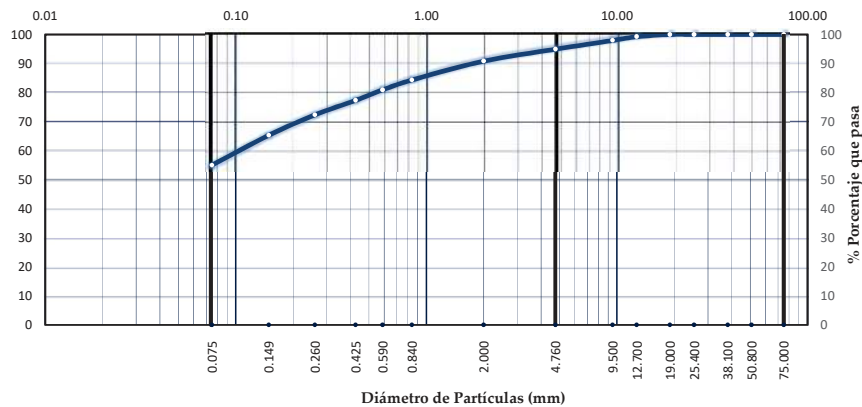
Solicitante : NILO CURI ROJAS
Descripción : CALICATA C4, JR JOSE SANTOS CHOCANO
Muestra : C4-M2/T11 Hmuestra (m): 1.5
Fecha : 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-2487, D-3282, D-2216)

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO CORREGIDO (gr.)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO	
							PESOS (gr)	
3"	75.000	0.00	0	0.00	0.00	100.00		163.23
2"	50.800	0.00	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S HUMED	975.81
1 1/2"	38.100	0.00	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S SECA	889.78
1"	25.400	0.00	0	0.00	0.00	100.00	HUMEDAD %	11.84
3/4"	19.000	0.00	0	0.00	0.00	100.00	W SUELO SECO	726.55
1/2"	12.700	5.58	5.58	0.77	0.77	99.23	W RECIPIENTE + S SECA L	500.1
3/8"	9.500	9.20	9.2	1.27	2.04	97.96	S SECA LAVADA	336.87
Nº 4	4.760	21.94	21.94	3.02	5.06	94.94	W GRANULOMETRÍA	335.87
Nº 10	2.000	29.76	29.76	4.10	9.16	90.84	W FONDO	9.49
Nº 20	0.840	47.13	47.13	6.50	15.66	84.34	W INTERPOLADO	399.17
Nº 30	0.590	24.61	24.61	3.39	19.05	80.95	% GRAVA GRUESA	0.77
Nº 40	0.425	26.26	26.26	3.62	22.67	77.33	% GRAVA FINA	4.29
Nº 60	0.260	36.32	36.32	5.01	27.68	72.32	% ARENA GRUESA	4.10
Nº 100	0.149	50.86	50.86	7.01	34.69	65.31	% ARENA MEDIANA	13.51
Nº 200	0.075	74.72	74.72	10.30	44.98	55.02	% ARENA FINA	22.31
Fondo		9.49	399.17	55.02	100.00	0.00	% FINOS	55.02
Total		335.87	725.55	100.00	-	-		

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BLOQUES O BOLEOS
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

PARÁMETROS Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO

D10 = 0.014	Cu = 7.66	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) =	27.67 %
D30 = 0.041	Cc = 1.17	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) =	26.47 %
D60 = 0.104		ÍNDICE DE PLASTICIDAD =	1.21 %
I.G. = 4		CONTENIDO DE HUMEDAD =	11.84 %
		PORCENTAJE DE FINOS =	55.02 %

CLASIFICACION (SUCS): ML
CLASIFICACION (AASHTO): A - 4 (4)

CLASIFICACIÓN DEL SUELO : LIMO DE BAJA PLASTICIDAD

OBSERVACIONES:

Figura D.13 Clasificación - Calicata C4, Jr Jose Santos Chocano.

Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
 Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
 Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

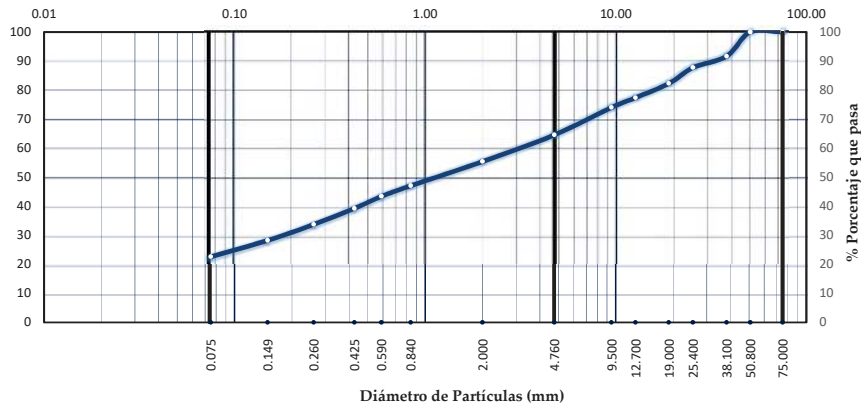
Solicitante : NILO CURI ROJAS Departamento: AYACUCHO
 Descripción : CALICATA C5, JR PRIMAVERA Provincia : HUAMANGA
 Muestra : C5-M2/T14 Hmuestra (m): 1.5 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Fecha : 06/04/2021 Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-2487, D-3282, D-2216)

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO CORREGIDO (gr.)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO	
3"	75.000	0.00	0	0.00	0.00	100.00	PESOS (gr)	
2"	50.800	0.00	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE	163.16
1 1/2"	38.100	78.78	78.78	8.35	8.35	91.65	W RECIPIENTE + S HUMED	1194.43
1"	25.400	36.90	36.9	3.91	12.26	87.74	W RECIPIENTE + S SECA	1109.01
3/4"	19.000	51.48	51.48	5.46	17.72	82.28	HUMEDAD %	9.03
1/2"	12.700	46.19	46.19	4.90	22.62	77.38	W SUELO SECO	945.85
3/8"	9.500	31.79	31.79	3.37	25.99	74.01	W RECIPIENTE + S SECA L	902.06
Nº 4	4.760	89.06	89.06	9.44	35.43	64.57	S SECA LAVADA	738.9
Nº 10	2.000	86.62	86.62	9.18	44.61	55.39	W GRANULOMETRÍA	736.37
Nº 20	0.840	78.48	78.48	8.32	52.93	47.07	W FONDO	6.27
Nº 30	0.590	34.53	34.53	3.66	56.59	43.41	W INTERPOLADO	213.22
Nº 40	0.425	39.10	39.1	4.14	60.74	39.26	% GRAVA GRUESA	22.62
Nº 60	0.260	52.25	52.25	5.54	66.27	33.73	% GRAVA FINA	12.81
Nº 100	0.149	51.83	51.83	5.49	71.77	28.23	% ARENA GRUESA	9.18
Nº 200	0.075	53.09	53.09	5.63	77.40	22.60	% ARENA MEDIANA	16.12
Fondo		6.27	213.22	22.60	100.00	0.00	% ARENA FINA	16.66
Total		736.37	943.32	100.00	-	-	% FINOS	22.60

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BLOQUES O BOLEOS
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

PARÁMETROS Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO

D10 = 0.033	Cu = 93.11	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) =	23.53 %
D30 = 0.178	Cc = 0.31	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) =	22.78 %
D60 = 3.090		ÍNDICE DE PLASTICIDAD =	0.75 %
I.G. = 0		CONTENIDO DE HUMEDAD =	9.03 %
		PORCENTAJE DE FINOS =	22.60 %

CLASIFICACION (SUCS): SM
 CLASIFICACION (AASHTO): A - 2 - 4 (0)

CLASIFICACIÓN DEL SUELO :	ARENA LIMOSA
---------------------------	--------------

OBSERVACIONES:

Figura D.14 Clasificación - Calicata C5, Jr Primavera.
 Fuente: Elaboración Propia



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
 Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
 Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
 Descripción : CALICATA C6, JR LOS ÁLAMOS
 Muestra : C6-M2/T11 Hmuestra (m): 1.5
 Fecha : 06/04/2021

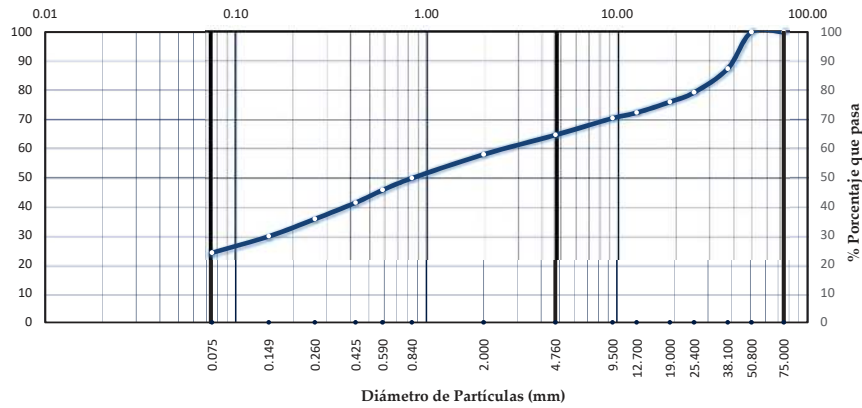
Departamento: AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-2487, D-3282, D-2216)

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO CORREGIDO (gr.)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO
3"	75.000	0.00	0	0.00	0.00	100.00	PESOS (gr)
2"	50.800	0.00	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE 167.86
1 1/2"	38.100	141.76	141.76	12.64	12.64	87.36	W RECIPIENTE + S HUMED 1372.54
1"	25.400	91.70	91.7	8.18	20.82	79.18	W RECIPIENTE + S SECA 1291.56
3/4"	19.000	36.41	36.41	3.25	24.06	75.94	HUMEDAD % 7.21
1/2"	12.700	41.66	41.66	3.71	27.78	72.22	W SUELO SECO 1123.7
3/8"	9.500	21.46	21.46	1.91	29.69	70.31	W RECIPIENTE + S SECA L 1028.41
Nº 4	4.760	64.46	64.46	5.75	35.44	64.56	S SECA LAVADA 860.55
Nº 10	2.000	75.33	75.33	6.72	42.16	57.84	W GRANULOMETRÍA 858.3
Nº 20	0.840	91.85	91.85	8.19	50.35	49.65	W FONDO 5.67
Nº 30	0.590	45.71	45.71	4.08	54.42	45.58	W INTERPOLADO 268.82
Nº 40	0.425	48.91	48.91	4.36	58.79	41.21	% GRAVA GRUESA 27.78
Nº 60	0.260	62.98	62.98	5.62	64.40	35.60	% GRAVA FINA 7.66
Nº 100	0.149	67.04	67.04	5.98	70.38	29.62	% ARENA GRUESA 6.72
Nº 200	0.075	63.36	63.36	5.65	76.03	23.97	% ARENA MEDIANA 16.63
Fondo		5.67	268.82	23.97	100.00	0.00	% ARENA FINA 17.24
Total		858.3	1121.45	100.00	-	-	% FINOS 23.97

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BLOQUES O BOLEOS
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

PARÁMETROS Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO

D10 = 0.031 Cu = 84.53 LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) = 24.45 %
 D30 = 0.155 Cc = 0.29 LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) = 22.52 %
 D60 = 2.642 ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 1.93 %
 I.G. = 0 CONTENIDO DE HUMEDAD = 7.21 %
 PORCENTAJE DE FINOS = 23.97 %

CLASIFICACION (SUCS): GM
 CLASIFICACION (AASHTO): A - 1 - b (0)

CLASIFICACIÓN DEL SUELO : GRAVA LIMOSA

OBSERVACIONES:

Figura D.15 Clasificación - Calicata C6, Jr Los Álamos.

Fuente: Elaboración Propia



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

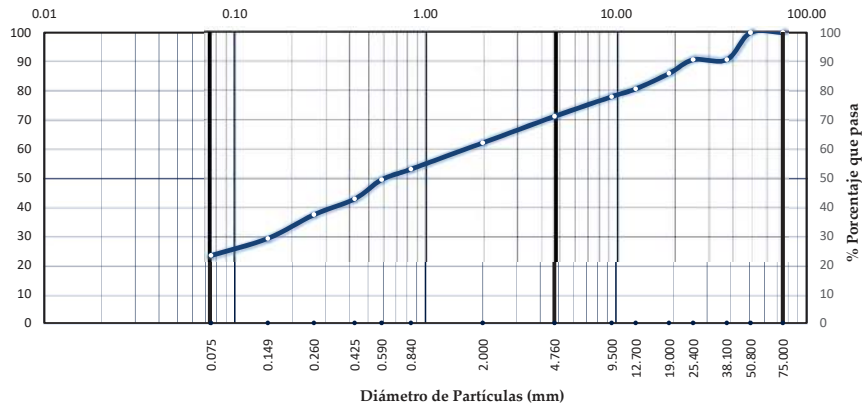
Solicitante : NILO CURI ROJAS
Descripción : CALICATA C7, JR VISTA ALEGRE
Muestra : C7-M2/T8 Hmuestra (m): 1.5
Fecha : 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-2487, D-3282, D-2216)

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO CORREGIDO (gr.)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO O QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO
3"	75.000	0	0	0.00	0.00	100.00	PESOS (gr)
2"	50.800	0	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE 163.26
1 1/2"	38.100	96.78	96.78	9.35	9.35	90.65	W RECIPIENTE + S HUMEC 1275.45
1"	25.400	0	0	0.00	9.35	90.65	W RECIPIENTE + S SECA 1197.99
3/4"	19.000	48.71	48.71	4.71	14.06	85.94	HUMEDAD % 7.49
1/2"	12.700	55.01	55.01	5.32	19.38	80.62	W SUELO SECO 1034.73
3/8"	9.500	27.67	27.67	2.67	22.05	77.95	W RECIPIENTE + S SECA L 962.7
Nº 4	4.760	70.38	70.38	6.80	28.85	71.15	S SECA LAVADA 799.44
Nº 10	2.000	94.25	94.25	9.11	37.96	62.04	W GRANULOMETRÍA 799.51
Nº 20	0.840	93.76	93.76	9.06	47.02	52.98	W FONDO 4.89
Nº 30	0.590	37.14	37.14	3.59	50.61	49.39	W INTERPOLADO 240.18
Nº 40	0.425	69.01	69.01	6.67	57.28	42.72	% GRAVA GRUESA 19.38
Nº 60	0.260	56.08	56.08	5.42	62.70	37.30	% GRAVA FINA 9.48
Nº 100	0.149	84.66	84.66	8.18	70.88	29.12	% ARENA GRUESA 9.11
Nº 200	0.075	61.17	61.17	5.91	76.79	23.21	% ARENA MEDIANA 19.32
Fondo		4.89	240.18	23.21	100.00	0.00	% ARENA FINA 19.51
Total		799.51	1034.8	100.00	-	-	% FINOS 23.21

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BLOQUES O BOLEOS
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

PARÁMETROS Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO

D10 = 0.032 Cu = 50.93 LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) = 27.61 %
 D30 = 0.158 Cc = 0.47 LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) = 18.31 %
 D60 = 1.644 ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 9.30 %
 I.G. = 0 CONTENIDO DE HUMEDAD = 7.49 %
 PORCENTAJE DE FINOS = 23.21 %

CLASIFICACION (SUCS): SC
 CLASIFICACION (AASHTO): A-2-4 (0)

CLASIFICACIÓN DEL SUELO : ARENA ARCILLOSA

OBSERVACIONES:

Figura D.16 Clasificación - Calicata C7, Jr Vista Alegre.
Fuente: Elaboración Propia



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

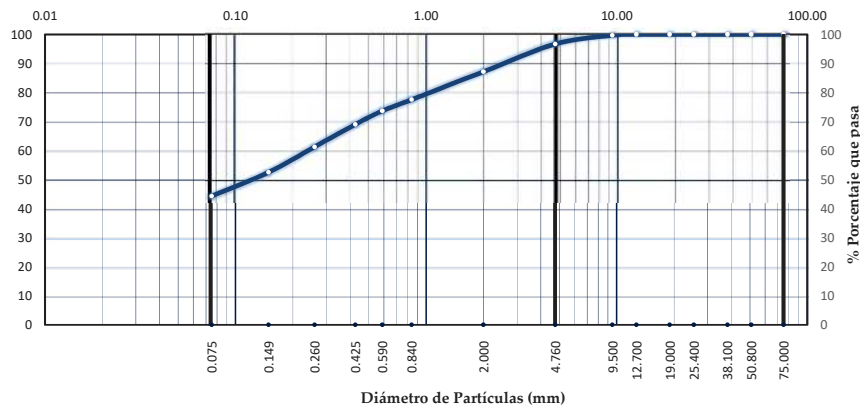
Solicitante : NILO CURI ROJAS
Descripción : CALICATA C8, JR JORGE BASADRE.
Muestra : C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5
Fecha : 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-2487, D-3282, D-2216)

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO CORREGIDO (gr.)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO O QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO
							PESOS (gr)
3"	75.000	0.00	0	0.00	0.00	100.00	166.24
2"	50.800	0.00	0	0.00	0.00	100.00	1013.75
1 1/2"	38.100	0.00	0	0.00	0.00	100.00	937.48
1"	25.400	0.00	0	0.00	0.00	100.00	9.89
3/4"	19.000	0.00	0	0.00	0.00	100.00	771.24
1/2"	12.700	0.00	0	0.00	0.00	100.00	601.94
3/8"	9.500	2.36	2.36	0.31	0.31	99.69	435.7
Nº 4	4.760	23.01	23.01	2.99	3.29	96.71	434.57
Nº 10	2.000	73.27	73.27	9.51	12.81	87.19	6.03
Nº 20	0.840	74.23	74.23	9.64	22.45	77.55	341.57
Nº 30	0.590	29.66	29.66	3.85	26.30	73.70	0.00
Nº 40	0.425	36.06	36.06	4.68	30.98	69.02	3.29
Nº 60	0.260	59.47	59.47	7.72	38.70	61.30	9.51
Nº 100	0.149	67.44	67.44	8.76	47.46	52.54	18.17
Nº 200	0.075	63.04	63.04	8.19	55.65	44.35	24.67
Fondo		6.03	341.57	44.35	100.00	0.00	44.35
Total		434.57	770.11	100.00	-	-	

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BLOQUES O BOLEOS
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

PARÁMETROS Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO

D10 = 0.017	Cu = 14.16	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) =	29.68 %
D30 = 0.051	Cc = 0.64	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) =	27.71 %
D60 = 0.239		ÍNDICE DE PLASTICIDAD =	1.97 %
I.G. = 2		CONTENIDO DE HUMEDAD =	9.89 %
		PORCENTAJE DE FINOS =	44.35 %

CLASIFICACION (SUCS): SM
CLASIFICACION (AASTHO): A - 4 (2)

CLASIFICACION DEL SUELO: ARENA LIMOSA

OBSERVACIONES:

Figura D.17 Clasificación - Calicata C8, Jr Jorge Basadre.
Fuente: Elaboración Propia

Anexo E

Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad (NTP 339.129) (Calicata N° 01 hasta la calicata N° 08)



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURJI ROJAS
Descripción : SUBRASANTE - CALICATA C1, JR JOSE MARIA ARGUEDAS
Muestra : C1- M2/T43
Fecha : 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE SUELOS (ASTM D-4318, MTC E 110-2016, NTP 339.129)

N° RECIPIENTE	N°	15	250	46
2 N° GOLPES	N°	8	21	35
3 W DEL RECIPIENTE	gr	10.83	10.55	10.7
4 W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	41.19	33.93	57.61
5 W RECIPIENTE + S SECA	gr	33.96	28.71	47.61
6 W DEL AGUA	gr	7.23	5.22	10
7 W DEL SUELO SECO	gr	23.13	18.16	36.91
8 HUMEDAD	%	31.26	28.74	27.09
9 LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	%	28.12		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (ASTM D-4318, MTC E 111-2016, NTP 339.129)

N° RECIPIENTE	N°	7	16	
2 W DEL RECIPIENTE	gr	11.23	10.86	
3 W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	12.27	11.70	
4 W RECIPIENTE + S SECA	gr	12.05	11.54	
5 W DEL AGUA	gr	0.22	0.16	
6 W DEL SUELO SECO	gr	0.82	0.68	
7 HUMEDAD	%	26.83	23.53	
8 LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	%	25.18		

ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP = LL - LP = 2.94 %

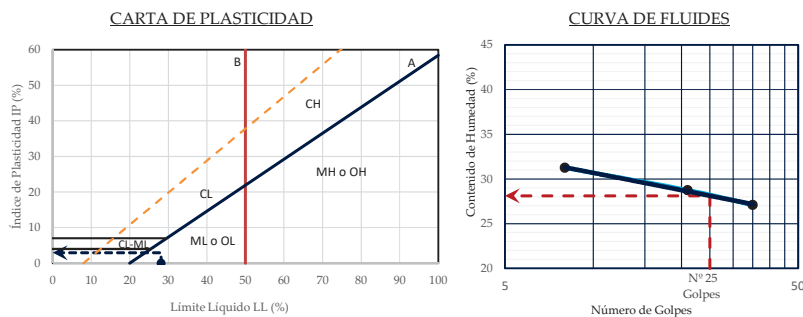


Figura E.18 Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C1, Jr Jose Maria Arguedas.
Fuente: Elaboración Propia



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN
LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
Descripción : CALICATA C2, PSE ARGELIA
Muestra : C2-M2/T27
Fecha : 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

Hmuestra (m): 1.5

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE SUELOS (ASTM D-4318, MTC E 110-2016)

1	Nº RECIPIENTE	Nº	32	29	24
2	Nº GOLPES	Nº	8	16	33
3	W DEL RECIPIENTE	gr	10.99	11.52	11.36
4	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	46.48	45.17	46.49
5	W RECIPIENTE + S SECA	gr	37.91	37.4	38.86
6	W DEL AGUA	gr	8.57	7.77	7.63
7	W DEL SUELO SECO	gr	26.92	25.88	27.5
8	HUMEDAD	%	31.84	30.02	27.75
9	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	%	28.61		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (ASTM D-4318, MTC E 111-2016)

1	Nº RECIPIENTE	Nº	3	321	
2	W DEL RECIPIENTE	gr	10.8	10.81	
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	12.04	11.78	
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	11.81	11.6	
5	W DEL AGUA	gr	0.23	0.18	
6	W DEL SUELO SECO	gr	1.01	0.79	
7	HUMEDAD	%	22.77	22.78	
8	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	%	22.78		

$$\text{ÍNDICE PLÁSTICO (\%)} \text{ IP} = \text{LL} - \text{LP} = 5.83 \%$$

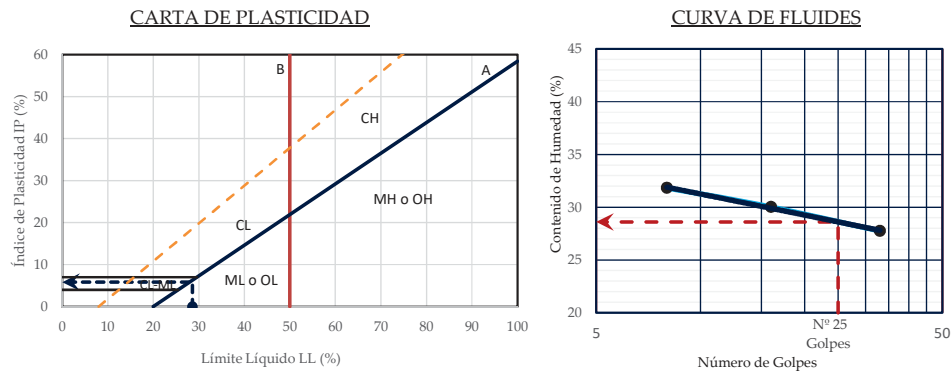


Figura E.19 Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C2, Pse Argelia.
Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
Descripción : CALICATA C4, JR JOSE SANTOS CHOCANO
Muestra : C4-M2/T11
Fecha : 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS (ASTM D-4318, MTC E 110-2016)

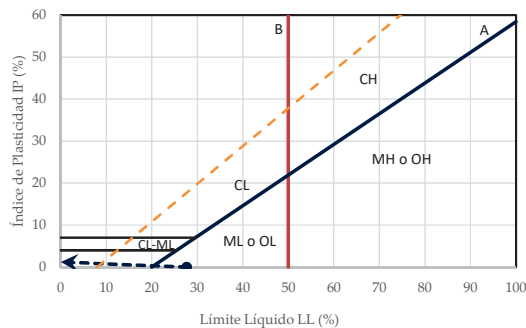
1	Nº RECIPIENTE	Nº	88	14	1
2	Nº GOLPES	Nº	9	23	35
3	W DEL RECIPIENTE	gr	11.3	11.23	10.3
4	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	43.72	43.35	54.19
5	W RECIPIENTE + S SECA	gr	36.29	36.28	44.94
6	W DEL AGUA	gr	7.43	7.07	9.25
7	W DEL SUELO SECO	gr	24.99	25.05	34.64
8	HUMEDAD	%	29.73	28.22	26.70
9	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	%	27.67		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (ASTM D-4318, MTC E 111-2016)

1	Nº RECIPIENTE	Nº	23	241	
2	W DEL RECIPIENTE	gr	10.59	11.19	
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	12.25	12.49	
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	11.9	12.22	
5	W DEL AGUA	gr	0.35	0.27	
6	W DEL SUELO SECO	gr	1.31	1.03	
7	HUMEDAD	%	26.72	26.21	
8	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	%	26.47		

ÍNDICE PLÁSTICO (%) $IP = LL - LP = 1.21 \%$

CARTA DE PLASTICIDAD



CURVA DE FLUIDES

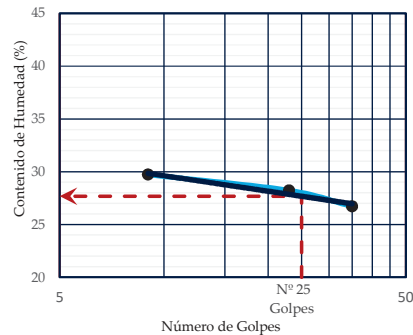


Figura E.21 Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C4, Jr Jose Santos Chocano.
Fuente: Elaboración Propia



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
Descripción : CALICATA C5, JR PRIMAVERA
Muestra : C5-M2/T14
Fecha : 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

Hmuestra (m): 1.5

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE SUELOS (ASTM D-4318, MTC E 110-2016)

1	Nº RECIPIENTE	Nº	6	36	151
2	Nº GOLPES	Nº	8	17	34
3	W DEL RECIPIENTE	gr	10.48	10.82	11.32
4	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	36.26	42.14	37.31
5	W RECIPIENTE + S SECA	gr	30.71	35.93	32.53
6	W DEL AGUA	gr	5.55	6.21	4.78
7	W DEL SUELO SECO	gr	20.23	25.11	21.21
8	HUMEDAD	%	27.43	24.73	22.54
9	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	%	23.53		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (ASTM D-4318, MTC E 111-2016)

1	Nº RECIPIENTE	Nº	3	321
2	W DEL RECIPIENTE	gr	10.8	10.81
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	12.04	11.78
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	11.81	11.6
5	W DEL AGUA	gr	0.23	0.18
6	W DEL SUELO SECO	gr	1.01	0.79
7	HUMEDAD	%	22.77	22.78
8	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	%	22.78	

ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP = LL - LP = 0.75 %

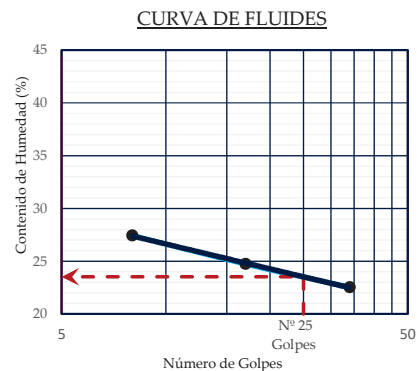
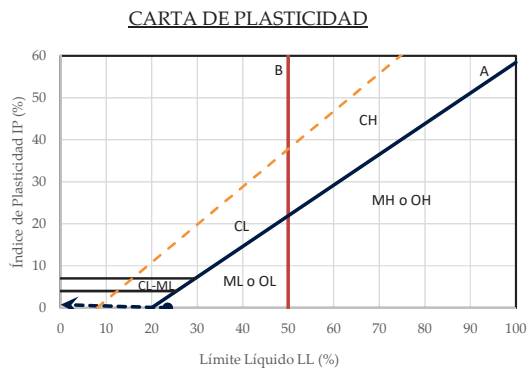


Figura E.22 Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C5, Jr Primavera.
Fuente: Elaboración Propia



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
Descripción : CALICATA C6, JR LOS ÁLAMOS
Muestra : C6-M2/T11
Fecha : 06/04/2021

Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

Hmuestra (m): 1.5

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS (ASTM D-4318, MTC E 110-2016)

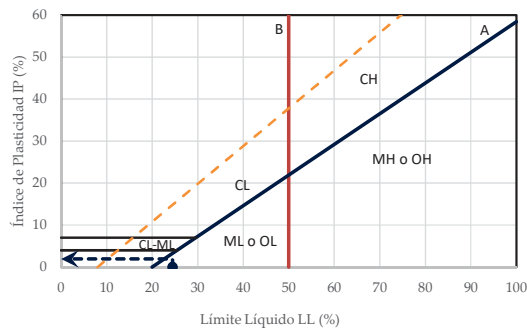
1	Nº RECIPIENTE	Nº	11	2	20
2	Nº GOLPES	Nº	8	23	35
3	W DEL RECIPIENTE	gr	12.02	11.45	11.81
4	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	64.61	49.51	49.39
5	W RECIPIENTE + S SECA	gr	53.41	41.93	42.24
6	W DEL AGUA	gr	11.2	7.58	7.15
7	W DEL SUELO SECO	gr	41.39	30.48	30.43
8	HUMEDAD	%	27.06	24.87	23.50
9	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	%	24.45		

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (ASTM D-4318, MTC E 111-2016)

1	Nº RECIPIENTE	Nº	10	5	
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.39	11.67	
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	14.51	13.85	
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	13.98	13.42	
5	W DEL AGUA	gr	0.53	0.43	
6	W DEL SUELO SECO	gr	2.59	1.75	
7	HUMEDAD	%	20.46	24.57	
8	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	%	22.52		

ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP = LL - LP = 1.93 %

CARTA DE PLASTICIDAD



CURVA DE FLUIDES

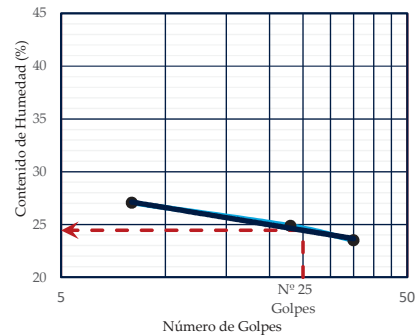


Figura E.23 Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C6, Jr Los Álamos.
Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021
Solicitante : NILO CURI ROJAS Departamento: AYACUCHO
Descripción : CALICATA C7, JR VISTA ALEGRE Provincia : HUAMANGA
Muestra : C7-M2/T8 Hmuestra (m): 1.5 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Fecha : 06/04/2021 Lugar : SANTA LEONOR

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE SUELOS
(ASTM D-4318, MTC E 110-2016)**

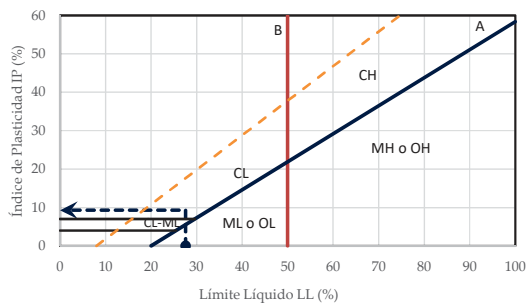
1	Nº RECIPIENTE	Nº	26	13	27
2	Nº GOLPES	Nº	9	20	31
3	W DEL RECIPIENTE	gr	10.92	11.38	11.13
4	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	34.3	42.73	37.3
5	W RECIPIENTE + S SECA	gr	28.88	35.85	31.72
6	W DEL AGUA	gr	5.42	6.88	5.58
7	W DEL SUELO SECO	gr	17.96	24.47	20.59
8	HUMEDAD	%	30.18	28.12	27.10
9	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	%	27.61		

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
(ASTM D-4318, MTC E 111-2016)**

1	Nº RECIPIENTE	Nº	30	18	
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.11	10.31	
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	12.4	11.43	
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	12.26	11.21	
5	W DEL AGUA	gr	0.14	0.22	
6	W DEL SUELO SECO	gr	1.15	0.9	
7	HUMEDAD	%	12.17	24.44	
8	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	%	18.31		

ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP = LL - LP = 9.30 %

CARTA DE PLASTICIDAD



CURVA DE FLUIDES

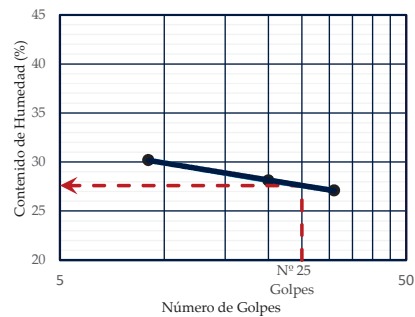


Figura E.24 Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C7, Jr Vista Alegre.
Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
 Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
 Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021
 Solicitante : NILO CURI ROJAS
 Descripción : CALICATA C8, JR JORGE BASADRE.
 Muestra : C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5
 Fecha : 06/04/2021
 Departamento: AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar : SANTA LEONOR

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS
 (ASTM D-4318, MTC E 110-2016)**

1	Nº RECIPIENTE	Nº	28	21	9
2	Nº GOLPES	Nº	10	19	30
3	W DEL RECIPIENTE	gr	11.31	11.4	10.89
4	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	29.04	25.42	28.84
5	W RECIPIENTE + S SECA	gr	24.63	22.12	24.81
6	W DEL AGUA	gr	4.41	3.3	4.03
7	W DEL SUELO SECO	gr	13.32	10.72	13.92
8	HUMEDAD	%	33.11	30.78	28.95
9	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	%	29.68		

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
 (ASTM D-4318, MTC E 111-2016)**

1	Nº RECIPIENTE	Nº	141	12	
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.73	11.09	
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	13.39	12.48	
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	13.04	12.17	
5	W DEL AGUA	gr	0.35	0.31	
6	W DEL SUELO SECO	gr	1.31	1.08	
7	HUMEDAD	%	26.72	28.70	
8	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	%	27.71		

ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP = LL - LP = 1.97 %

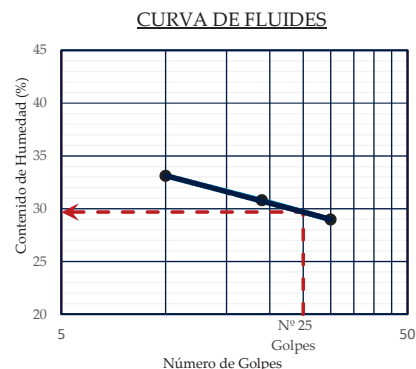
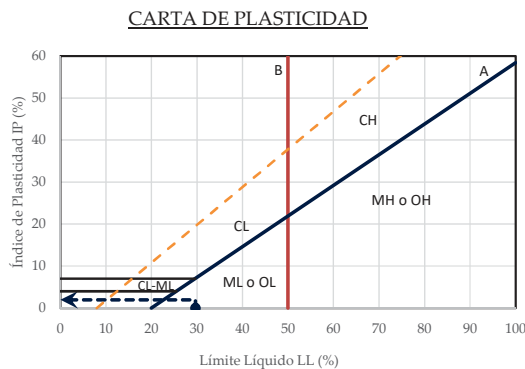


Figura E.25 Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad - Calicata C8, Jr Jorge Basadre.
 Fuente: **Elaboración Propia**

Anexo F

Ensayo de Procto Modificado (ASTM D-1557, NTP 339.141, MTC E 115) (Calicata N° 01 hasta la calicata N° 08)



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante: NILO CURI ROJAS
Descripción: SUBRASANTE - CALICATA C1, JR JOSE MARIA ARGUEDAS
Muestra: C1- M2/T43 Hmuestra (m): 1.5
Fecha: 06/04/2021 Estudio a Nivel SubRasante

Departamento: AYACUCHO
Provincia: HUAMANGA
Distrito: SAN JUAN BAUTISTA
Lugar: SANTA LEONOR

ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO (ASTM D-1557, NTP 339.141, MTC E 115)

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "A"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

			1	1	1	1
1	Nº RECIPIENTE	Nº	1	1	1	1
2	GOLPES POR CAPA	Nº	25	25	25	25
3	Nº DE CAPAS	Nº	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	9614	9788	10020	10076
6	PESO DEL MOLDE	gr	6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3605	3779	4011	4067
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.707	1.789	1.899	1.926
9	DENSIDAD SECA		1.538	1.598	1.658	1.589

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C		D	
1	Nº RECIPIENTE	Nº	14	22	31	23	277	8	12	2
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.19	11.3	11.9	10.56	11.33	10.61	11.02	11.4
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	65.73	78.49	68.14	79.15	91.08	84.09	106.47	97.55
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	60.22	71.95	62.11	71.84	81.02	74.71	89.92	82.35
5	W DEL AGUA	gr	5.51	6.54	6.03	7.31	10.06	9.38	16.55	15.2
6	W DEL SUELO SECO	gr	49.03	60.65	50.21	61.28	69.69	64.1	78.9	70.95
7	HUMEDAD	%	11.24	10.78	12.01	11.93	14.44	14.63	20.98	21.42
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	11.01		11.97		14.53		21.20	

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) = 1.69

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 16.7

CURVA DE COMPACTACIÓN - CALICATA N°1

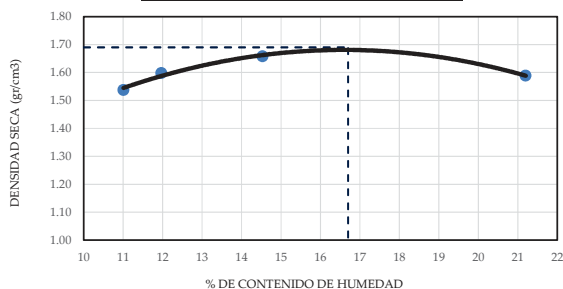


Figura F.26 Procto Modificado - Calicata C1, Jr Jose Maria Arguedas.
Fuente: Elaboración Propia



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
 Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
 Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
 Descripción : CALICATA C2, PSE ARGELIA
 Muestra : C2-M2/T27 Hmuestra (m): 1.5
 Fecha : 06/04/2021 Estudio a Nivel SubRasante

Departamento: AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar : SANTA LEONOR

**ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO
 (ASTM D-1557)**

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "A"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

1	Nº RECIPIENTE	Nº	1	1	1	1
2	GOLPES POR CAPA	Nº	25	25	25	25
3	Nº DE CAPAS	Nº	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	9628	9848	10214	10065
6	PESO DEL MOLDE	gr	6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3619	3839	4205	4056
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.714	1.818	1.991	1.921
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.564	1.639	1.715	1.595

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C		D	
1	Nº RECIPIENTE	Nº	29	3	7	88	20	30B	46	33
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.5	10.78	11.19	11.27	11.76	11.57	10.7	11.55
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	80.94	73.35	107.25	96.52	91.34	84.36	84.77	91.80
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	74.98	67.76	97.82	88.07	80.35	74.24	73.21	77.16
5	W DEL AGUA	gr	5.96	5.59	9.43	8.45	10.99	10.12	11.56	14.64
6	W DEL SUELO SECO	gr	63.48	56.98	86.63	76.8	68.59	62.67	62.51	65.61
7	HUMEDAD	%	9.39	9.81	10.89	11.00	16.02	16.15	18.49	22.31
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	9.60		10.94		16.09		20.40	

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) = 1.72 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 15.5

HUMEDAD VS DENSIDAD SECA

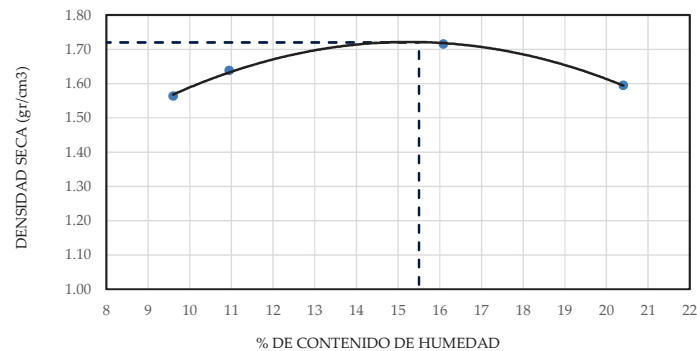


Figura F.27 Procto Modificado - Calicata C2, Pse Argelia.
 Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante: NILO CURI ROJAS
Descripción: CALICATA C3, PSJE CIRO ALEGRIA.
Muestra: C3-M2/T19 Hmuestra (m): 1.5
Fecha: 06/04/2021 Estudio a Nivel SubRasante

Departamento: AYACUCHO
Provincia: HUAMANGA
Distrito: SAN JUAN BAUTISTA
Lugar: SANTA LEONOR

**ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO
(ASTM D-1557)**

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "A"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

1	Nº RECIPIENTE	Nº	1	1	1	1
2	GOLPES POR CAPA	Nº	25	25	25	25
3	Nº DE CAPAS	Nº	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	10088	10544	10571	10408
6	PESO DEL MOLDE	gr	6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	4079	4535	4562	4399
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.932	2.147	2.160	2.083
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.829	1.970	1.891	1.807

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C		D	
1	Nº RECIPIENTE	Nº	N31	N2	N6	N9	N29J	N28B	N28	N262
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.9	11.4	10.47	10.89	10.97	10.82	11.33	10.88
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	73.74	90.36	88.8	100.09	130.58	85.38	137.2	132.28
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	70.51	86.1	82.56	92.47	115.83	76.02	120.94	115.74
5	W DEL AGUA	gr	3.23	4.26	6.24	7.62	14.75	9.36	16.26	16.54
6	W DEL SUELO SECO	gr	58.61	74.7	72.09	81.58	104.86	65.2	109.61	104.86
7	HUMEDAD	%	5.51	5.70	8.66	9.34	14.07	14.36	14.83	15.77
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	5.61		9.00		14.21		15.30	

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) = 1.99

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 10.5

HUMEDAD VS DENSIDAD SECA

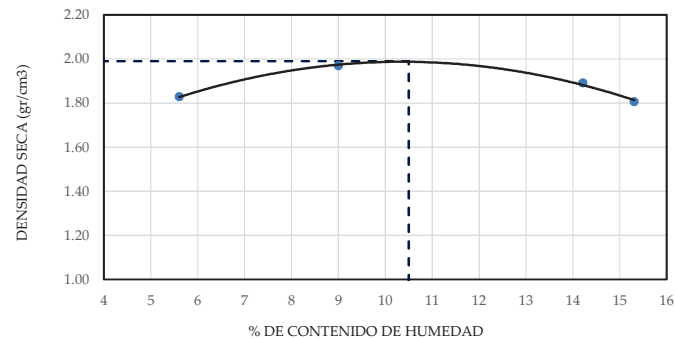


Figura F.28 Procto Modificado - Calicata C3, Psje Ciró Alegria.

Fuente: Elaboración Propia



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante: NILO CURI ROJAS Departamento: AYACUCHO
Descripción: CALICATA C5, JR PRIMAVERA Provincia: HUAMANGA
Muestra: C5-M2/T14 Hmuestra (m): 1.5 Distrito: SAN JUAN BAUTISTA
Fecha: 06/04/2021 Estudio a Nivel SubRasante Lugar: SANTA LEONOR

ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "A"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

1	Nº RECIPIENTE	Nº	1	1	1	1
2	GOLPES POR CAPA	Nº	25	25	25	25
3	Nº DE CAPAS	Nº	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	9921	10260	10478	10264
6	PESO DEL MOLDE	gr	6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3912	4251	4469	4255
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.852	2.013	2.116	2.015
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.763	1.857	1.865	1.705

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN		A		B		C		D		
1	Nº RECIPIENTE	Nº	321	16	36	21	13	15	18	30
2	W DEL RECIPIENTE	gr	10.78	10.83	10.81	11.52	11.38	10.82	10.31	11.09
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	94.52	82.10	73.54	79.88	88.62	100.59	139.17	120.29
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	90.5	78.65	68.75	74.52	79.79	89.51	119.03	103.81
5	W DEL AGUA	gr	4.02	3.45	4.79	5.36	8.83	11.08	20.14	16.48
6	W DEL SUELO SECO	gr	79.72	67.82	57.94	63	68.41	78.69	108.72	92.72
7	HUMEDAD	%	5.04	5.09	8.27	8.51	12.91	14.08	18.52	17.77
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	5.06		8.39		13.49		18.15	

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) = 1.88

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 11.3

HUMEDAD VS DENSIDAD SECA

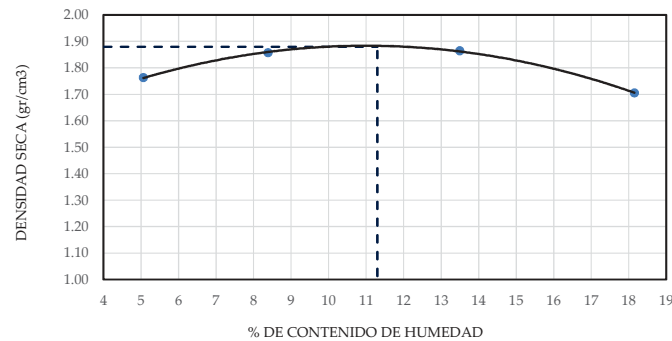


Figura F.30 Procto Modificado - Calicata C5, Jr Primavera.

Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
 Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
 Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante: NILO CURI ROJAS
 Descripción: CALICATA C7, JR VISTA ALEGRE
 Muestra: C7-M2/T8 Hmuestra (m): 1.5
 Fecha: 06/04/2021 Estudio a Nivel SubRasante

Departamento: AYACUCHO
 Provincia: HUAMANGA
 Distrito: SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar: SANTA LEONOR

**ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO
 (ASTM D-1557)**

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "A"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

1	Nº RECIPIENTE	Nº	1	1	1	1
2	GOLPES POR CAPA	Nº	25	25	25	25
3	Nº DE CAPAS	Nº	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	9770	10057	10160	10043
6	PESO DEL MOLDE	gr	6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3761	4048	4151	4034
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.781	1.917	1.966	1.910
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.621	1.688	1.689	1.580

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C		D	
1	Nº RECIPIENTE	Nº	22	31	14	23	277	8	2	12
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.29	11.9	11.19	10.56	11.32	10.6	11.4	11.07
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	80.43	71.69	89.9	79.61	80.46	65.75	101.13	91.21
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	74.21	66.32	80.28	71.56	70.84	57.91	85.27	77.7
5	W DEL AGUA	gr	6.22	5.37	9.62	8.05	9.62	7.84	15.86	13.51
6	W DEL SUELO SECO	gr	62.92	54.42	69.09	61	59.52	47.31	73.87	66.63
7	HUMEDAD	%	9.89	9.87	13.92	13.20	16.16	16.57	21.47	20.28
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	9.88		13.56		16.37		20.87	

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) = 1.69

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 15

HUMEDAD VS DENSIDAD SECA

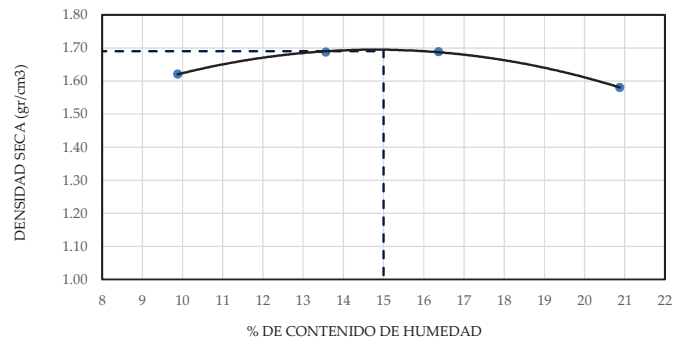


Figura F.32 Procto Modificado - Calicata C7, Jr Vista Alegre.
 Fuente: Elaboración Propia



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS

Departamento: AYACUCHO

Descripción : CALICATA C8, JR JORGE BASADRE.

Provincia : HUAMANGA

Muestra : C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5

Distrito : SAN JUAN BAUTISTA

Fecha : 06/04/2021 Estudio a Nivel SubRasante

Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "A"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

	Nº RECIPIENTE	Nº	1	1	1	1
2	GOLPES POR CAPA	Nº	25	25	25	25
3	Nº DE CAPAS	Nº	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	9436	9684	9984	9876
6	PESO DEL MOLDE	gr	6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3427	3675	3975	3867
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.623	1.740	1.882	1.831
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.470	1.535	1.584	1.491

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C		D	
1	Nº RECIPIENTE	Nº	N33	N277	N22	N30B	N8	N27	N7	N30
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.53	11.33	11.29	11.56	10.6	11.12	11.18	11.09
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	84.22	79.14	71.07	85.79	65.49	70.72	107.41	94.99
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	77.75	72.4	64.25	76.77	56.6	61.48	89.29	79.63
5	W DEL AGUA	gr	6.47	6.74	6.82	9.02	8.89	9.24	18.12	15.36
6	W DEL SUELO SECO	gr	66.22	61.07	52.96	65.21	46	50.36	78.11	68.54
7	HUMEDAD	%	9.77	11.04	12.88	13.83	19.33	18.35	23.20	22.41
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	10.40		13.35		18.84		22.80	

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) = 1.58

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 17.3

CURVA DE COMPACTACION - CALICATA N°8

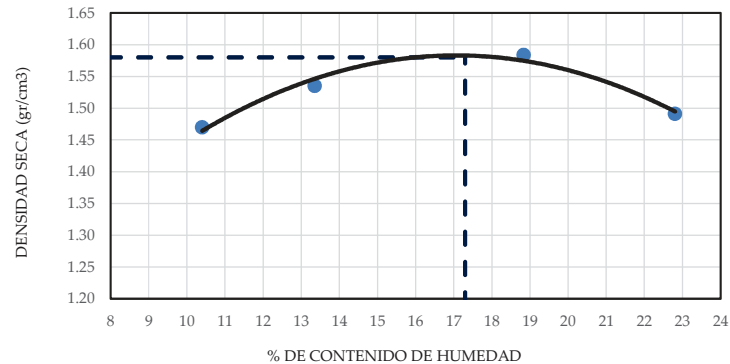


Figura F.33 Procto Modificado - Calicata C8, Jr Jorge Basadre.

Fuente: **Elaboración Propia**

Anexo G

C.B.R. (ASTM D-1883, N.T.P. 339.145) (Calicata N° 08)

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021		
Solicitante :	NILO CURI ROJAS	Departamento:	AYACUCHO
Descripción :	CALICATA C8, JR JORGE BASADRE.	Provincia :	HUAMANGA
Muestra :	C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5	Distrito :	SAN JUAN BAUTISTA
Fecha :	06/04/2021 Estudio a Nivel SubRasante	Lugar :	SANTA LEONOR

ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR (ASTM D-1883, N.T.P. 339.145)

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

1	N° RECIPIENTE	N°	4		5		6	
2	GOLPES POR CAPA	N°	12		25		56	
3	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		SECA	MOJADA	SECA	MOJADA	SECA	MOJADA
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2089		2087		2089	
5	PESO MOLDE + SUELO	gr	8490		8843		8897	
6	PESO DEL MOLDE	gr	4921		4937		4867	
7	PESO MUESTRA COM	gr	3569		3906		4030	
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.709		1.872		1.930	
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.485		1.595		1.663	

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C	
1	N° RECIPIENTE	N°	N6	N31	N30	N2	N29f	N28b
2	W DEL RECIPIENTE	gr	10.47	11.89	11.09	11.41	10.98	10.82
3	W RECIPIENTE + SUELO	gr	84.33	91.23	75.97	76.16	80.99	80.41
4	W RECIPIENTE + SUELO	gr	74.45	81.06	66.45	66.52	70.82	71.29
5	W DEL AGUA	gr	9.88	10.17	9.52	9.64	10.17	9.12
6	W DEL SUELO SECO	gr	63.98	69.17	55.36	55.11	59.84	60.47
7	HUMEDAD	%	15.44	14.70	17.20	17.49	17.00	15.08
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	15.07		17.34		16.04	

CÁLCULO DE LA EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO (HRS)	LECT. DIAL "			EXPANSION			LECT. DIAL "			EXPANSION		
			m.m	%		m.m	%		m.m	%		m.m	%	
13/09/2021	13:30	0.00	199.00	0.000	0.00	198.00	0.000	0.00	199.00	0.000	0.00	199.00	0.000	0.00
14/09/2021	13:30	24.00	236.00	0.940	0.81	212.00	0.330	0.28	210.00	0.279	0.24	210.00	0.279	0.24
15/09/2021	13:30	48.00	232.00	0.838	0.72	212.00	0.330	0.28	209.00	0.254	0.22	210.00	0.279	0.24
16/09/2021	13:30	72.00	240.00	1.041	0.89	215.00	0.406	0.35	210.00	0.279	0.24	210.00	0.279	0.24
17/09/2021	13:30	96.00	240.00	1.041	0.89	215.00	0.406	0.35	210.00	0.279	0.24	210.00	0.279	0.24

CÁLCULO DE LA PENETRACIÓN

diam= 4.9 cte= 32.4 anillo= 1.7

PISTON = 0.3"		MOLDE CON 12 GOLPES POR CAPA				MOLDE CON 25 GOLPES POR CAPA				MOLDE CON 56 GOLPES POR CAPA			
PENETRACIÓN	LECTURA DEL DIAL	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGIDO (%)	LECT. DEL DIAL	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGIDO (%)	LECT. DEL DIAL	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGIDO (%)	
		Kg	Kgt/cm2			Kg	Kgt/cm2			Kg	Kgt/cm2		
0=0"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.64=30"	0.025	14	57	3	20	67	4	28	81	4	28	81	
1.27=1'	0.05	34	92	5	55	128	7	70	154	8	70	154	
1.91=1'30"	0.075	49	118	6	82	175	9	130	259	14	130	259	
2.54=2'	0.1	59	135	7	105	215	11	162.5	190	364	19	27.43	
3.81=3'	0.15	75	163	9	162	315	17	262	489	26	262	489	
5.08=4'	0.2	89	188	10	205	390	21	19.60	310	573	30	28.81	
6.35=5'	0.25	102	210	11	235	442	23	350	643	34	350	643	
7.62=6'	0.3	109	222	12	260	486	26	390	712	38	390	712	
10.16=8'	0.4	118	238	13	285	529	28	420	765	41	420	765	

CBR A 2.54 mm (0.1 pulg) = 27.43 %

Figura G.34 C.B.R. - Calicata C8, Jr Jorge Basadre.
Fuente: Elaboración Propia

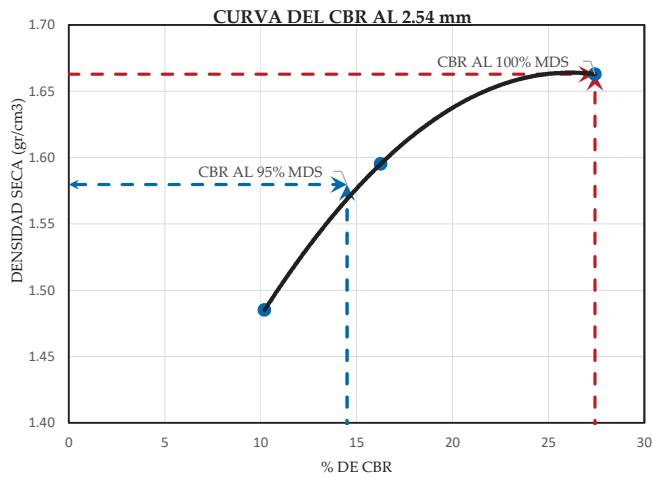
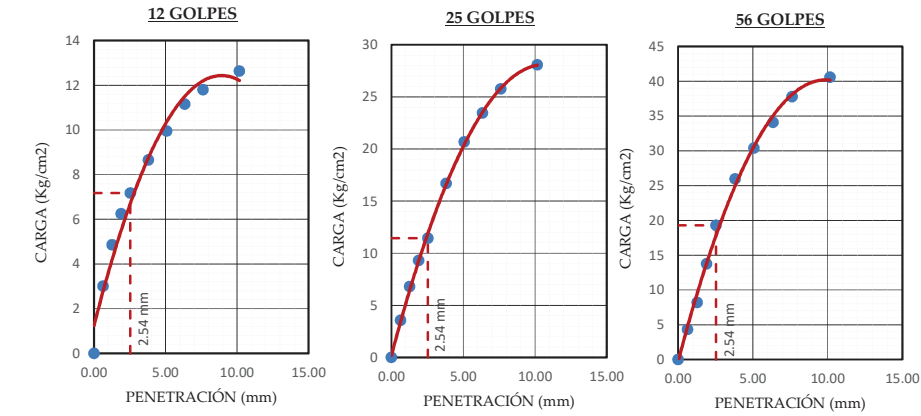
PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
 Descripción : CALCATA C8, JR JORGE BASADRE.
 Muestra : C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5
 Fecha : 06/04/2021 Estudio a Nivel SubRasante

Departamento: AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar : SANTA LEONOR

**ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR
 (ASTM D-1883, N.T.P. 339.145)**

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



RESULTADOS	
MAXIMA DENSIDAD SECA AL 100%	1.663 gr/cm ³
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.04 %
DENSIDAD SECA AL 95%	1.580 gr/cm ³
CBR AL 100% DE MAX. DENS. SECA	27.43 %
CBR AL 95% DE MAX. DENS. SECA	14.50 %

Figura G.35 C.B.R. gráfico - Calicata C8, Jr Jorge Basadre.
 Fuente: Elaboración Propia

Anexo H

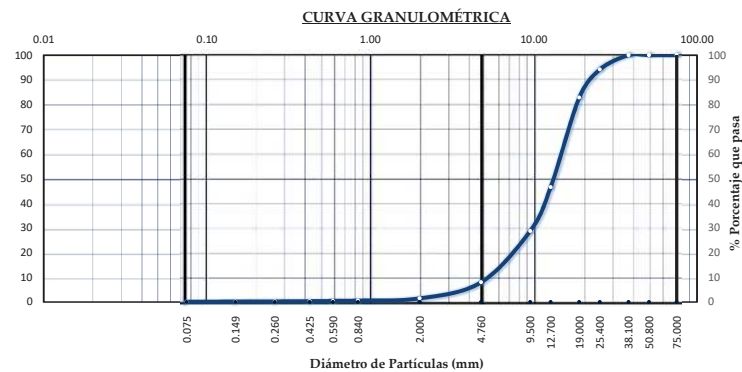
Ensayo Estandar de Clasificación (NTP 339.128, MTC E107) - Residuos del concreto y ladrillo.

PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS Departamento: AYACUCHO
 Descripción : CONCRETO RECICLADO Provincia : HUAMANGA
 Muestra : MI/T-8 Hmuestra (m) : - Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Fecha : 10/05/2021 Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-2487, D-3282, D-2216)

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO CORREGIDO (gr.)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULAD O QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO
3"	75.000	0	0	0.00	0.00	100.00	PESOS (gr)
2"	50.800	0	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE 162.85
1 1/2"	38.100	0	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S HUMED 1140.94
1"	25.400	56.74	56.74	5.81	5.81	94.19	W RECIPIENTE + S SECA 1140.94
3/4"	19.000	111.08	111.08	11.38	17.19	82.81	HUMEDAD % 0.00
1/2"	12.700	354.03	354.03	36.26	53.45	46.55	W SUELO SECO 978.09
3/8"	9.500	173.63	173.63	17.78	71.23	28.77	W RECIPIENTE + S SECA 1 1140.94
Nº 4	4.760	203.08	203.08	20.80	92.03	7.97	S SECA LAVADA 978.09
Nº 10	2.000	63.53	63.53	6.51	98.53	1.47	W GRANULOMETRIA 976.41
Nº 20	0.840	8.77	8.77	0.90	99.43	0.57	W FONDO 1.09
Nº 30	0.590	1.17	1.17	0.12	99.55	0.45	W INTERPOLADO 1.09
Nº 40	0.425	1.09	1.09	0.11	99.66	0.34	% GRAVA GRUESA 53.45
Nº 60	0.260	0.93	0.93	0.10	99.76	0.24	% GRAVA FINA 38.58
Nº 100	0.149	0.62	0.62	0.06	99.82	0.18	% ARENA GRUESA 6.51
Nº 200	0.075	0.65	0.65	0.07	99.89	0.11	% ARENA MEDIANA 1.13
Fondo		1.09	1.09	0.11	100.00	0.00	% ARENA FINA 0.23
Total		976.41	976.41	100.00	-	-	% FINOS 0.11



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BLOQUES O BOLEOS
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

PARÁMETROS Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO

D10 = 5.093 mm	Cu = 2.90	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) =	0.00 %
D30 = 9.683 mm	Cc = 1.25	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) =	0.00 %
D60 = 14.757 mm		ÍNDICE DE PLASTICIDAD =	0.00 %
I.G. = 0		CONTENIDO DE HUMEDAD =	0.00 %
		PORCENTAJE DE FINOS =	0.11 %

CLASIFICACION (SUCS): GP
 CLASIFICACION (AASHTO): A - 1-a (0)

CLASIFICACIÓN DEL SUELO : GRAVA MAL GRADUADA

OBSERVACIONES:

Figura H.36 Clasificación granulométrica del concreto triturado.

Fuente: Elaboración Propia

PROYECTO : INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS

Departamento: AYACUCHO

Descripción : LADRILLO REICLADO

Provincia : HUAMANGA

Muestra : M2/T-43

Hmuestra (m): -

Distrito : SAN JUAN BAUTISTA

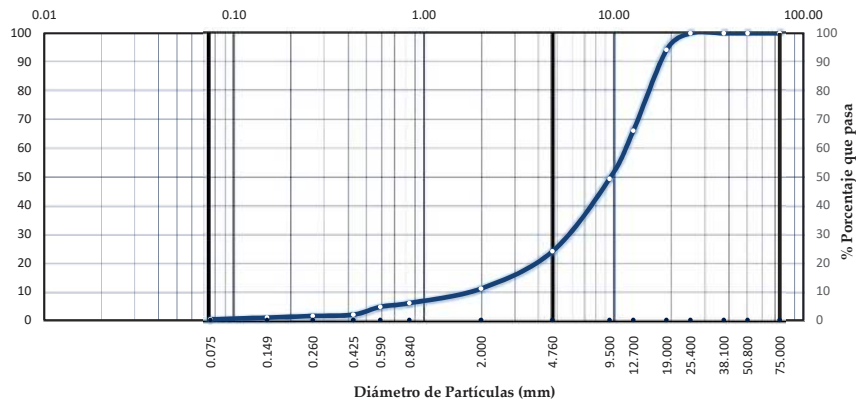
Fecha : 10/05/2021

Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D-422, D-2487, D-4318, D-2487, D-3282, D-2216)

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	PESO CORREGIDO (gr.)	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO RETENIDO	% ACUMULADO O QUE PASA	DATOS DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO
							PESOS (gr)
3"	75.000	0	0	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S HUMEDAD % 168.88
1 1/2"	38.100	0	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S HUMEDAD % 1030.6
1"	25.400	0	0	0.00	0.00	100.00	W RECIPIENTE + S SECA 1030.6
3/4"	19.000	49.76	49.76	5.80	5.80	94.20	HUMEDAD % 0.00
1/2"	12.700	241.41	241.41	28.14	33.94	66.06	W SUELO SECO 861.72
3/8"	9.500	144.29	144.29	16.82	50.76	49.24	W RECIPIENTE + S SECA 1030.6
Nº 4	4.760	216.81	216.81	25.28	76.04	23.96	S SECA LAVADA 861.72
Nº 10	2.000	111.48	111.48	13.00	89.04	10.96	W GRANULOMETRÍA 857.8
Nº 20	0.840	43.27	43.27	5.04	94.08	5.92	W FONDO 2.19
Nº 30	0.590	11.23	11.23	1.31	95.39	4.61	W INTERPOLADO 2.19
Nº 40	0.425	23.6	23.6	2.75	98.14	1.86	% GRAVA GRUESA 33.94
Nº 60	0.260	3.76	3.76	0.44	98.58	1.42	% GRAVA FINA 42.10
Nº 100	0.149	4.94	4.94	0.58	99.15	0.85	% ARENA GRUESA 13.00
Nº 200	0.075	5.06	5.06	0.59	99.74	0.26	% ARENA MEDIANA 9.10
Fondo		2.19	2.19	0.26	100.00	0.00	% ARENA FINA 1.60
Total		857.8	857.8	100.00	-	-	% FINOS 0.26

CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BLOQUES O BOLEOS
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	
PARÁMETROS Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO						
D10 = 1.245	Cu = 9.18			LÍMITE LÍQUIDO (L.L.) =		0.00 %
D30 = 5.610	Cc = 2.21			LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) =		0.00 %
D60 = 11.429				ÍNDICE DE PLASTICIDAD =		0.00 %
I.G. = 0				CONTENIDO DE HUMEDAD =		0.00 %
				PORCENTAJE DE FINOS =		0.26 %
CLASIFICACION (SUCS):	GW					
CLASIFICACION (AASHTO):	A - 1-a (0)					
CLASIFICACIÓN DEL SUELO :	GRAVA BIEN GRADUADA					
OBSERVACIONES:						

Figura H.37 Clasificación granulométrica del ladrillo triturado.
Fuente: **Elaboración Propia**

Anexo I

Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad - Residuos del concreto y ladrillo.



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
Descripción : CONCRETO RECICLADO
Muestra : MI/T-8
Fecha : 10/05/2021

Hmuestra (m):

Departamento: AYACUCHO
Provincia : HUAMANGA
Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Lugar : SANTA LEONOR

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE SUELOS (ASTM D-4318, MTC E 110-2016, NTP 339.129)

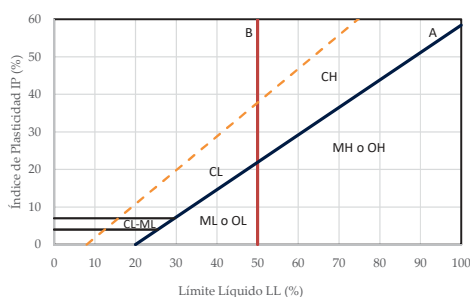
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
1	Nº RECIPIENTE	Nº	
2	Nº GOLPES	Nº	
3	W DEL RECIPIENTE	gr	
4	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	
5	W RECIPIENTE + S SECA	gr	
6	W DEL AGUA	gr	
7	W DEL SUELO SECO	gr	
8	HUMEDAD	%	
9	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	%	NO PRESENTA

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (ASTM D-4318, MTC E 111-2016, NTP 339.129)

Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
1	Nº RECIPIENTE	Nº	
2	W DEL RECIPIENTE	gr	
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	
5	W DEL AGUA	gr	
6	W DEL SUELO SECO	gr	
7	HUMEDAD	%	
8	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	%	NO PRESENTA

ÍNDICE PLÁSTICO (%) $IP = LL - LP =$ NP %

CARTA DE PLASTICIDAD



CURVA DE FLUIDES

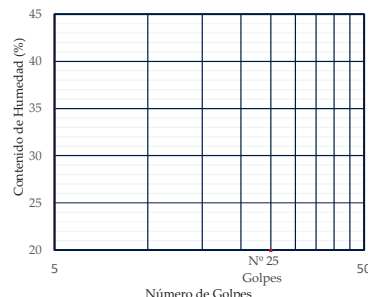


Figura I.38 Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad del concreto triturado.
Fuente: **Elaboración Propia**



Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga.
 Facultad de Ingeniería Minas Geología y Civil.
 Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil.



PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
 Descripción : LADRILLO RECICLADO
 Muestra : M2/T-43
 Fecha : 10/05/2021
 Departamento: AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar : SANTA LEONOR

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE SUELOS
 (ASTM D-4318, MTC E 110-2016, NTP 339.129)**

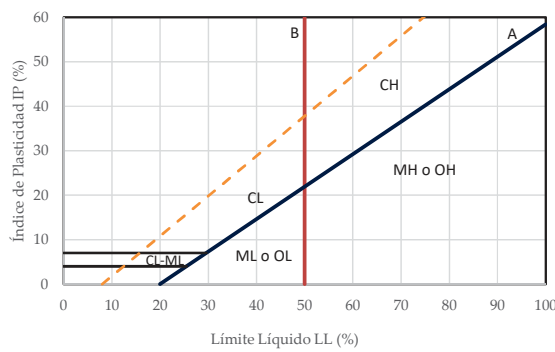
1	Nº RECIPIENTE	Nº	NO PRESENTA
2	Nº GOLPES	Nº	
3	W DEL RECIPIENTE	gr	
4	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	
5	W RECIPIENTE + S SECA	gr	
6	W DEL AGUA	gr	
7	W DEL SUELO SECO	gr	
8	HUMEDAD	%	
9	LÍMITE LÍQUIDO (L.L.)	%	

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
 (ASTM D-4318, MTC E 111-2016, NTP 339.129)**

1	Nº RECIPIENTE	Nº	NO PRESENTA
2	W DEL RECIPIENTE	gr	
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	
5	W DEL AGUA	gr	
6	W DEL SUELO SECO	gr	
7	HUMEDAD	%	
8	LÍMITE PLÁSTICO (L.P.)	%	

ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP = LL - LP = NP %

CARTA DE PLASTICIDAD



CURVA DE FLUIDES

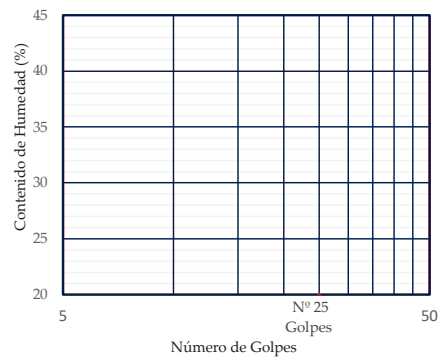


Figura I.39 Límite Líquido, Plástico e Índice de Plasticidad del ladrillo triturado.
 Fuente: Elaboración Propia

Anexo J

Ensayo Procto Modificado (ASTM D-1557) (Con adición de % concreto + % Calicata N°8)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
 Descripción : 25% Concreto + 75% de Muestra de la Calicata N°8
 Muestra : C8- M2/T40 Hmuestra (m): 1.5
 Fecha : 10/09/2021 Estudio a Nivel SubRasante

Departamento: AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO (ASTM D-1557) MTC E 115

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "C"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

	Nº	1	1	1	1
1	Nº RECIPIENTE				
2	GOLPES POR CAPA	Nº	56	56	56
3	Nº DE CAPAS	Nº	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	9783	9952	10105
6	PESO DEL MOLDE	gr	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3774	3943	4096
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.787	1.867	1.940
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.652	1.675	1.677

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C		D	
1	Nº RECIPIENTE	Nº	N11	N43	N12	N2	N15a	N13	N18	N24
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.35	12.35	11.24	11.35	11.35	11.65	12.35	12.65
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	81.56	90.89	71.98	86.58	118.53	104.71	95.81	106.04
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	76.13	85.05	65.79	78.77	104.01	92.12	81.85	90.65
5	W DEL AGUA	gr	5.43	5.84	6.19	7.81	14.52	12.59	13.96	15.39
6	W DEL SUELO SECO	gr	64.78	72.7	54.55	67.42	92.66	80.47	69.5	78
7	HUMEDAD	%	8.38	8.03	11.35	11.58	15.67	15.65	20.09	19.73
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	8.21		11.47		15.66		19.91	

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) = 1.68

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 15

HUMEDAD VS DENSIDAD SECA

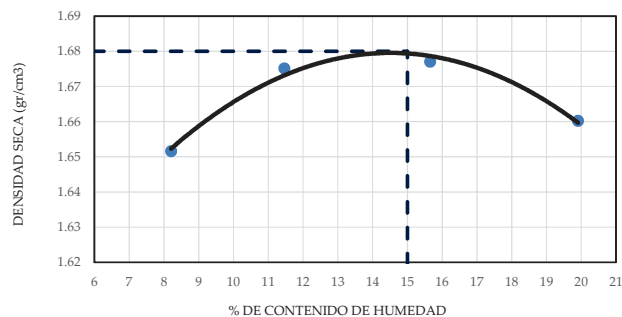


Figura J.40 Ensayo Procto Modificado, con 25% de concreto + 75% de C-8.

Fuente: Elaboración Propia

PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
 Descripción : 50% R. Concreto + 50% de Muestra de la Calicata N°8
 Muestra : C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5
 Fecha : 10/09/2021 Estudio a Nivel SubRasante

Departamento: AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar : SANTA LEONOR

**ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO
(ASTM D-1557)**

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "C"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

1	Nº RECIPIENTE	Nº	1	1	1	1
2	GOLPES POR CAPA	Nº	56	56	56	56
3	Nº DE CAPAS	Nº	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	9839	10061	10263	10383
6	PESO DEL MOLDE	gr	6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3830	4052	4254	4374
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.814	1.919	2.014	2.071
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.695	1.761	1.794	1.746

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C		D	
1	Nº RECIPIENTE	Nº	N14	N5	N3	N15	N48	N35	N6	N10
2	W DEL RECIPIENTE	gr	10.83	10.81	11.72	10.8	10.89	11.18	11.57	11.91
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	88.77	67.68	73.51	79.25	76.12	65.65	88.86	63.16
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	83.19	64.29	68.48	73.6	68.75	59.87	76.37	55.36
5	W DEL AGUA	gr	5.58	3.39	5.03	5.65	7.37	5.78	12.49	7.8
6	W DEL SUELO SECO	gr	72.36	53.48	56.76	62.8	57.86	48.69	64.8	43.45
7	HUMEDAD	%	7.71	6.34	8.86	9.00	12.74	11.87	19.27	17.95
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	7.03		8.93		12.30		18.61	

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) = 1.8

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 14

HUMEDAD VS DENSIDAD SECA

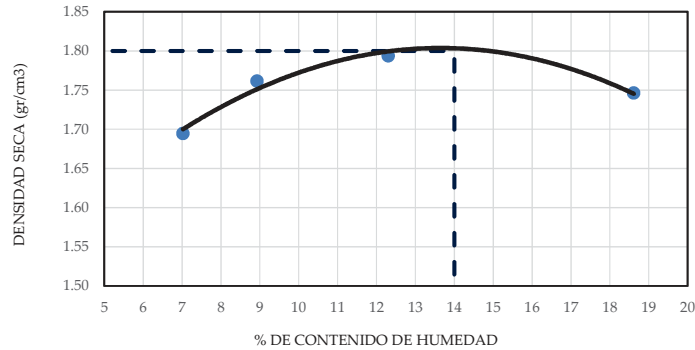


Figura J.41 Ensayo Procto Modificado, con 50% de concreto + 50% de C-8.
Fuente: **Elaboración Propia**

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021		
Solicitante :	NILO CURI ROJAS	Departamento:	AYACUCHO
Descripción :	75% Concreto + 25% de Muestra de la Calicata N°8	Provincia :	HUAMANGA
Muestra :	C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5	Distrito :	SAN JUAN BAUTISTA
Fecha :	10/09/2021 Estudio a Nivel SubRasante	Lugar :	SANTA LEONOR

**ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO
(ASTM D-1557)**

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "C"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

1	Nº RECIPIENTE	Nº	1	1	1	1
2	GOLPES POR CAPA	Nº	56	56	56	56
3	Nº DE CAPAS	Nº	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	9872	10053	10258	10285
6	PESO DEL MOLDE	gr	6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3863	4044	4249	4276
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.829	1.915	2.012	2.025
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.706	1.750	1.756	1.733

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C		D	
1	Nº RECIPIENTE	Nº	N25a	N33	N43	N18b	N02	N04	N14	N7
2	W DEL RECIPIENTE	gr	10.58	10.78	12.47	12.59	10.89	10.53	9.68	10.86
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	75.47	71.56	93.98	83.58	79.85	79.35	83.68	93.68
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	71.08	67.5	87.12	77.34	71.12	70.57	72.99	81.75
5	W DEL AGUA	gr	4.39	4.06	6.86	6.24	8.73	8.78	10.69	11.93
6	W DEL SUELO SECO	gr	60.5	56.72	74.65	64.75	60.23	60.04	63.31	70.89
7	HUMEDAD	%	7.26	7.16	9.19	9.64	14.49	14.62	16.89	16.83
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	7.21		9.41		14.56		16.86	

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) =	1.768	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) =	12.9
---------------------------------	-------	-----------------------------------	------

HUMEDAD VS DENSIDAD SECA

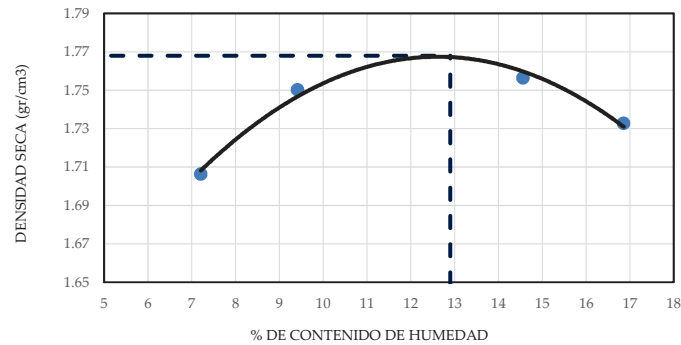


Figura J.42 Ensayo Procto Modificado, con 75% de concreto + 25% de C-8.
Fuente: **Elaboración Propia**

Anexo K

Ensayo Procto Modificado (ASTM D-1557) (Con adición de % ladrillo + % Calicata N°8)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante: NILO CURI ROJAS
 Descripción: 12.5% R. Ladrillo + 87.5% de Muestra de la Calicata N°8
 Muestra: C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5
 Fecha: 10/09/2021 Estudio a Nivel SubRasante

Departamento: AYACUCHO
 Provincia: HUAMANGA
 Distrito: SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar: SANTA LEONOR

ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "C"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

	Nº	1	1	1	1
1	Nº RECIPIENTE				
2	GOLPES POR CAPA	56	56	56	56
3	Nº DE CAPAS	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm3 2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr 9639	9876	10186	10073
6	PESO DEL MOLDE	gr 6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr 3630	3867	4177	4064
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc 1.719	1.831	1.978	1.924
9	DENSIDAD SECA	gr/cc 1.583	1.658	1.691	1.594

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN		A		B		C		D		
1	Nº RECIPIENTE	Nº	N32	N26	N6	N17	N35	N2	N5	N12
2	W DEL RECIPIENTE	gr	10.97	10.94	10.48	11.25	11.43	11.4	11.58	11.08
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	73.72	78.52	57.72	73.71	61.73	50.89	64.94	74.78
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	68.83	73.07	53.24	67.83	54.64	45	56.34	63.2
5	W DEL AGUA	gr	4.89	5.45	4.48	5.88	7.09	5.89	8.6	11.58
6	W DEL SUELO SECO	gr	57.86	62.13	42.76	56.58	43.21	33.6	44.76	52.12
7	HUMEDAD	%	8.45	8.77	10.48	10.39	16.41	17.53	19.21	22.22
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	8.61		10.43		16.97		20.72	

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) = 1.71

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 14.8

HUMEDAD VS DENSIDAD SECA

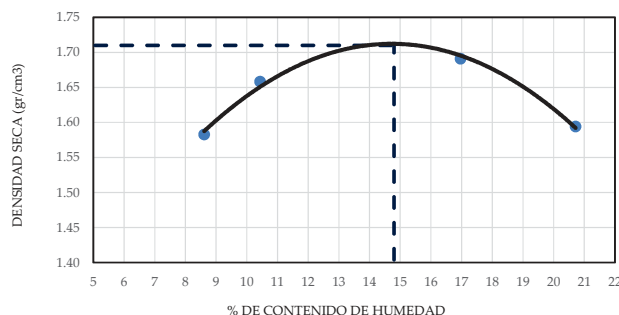


Figura K.43 Ensayo Procto Modificado, con 12.5% de ladrillo + 87.5% de C-8.
Fuente: Elaboración Propia

PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
 Descripción : 25% Ladrillo + 75% de Muestra de la Calicata N°8
 Muestra : C8- M2/T43 Hmuestra (m): 1.5
 Fecha : 05/05/2021 Estudio a Nivel SubRasante

Departamento: AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar : SANTA LEONOR

**ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO
(ASTM D-1557)**

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "C"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

1	Nº RECIPIENTE	Nº	1	1	1	1
2	GOLPES POR CAPA	Nº	56	56	56	56
3	Nº DE CAPAS	Nº	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	9824	10095	10262	10232
6	PESO DEL MOLDE	gr	6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3815	4086	4253	4223
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.807	1.935	2.014	2.000
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.656	1.735	1.758	1.703

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C		D	
1	Nº RECIPIENTE	Nº	N03	N05	N09	N08	N13	N14	N39	N30
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.56	11.95	12.64	12.54	12.03	12.15	12.35	12.45
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	97.63	86.85	81.52	75.74	87.68	113.25	84.15	90.12
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	90.47	80.57	74.65	68.98	77.95	100.6	73.55	78.5
5	W DEL AGÜA	gr	7.16	6.28	6.87	6.76	9.73	12.65	10.6	11.62
6	W DEL SUELO SECO	gr	78.91	68.62	62.01	56.44	65.92	88.45	61.2	66.05
7	HUMEDAD	%	9.07	9.15	11.08	11.98	14.76	14.30	17.32	17.59
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	9.11		11.53		14.53		17.46	

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3) = 1.76

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 14.1

HUMEDAD VS DENSIDAD SECA

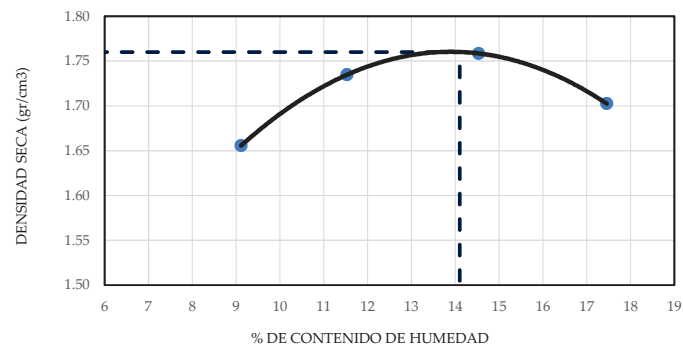


Figura K.44 Ensayo Procto Modificado, con 25% de ladrillo + 75% de C-8.
Fuente: Elaboración Propia

PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS Departamento: AYACUCHO

Descripción : 50% R. Ladrillo + 50% de Muestra de la Calicata N°8 Provincia : HUAMANGA

Muestra : C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA

Fecha : 10/09/2021 Estudio a Nivel SubRasante Lugar : SANTA LEONOR

**ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO
(ASTM D-1557)**

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "C"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

	Nº	1	1	1	1
1	Nº RECIPIENTE	1	1	1	1
2	GOLPES POR CAPA	56	56	56	56
3	Nº DE CAPAS	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³ 2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr 9581	9871	10121	10032
6	PESO DEL MOLDE	gr 6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr 3572	3862	4112	4023
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc 1.691	1.829	1.947	1.905
9	DENSIDAD SECA	gr/cc 1.580	1.666	1.698	1.625

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C		D	
1	Nº RECIPIENTE	Nº	N30B	N34	N27	N31	N241	N141	N321	N262
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.57	9.46	11.13	11.91	11.16	11.72	10.79	10.9
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	82.03	67.22	90.48	70.99	74.16	64.18	85.02	106.99
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	77.96	62.92	83.88	65.39	65.95	57.59	74.16	92.76
5	W DEL AGUA	gr	4.07	4.3	6.6	5.6	8.21	6.59	10.86	14.23
6	W DEL SUELO SECO	gr	66.39	53.46	72.75	53.48	54.79	45.87	63.37	81.86
7	HUMEDAD	%	6.13	8.04	9.07	10.47	14.98	14.37	17.14	17.38
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	7.09		9.77		14.68		17.26	

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) = 1.71

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 13.1

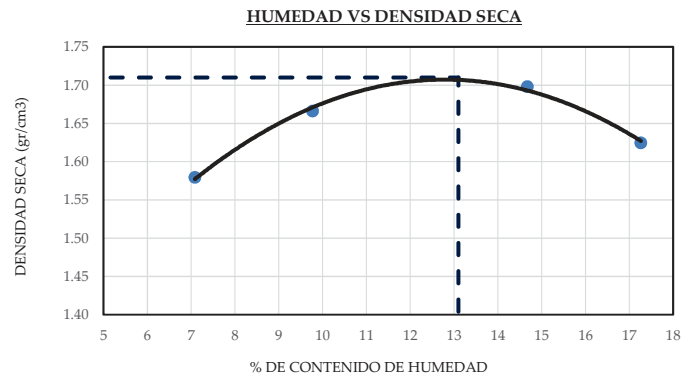


Figura K.45 Ensayo Procto Modificado, con 50% de ladrillo + 50% de C-8.
Fuente: **Elaboración Propia**

Anexo L

Ensayo Procto Modificado (ASTM D-1557) (Con 55% concreto + 45% calicata N°8)

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021		
Solicitante:	NILO CURI ROJAS	Departamento:	AYACUCHO
Descripción:	55% Concreto + 45% de Muestra de la Calicata N°1	Provincia:	HUAMANGA
Muestra:	C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5	Distrito:	SAN JUAN BAUTISTA
Fecha:	10/09/2021 Estudio a Nivel SubRasante	Lugar:	SANTA LEONOR

ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "C"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

1	N° RECIPIENTE	N°	1	1	1	1
2	GOLPES POR CAPA	N°	56	56	56	56
3	N° DE CAPAS	N°	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	10007	10238	10382	10354
6	PESO DEL MOLDE	gr	6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3998	4229	4373	4345
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.893	2.003	2.071	2.058
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.738	1.791	1.798	1.753

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C		D	
1	N° RECIPIENTE	N°	20	24	30	12	25	10	32	16
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.9	10.61	11.02	10.56	11.19	11.4	11.3	11.33
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	72.65	85.65	69.68	74.65	76.65	85.65	95.35	102.65
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	67.68	79.45	63.46	67.89	68.11	75.81	83.03	88.97
5	W DEL AGUA	gr	4.97	6.2	6.22	6.76	8.54	9.84	12.32	13.68
6	W DEL SUELO SECO	gr	55.78	68.84	52.44	57.33	56.92	64.41	71.73	77.64
7	HUMEDAD	%	8.91	9.01	11.86	11.79	15.00	15.28	17.18	17.62
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	8.96		11.83		15.14		17.40	

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) = 1.805

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 13.5

CURVA DE COMPACTACIÓN

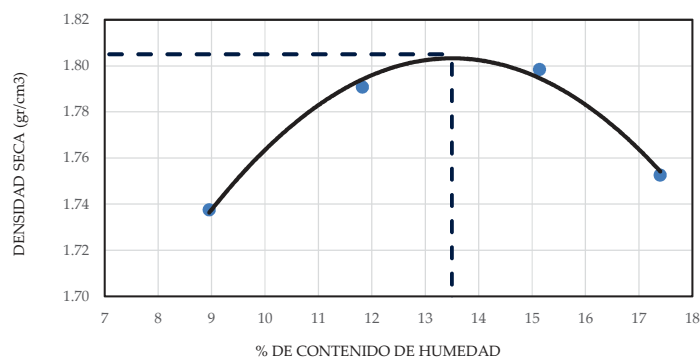


Figura L.46 Ensayo Procto Modificado, con 55% de concreto + 45% de C-8.

Fuente: Elaboración Propia

Anexo M

Ensayo Procto Modificado (ASTM D-1557) (Con 32% ladrillo + 68% calicata N°8)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
 Descripción : 32% R. Ladrillo + 68% de Muestra de la Calicata N°8
 Muestra : C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5
 Fecha : 10/09/2021

Departamento: AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO DE PRÓCTO MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO DE COMPACTACION METODO "C"

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

1	Nº RECIPIENTE	Nº	1	1	1	1
2	GOLPES POR CAPA	Nº	56	56	56	56
3	Nº DE CAPAS	Nº	5	5	5	5
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2111.78	2111.78	2111.78	2111.78
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	9964	10150	10318	10325
6	PESO DEL MOLDE	gr	6009	6009	6009	6009
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3955	4141	4309	4316
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.873	1.961	2.040	2.044
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.720	1.758	1.763	1.735

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C		D	
1	Nº RECIPIENTE	Nº	277	8	14	22	31	23	12	2
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.33	10.61	11.19	11.3	11.9	10.56	11.02	11.4
3	W RECIPIENTE + S HUMEDA	gr	65.08	77.51	67.46	78.46	91.76	85.29	103.12	95.03
4	W RECIPIENTE + S SECA	gr	60.75	71.95	61.82	71.32	80.85	75.21	89.24	82.35
5	W DEL AGUA	gr	4.33	5.56	5.64	7.14	10.91	10.08	13.88	12.68
6	W DEL SUELO SECO	gr	49.42	61.34	50.63	60.02	68.95	64.65	78.22	70.95
7	HUMEDAD	%	8.76	9.06	11.14	11.90	15.82	15.59	17.74	17.87
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	8.91		11.52		15.71		17.81	

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) = 1.77

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 14

CURVA DE COMPACTACIÓN

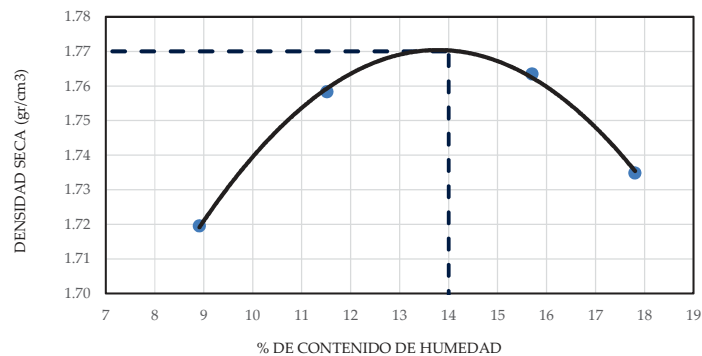


Figura M.47 Ensayo Procto Modificado, con 32% de ladrillo + 68% de C-8.
Fuente: Elaboración Propia

Anexo N

C.B.R. (ASTM D-1883, N.T.P. 339.145) (Con 55% concreto + 45% Calicata N°8)

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021		
Solicitante :	NILO CURI ROJAS	Departamento:	AYACUCHO
Descripción :	55% Concreto + 45% de Muestra de la Calicata N°8	Provincia :	HUAMANGA
Muestra :	C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5	Distrito :	SAN JUAN BAUTISTA
Fecha :	10/09/2021 Estudio a Nivel SubRasante	Lugar :	SANTA LEONOR

ENSAYO DE RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR (ASTM D-1883, N.T.P. 339.145)

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

1	N° RECIPIENTE	N°	4		5		6	
2	GOLPES POR CAPA	N°	56		25		12	
3	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		SECA	MOJADA	SECA	MOJADA	SECA	MOJADA
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2089		2087		2089	
5	PESO MOLDE + SUELO	gr	9152		9046		8726	
6	PESO DEL MOLDE	gr	4865		4937		4921	
7	PESO MUESTRA COMI	gr	4287		4109		3805	
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	2.053		1.969		1.822	
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.808		1.732		1.604	

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B			C	
1	N° RECIPIENTE	N°	N33	N310	N35	N13		N24	N34
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.55	11.87	11.35	11.38		11.35	9.45
3	W RECIPIENTE + S HUI	gr	74.68	64.68	85.36	76.35		89.65	98.65
4	W RECIPIENTE + S SEC	gr	67.21	58.35	76.41	68.58		80.24	88.06
5	W DEL AGUA	gr	7.47	6.33	8.95	7.77		9.41	10.59
6	W DEL SUELO SECO	gr	55.66	46.48	65.06	57.2		68.89	78.61
7	HUMEDAD	%	13.42	13.62	13.76	13.58		13.66	13.47
8	PROMEDIO HUMEDAD	%	13.52		13.67			13.57	

CÁLCULO DE LA EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO (HRS)	LECT. DIAL "	EXPANSIÓN		LECT. DIAL "	EXPANSIÓN		LECT. DIAL "	EXPANSIÓN	
				m.m	%		m.m	%		m.m	%
13/09/2021	11:00	0.00	201.00	0.000	0.00	202.00	0.000	0.00	200.00	0.000	0.00
14/09/2021	11:00	24.00	202.00	0.025	0.02	203.00	0.051	0.04	205.00	0.102	0.09
15/09/2021	11:00	48.00	205.00	0.102	0.09	209.00	0.203	0.17	209.00	0.203	0.17
16/09/2021	11:00	72.00	206.00	0.127	0.11	209.00	0.203	0.17	209.00	0.203	0.17
17/09/2021	11:00	96.00	206.00	0.127	0.11	209.00	0.203	0.17	209.00	0.203	0.17

CÁLCULO DE LA PENETRACIÓN

PISTON = 0.3"		MOLDE CON 56 GOLPES POR CAPA			MOLDE CON 25 GOLPES POR CAPA			MOLDE CON 12 GOLPES POR CAPA					
PENETRACIÓN	LECTURA DEL DIAL	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGIDO DO (%)	LECTURA DEL DIAL	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGIDO DO (%)	LECTURA DEL DIAL	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGIDO DO (%)	
		mm = hrs	pulg			Kg	Kgf/cm2			(um)	Kg		Kgf/cm2
0=0"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.64=30"	0.025	42	106	6	28	81	4	12	53	3			
1.27=1'	0.05	154	301	16	85	181	10	48	116	6			
1.91=1'30"	0.075	247	463	25	149	292	15	76	154	8			
2.54=2'	0.1	335	617	33	46.50	213	404	21	30.46	101	195	10	14.71
3.81=3'	0.15	463	840	45	305	564	30	124	249	13			
5.08=4'	0.2	564	1016	54	51.08	375	686	36	34.51	157	306	16	15.39
6.35=5'	0.25	703	1258	67		475	861	46		169	347	18	
7.62=6'	0.3	826	1473	78		553	997	53		186	387	21	
10.16=8'	0.4	943	1677	89		621	1115	59		219	414	22	

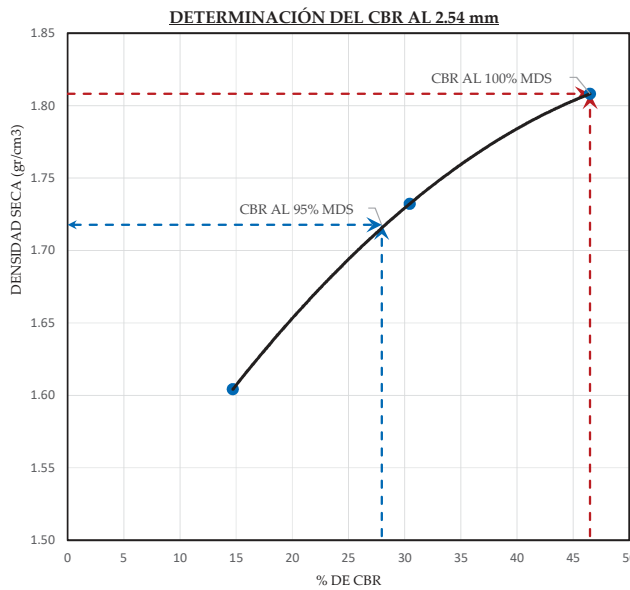
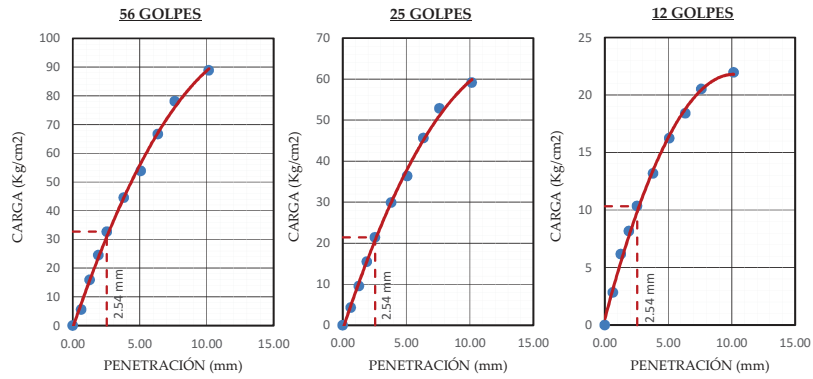
CBR A 2.54 mm (0.1 pulg) = 46.50 %

Figura N.48 C.B.R., con 55% de concreto + 45% de C-8.
Fuente: Elaboración Propia

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021		
Solicitante :	NILO CURI ROJAS	Departamento:	AYACUCHO
Descripción :	55% Concreto + 45% de Muestra de la Calicata N°8	Provincia :	HUAMANGA
Muestra :	C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5	Distrito :	SAN JUAN BAUTISTA
Fecha :	10/09/2021 Estudio a Nivel SubRasante	Lugar :	SANTA LEONOR

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR
(ASTM D-1883, N.T.P. 339.145)**

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



RESULTADOS	
MAXIMA DENSIDAD SECA AL 100%	1.808 gr/cm ³
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	13.52 %
MAXIMA DENSIDAD SECA AL 95%	1.718 gr/cm ³
CBR AL 100% DE MAX. DENS. SECA	46.50 %
CBR AL 95% DE MAX. DENS. SECA	27.96 %

Figura N.49 C.B.R. gráfico, 55% de concreto + 45% de C-8.
Fuente: Elaboración Propia

Anexo O

C.B.R. (ASTM D-1883, N.T.P. 339.145) (Con 32% ladrillo + 68% Calicata N°8)

PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021

Solicitante : NILO CURI ROJAS
 Descripción : 32% R. Ladrillo + 68% de Muestra de la Calicata N°8
 Muestra : C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5
 Fecha : 10/09/2021 Estudio a Nivel SubRasante

Departamento: AYACUCHO
 Provincia : HUAMANGA
 Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
 Lugar : SANTA LEONOR

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR (ASTM D-1883, N.T.P. 339.145)

CÁLCULO DEL MÉTODO DE LA COMPACTACIÓN

1	N° RECIPIENTE	N°	1		2		3	
			56		25		12	
3	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		SECA	MOJADA	SECA	MOJADA	SECA	MOJADA
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2089		2087		2089	
5	PESO MOLDE + SUELO	gr	8224		8109		7942	
6	PESO MOLDE	gr	4023		4096		4257	
7	PESO MUESTRA COM	gr	4201		4013		3685	
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	2.011		1.923		1.764	
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.764		1.685		1.545	

ALTI

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCIÓN			A		B		C	
1	N° RECIPIENTE	N°	N11	N36	N28B	N141	N27	N321
2	W DEL RECIPIENTE	gr	11.98	10.8	10.83	11.72	11.13	10.79
3	W RECIPIENTE + S HUI	gr	71.35	81.65	70.02	79.35	71.32	83.25
4	W RECIPIENTE + S SEC	gr	64.03	72.95	62.73	70.96	63.86	74.25
5	W DEL AGUA	gr	7.32	8.7	7.29	8.39	7.46	9
6	W DEL SUELO SECO	gr	52.05	62.15	51.9	59.24	52.73	63.46
7	HUMEDAD	%	14.06	14.00	14.05	14.16	14.15	14.18
8	PROMEDIO HUMEDA	%	14.03		14.10		14.16	

CÁLCULO DE LA EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO (HRS)	LECT. DIAL "	EXPANSIÓN		LECT. DIAL "	EXPANSIÓN		LECT. DIAL "	EXPANSIÓN	
				m.m	%		m.m	%		m.m	%
13/09/2021	11:00	0:00	201.00	0.000	0.00	202.00	0.000	0.00	198.00	0.000	0.00
14/09/2021	11:00	24:00	203.00	0.051	0.04	207.00	0.152	0.13	203.00	0.051	0.04
15/09/2021	11:00	48:00	205.00	0.102	0.09	210.00	0.229	0.20	207.00	0.152	0.13
16/09/2021	11:00	72:00	205.00	0.102	0.09	210.00	0.229	0.20	207.00	0.152	0.13
17/09/2021	11:00	96:00	205.00	0.102	0.09	210.00	0.229	0.20	207.00	0.152	0.13

CÁLCULO DE LA PENETRACIÓN

PISTÓN = 0.3"		MOLDE CON 56 GOLPES POR CAPA			MOLDE CON 25 GOLPES POR CAPA			MOLDE CON 12 GOLPES POR CAPA				
PENETRACIÓN	LECTURA DEL DIAL (um)	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGI DO (%)	LECTURA DEL DIAL (um)	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGI DO (%)	LECTURA DEL DIAL (um)	CARGA/ESFUERZO		CBR CORREGI DO (%)
		Kg	Kgf/cm2			Kg	Kgf/cm2			Kg	Kgf/cm2	
0=0"	0	0	0		0	0	0		0	0	0	
0.64=30"	0.025	40	102	5	28	81	4		17	62	3	
1.27=1'	0.05	154	301	16	115	233	12		43	107	6	
1.91=1'30"	0.075	259	484	26	185	355	19		65	146	8	
2.54=2'	0.1	385	704	37	243	456	24	34.40	94	196	10	14.81
3.81=3'	0.15	542	978	52	336	618	33		126	252	13	
5.08=4'	0.2	654	1173	62	403	735	39	36.96	153	299	16	15.04
6.35=5'	0.25	801	1429	76	467	847	45		174	336	18	
7.62=6'	0.3	921	1638	87	512	925	49		189	362	19	
10.16=8'	0.4	1032	1832	97	542	978	52		195	372	20	

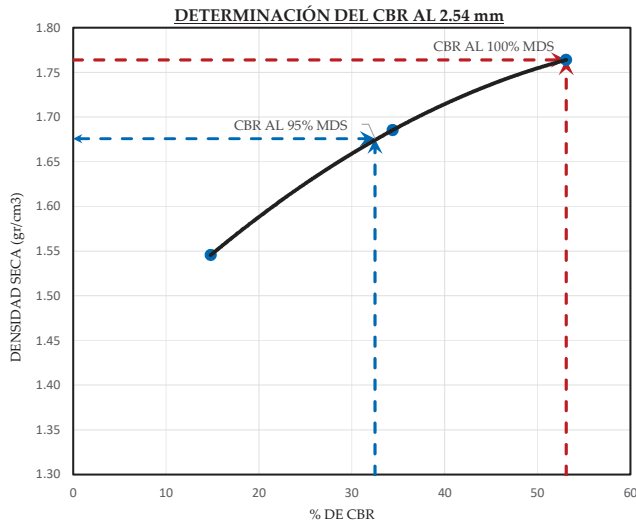
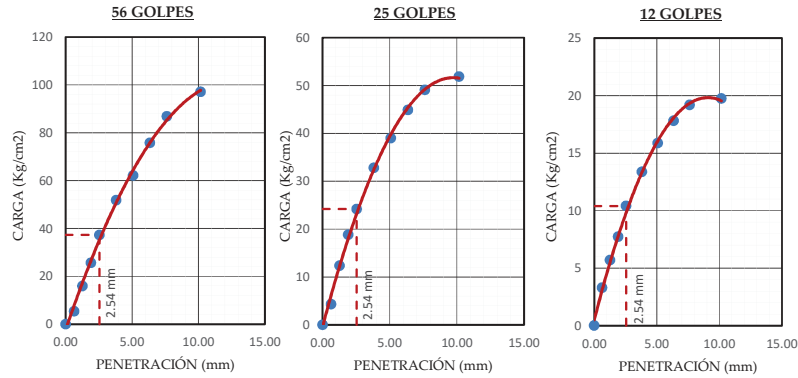
CBR A 2.54 mm (0.1 pulg) = 53.08 %

Figura O.50 C.B.R., con 32% de ladrillo + 68% de C-8.
Fuente: Elaboración Propia

PROYECTO:	INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021	
Solicitante :	NILO CURI ROJAS	Departamento: AYACUCHO
Descripción :	32% R. Ladrillo + 68% de Muestra de la Calicata N°8	Provincia : HUAMANGA
Muestra :	C8-M2/T3 Hmuestra (m): 1.5	Distrito : SAN JUAN BAUTISTA
Fecha :	10/09/2021 Estudio a Nivel SubRasante	Lugar : SANTA LEONOR

**ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR
(ASTM D-1883, N.T.P. 339.145)**

GRÁFICO PENETRACIÓN - CARGA UNITARIA



RESULTADOS	
MAXIMA DENSIDAD SECA al 100%	1.764 gr/cm3
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	14.03 %
MAXIMA DENSIDAD SECA al 95%	1.676 gr/cm3
CBR AL 100% DE MAX. DENS. SECA	53.08 %
CBR AL 95% DE MAX. DENS. SECA	32.50 %

Figura O.51 C.B.R. gráfico, con 32% de ladrillo + 68% de C-8.
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO P

ARTÍCULO CIENTÍFICO

INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021.

Nilo Curi Rojas
Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal
de Huamanga
nilo.curi.pg@unsch.edu.pe

RESUMEN

La construcción de vías pavimentadas está constituida por un conjunto de capas superpuestas, estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante que tienen que soportar los esfuerzos dinámicos del tránsito durante toda su vida útil.

Teniendo como objetivo determinar la influencia de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles en la estabilización de suelos arenosos, se propone utilizar diversas dosificaciones de residuos del concreto y ladrillo triturado como material estabilizante, estas dosificaciones son de 25%, 50% y 75% de residuos de concreto y 12.5%, 25% y 50% de residuo de ladrillo, llegando a ser los óptimos porcentajes de adición de 55% y 32% del residuo de concreto y ladrillo.

La metodología usada tiene un enfoque tipo cuantitativo, con alcance explicativo de diseño experimental - transversal, además se utilizan técnicas de campo, gabinete y laboratorio y el instrumento a utilizar principalmente será la guía de observación de campo.

Finalmente se determinó que la incorporación de los residuos sólidos de la construcción y demolición sí mejora significativamente la estabilización de los suelos de fundación a nivel subrasante en un 13.46% y en un 18.0% con la adición de los residuos del concreto y ladrillo respectivamente.

PALABRAS CLAVE: Estabilización de suelos, Residuos de la construcción y demolición, subrasante, concreto, ladrillo.

ABSTRACT

The construction of paved roads consists of a series of superimposed layers. These stratified structures rest on the subgrade and must withstand the dynamic stresses of traffic throughout their service life.

With the objective of determining the influence of solid waste from the construction and demolition of civil works on the stabilization of sandy soils, it is proposed to use various dosages of concrete waste and crushed brick as stabilizing material. These dosages are 25%, 50%, and 75% concrete waste and 12.5%, 25%, and 50% brick waste, with the optimal addition percentages being 55% and 32% of concrete and brick waste, respectively.

The methodology used has a quantitative approach, with an explanatory scope and an experimental-cross-sectional design. Field, office, and laboratory techniques are used, and the primary instrument will be a field observation guide. Finally, it was determined that the incorporation of solid waste from construction and demolition does significantly improve the stabilization of foundation soils at the subgrade level by 13.46% and by 18.0% with the addition of concrete and brick waste respectively.

KEYWORDS: Soil stabilization, Construction and demolition waste, subgrade, concrete, brick.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación, titulada: INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021, se centra en el problema de la estabilización de suelos arenosos a nivel subrasante por combinación de suelos con materiales reciclados tales como el concreto y ladrillo triturado.

Actualmente la estabilización de suelos en la construcción de vías tiene un escaso desarrollo, debido fundamentalmente a la abundancia de agregados en las canteras, sin embargo existen zonas que tienen escasez de agregados y con altos costos de extracción y/o transporte, especialmente en áreas de desarrollo poniendo en vigencia así la necesidad de buscar alternativas de estabilización que puedan aplicarse en nuestro entorno, además de contribuir al cuidado del medio ambiente y desarrollo sostenible.

La estructura del trabajo de investigación consta de cuatro capítulos con sus respectivos contenidos temáticos. CAPITULO I: Se presenta el planteamiento del problema con su respectiva descripción, delimitación y formulación del problema, conllevando a una justificación e importancia y con las limitaciones de la investigación para plantear los objetivos del proyecto. CAPITULO II: Muestra el marco teórico que sustenta la hipótesis de la investigación. CAPITULO III: Se establece el método de la investigación, los enfoques y alcance, se define el tipo de población y tamaño de la muestra,

además se plantea la hipótesis y se establecen las variables como las técnicas y desarrollo de la tesis. CAPITULO IV: Se desarrolla la Contrastación de la hipótesis y análisis e interpretación de los resultados obtenidos del desarrollo de la investigación, para finalmente terminar con las conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros.

Consecuente con lo afirmado, estos pequeños aportes no inventan la metodología usada, pero si nos permite alcanzar nuestro objetivo.

II. METODOLOGÍA

A. ENFOQUE:

La investigación a desarrollarse tiene un enfoque tipo cuantitativo porque “utiliza la recolección de los datos para probar hipótesis” (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 4).

B. ALCANCE

Tipo de estudio de alcance explicativo. “La investigación experimental tiene alcances iniciales y finales correlacionales y explicativos.... En los diseños experimentales y cuasiexperimentales se provoca intencionalmente al menos una causa y se analizan sus efectos o consecuencias.” (Hernández et al., 2014, pp. 153–158).

C. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Con diseño tipo experimental, transversal “Situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos)”

(Hernández et al., 2014, p. 130). Cabe destacar que el investigador puede recopilar datos de muchas personas diferentes en un mismo momento e incluir en su estudio dos o más variables independientes o dependientes. Cuando en realidad existe una relación causal entre una variable independiente y una dependiente, al variar intencionalmente la primera, la segunda también variará.

D. POBLACION

Según (Supo, 2012) afirma que “Es el conjunto de todas las unidades de estudio (sujetos u objetos) cuya característica observable o reacción que pueden expresar nos interesa estudiar.” (p.16). Además (Hernández et al., 2014) define a la población como “Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones” (p.174).

De acuerdo a esta última definición, la población estará conformada por los suelos a nivel subrasante ubicado en la urbanización Santa Leonor del Distrito de San Juan Bautista Ayacucho. De acuerdo a las siguientes características:

De acuerdo a la Ordenanza Municipal N° 001-2008-MDSJB/AYA, el estudio de Zonas de riesgo realizadas por INDECI, manifiesta que “el Distrito San Juan Bautista cuenta con la quebrada de Chaquihuaycco, ésta prácticamente atraviesa el distrito de sur a norte, creando un recorrido de torrentes esporádicos y suelos inestables, clasificándolo como suelos arenosos (arena limosa)” (p.6).

E. MUESTRA

Tomando como referencia la definición de (Hernández et al., 2014) “La muestra es un subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de ésta” (p.173), además lo categoriza en dos grandes ramas en muestras probabilísticas y no probabilísticas. (Hernández et al., 2014) define a la muestra no probabilística o dirigida como “Subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación” (p.176).

Por lo tanto, de acuerdo a esta última definición, la muestra a trabajar será no probabilística, y comprenderá los suelos a nivel subrasante de los jirones José María Arguedas, José Santos Flores, Primavera, Jorge Basadre, Vista Alegre, Los Álamos, los pasajes Argelia y Ciro Alegría, que representan el 90% del total de las calles de la urbanización, por otro lado los elementos provenientes de los residuos de la construcción y demolición serán el concreto y el ladrillo.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. RESULTADOS

1. Análisis para residuos del concreto triturado

Mediante el ensayo de Prócto Modificado se determinó las máximas densidades secas (M.D.S.), para los diferentes porcentajes de mezclas del residuo de concreto y de muestra proveniente de la calicata N°8, cabe señalar que se determinó usar la muestra proveniente de la calicata N°8, ya que en

función a las demás muestras esta representa un suelo de baja resistencia admisible.

Tabla 01: Resultado de la Máxima Densidad Seca en función al porcentaje de residuo de concreto y muestra de la calicata N°8.

Cantidad	R. Concreto	Calicata N°8	Total	M.D.S.
	Porcentaje (%)	Porcentaje (%)	(%)	gr/cm ³
Mezcla N°1	25	75	100	1.68
Mezcla N°2	50	50	100	1.80
Mezcla N°3	75	25	100	1.77

Fuente: Ensayo de laboratorio.

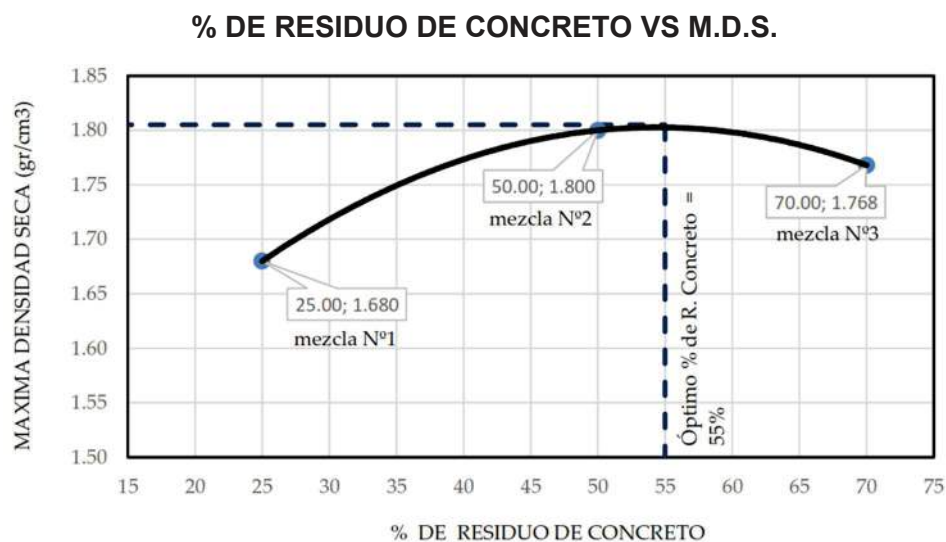


Figura 01: Representa la relación del porcentaje del residuo de concreto vs Densidad Máxima Seca de las mezclas.

Fuente: Elaboración propia

Mediante el gráfico se obtiene que el Óptimo Contenido de Concreto es el 55.00 %.

Por lo tanto, en función a los resultados obtenidos se concluye que, trabajando con el 55% del residuo de concreto triturado, el suelo de la calicata N°8 alcanza una mayor estabilización a nivel subrasante.

2. Análisis para residuos del ladrillo triturado

Que mediante el ensayo de laboratorio Prócto Modificado, se determinó las máximas densidades secas (M.D.S.), para los diferentes porcentajes de mezclas del residuo de ladrillo y de muestra proveniente de la calicata N°8, cabe señalar que se determinó usar la muestra proveniente de la calicata N°8.

Tabla 02: Resultado de la Máxima Densidad Seca en función al porcentaje de ladrillo y muestra de la calicata N°8.

Cantidad	R. Ladrillo Porcentaje (%)	Calicata N°8 Porcentaje (%)	Total (%)	M.D.S. gr/cm ³
Mezcla N°1	12.5	87.5	100	1.71
Mezcla N°2	25	75	100	1.76
Mezcla N°3	50	50	100	1.72

Fuente: Ensayo de laboratorio.

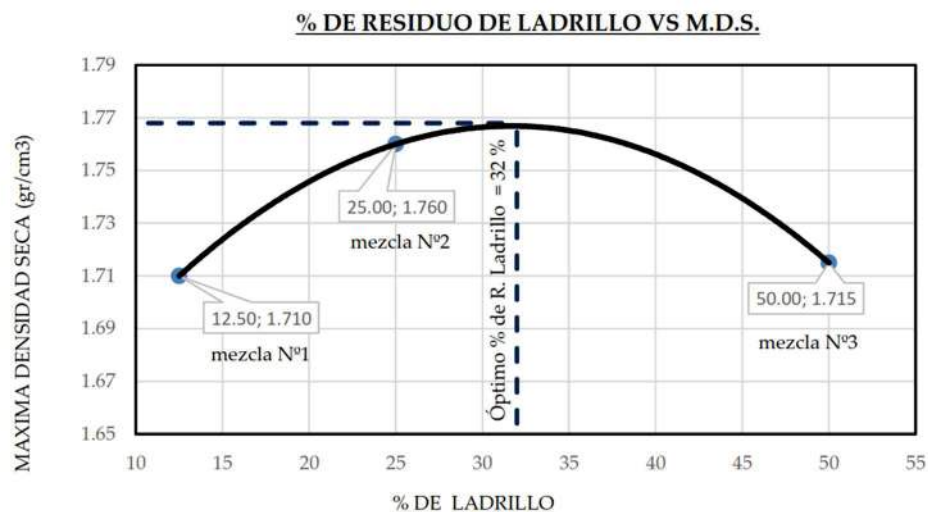


Figura 02: Representa la relación del porcentaje de ladrillo vs Densidad Máxima Seca de la mezcla.

Fuente: Elaboración propia

Mediante el gráfico se obtiene que el Óptimo Contenido de ladrillo es el 32.0 %.

Por lo tanto, en función a los resultados obtenidos se concluye que, trabajando con el 32% del residuo de ladrillo triturado, el suelo de la calicata N°8 alcanza una mayor estabilización a nivel subrasante.

3. Análisis de la resistencia admisible del suelo con adición del residuo de concreto.

Mediante el ensayo Prócto Modificado se determinó las máximas densidades secas (M.D.S.), para los diferentes porcentajes de mezclas con residuos de concreto y la muestra de la calicata N°8, llegando a la conclusión de trabajar con el 55% de concreto triturado ya que alcanza la Máxima Densidad Seca de 1.805 gr/cm³ y un Óptimo contenido de Humedad igual a 13.50%.

En el siguiente cuadro, donde presentamos los resultados de los ensayos con y sin porcentajes de adición con residuo del concreto triturado mezclado con la muestra de la calicata N°8.

Tabla 03: Resultado del cálculo de compactación de la muestra C-8, C/S adición del 55% de residuo del concreto.

1	Nº RECIPIENTE	Nº	1		2		3	
2	GOLPES POR CAPA	Nº	12		25		56	
3	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		SIN % DE CONCRETO	CON 55% DE R.CONCRETO	SIN % DE CONCRETO	CON 55% DE R.CONCRETO	SIN % DE CONCRETO	CON 55% DE R.CONCRETO
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2089	2089	2087	2087	2089	2089
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	8490	8726	8843	9046	8897	9152
6	PESO DEL MOLDE	gr	4921	4921	4937	4937	4867	4865
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3569	3805	3906	4109	4030	4287
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.709	1.822	1.872	1.969	1.930	2.053
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.485	1.604	1.595	1.732	1.663	1.808

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Tabla 04: Resultado del cálculo de contenido de humedad de la muestra C-8, con y sin porcentaje del residuo de concreto.

GOLPES POR CAPA	Nº	12		25		56	
DESCRIPCIÓN		SIN % DE CONCRETO	CON 55% DE R.CONCRETO	SIN % DE CONCRETO	CON 55% DE R.CONCRETO	SIN % DE CONCRETO	CON 55% DE R.CONCRETO
PROMEDIO HUMEDAD	%	15.07	13.57	17.34	13.67	16.04	13.52

Fuente: Ensayo de laboratorio.

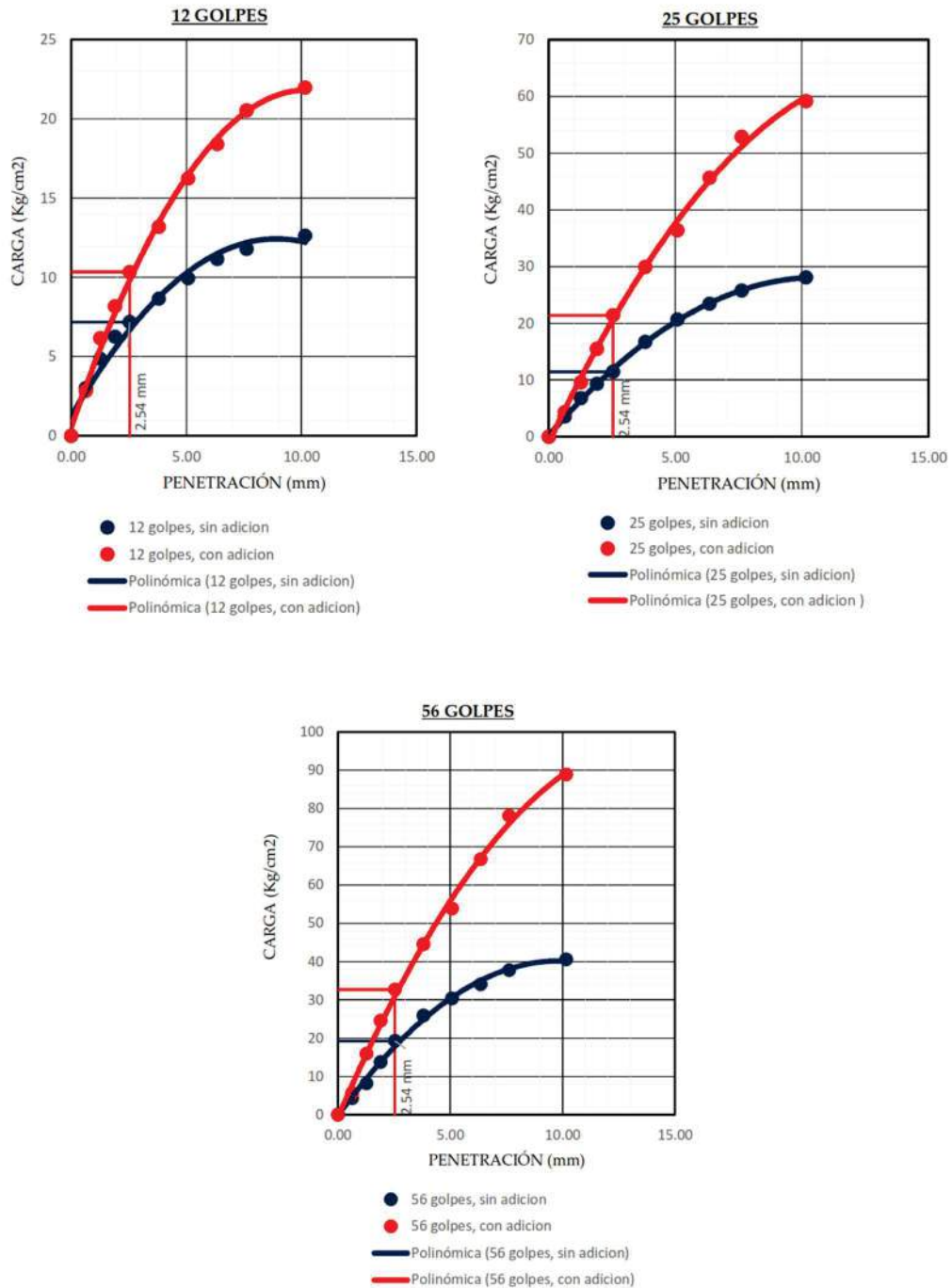


Figura 03: Representa el diagrama de la Carga (kg/cm²) vs Penetración (mm) de la Calicata N° 8 c/s el 55% residuo de concreto.

Fuente: Elaboración propia

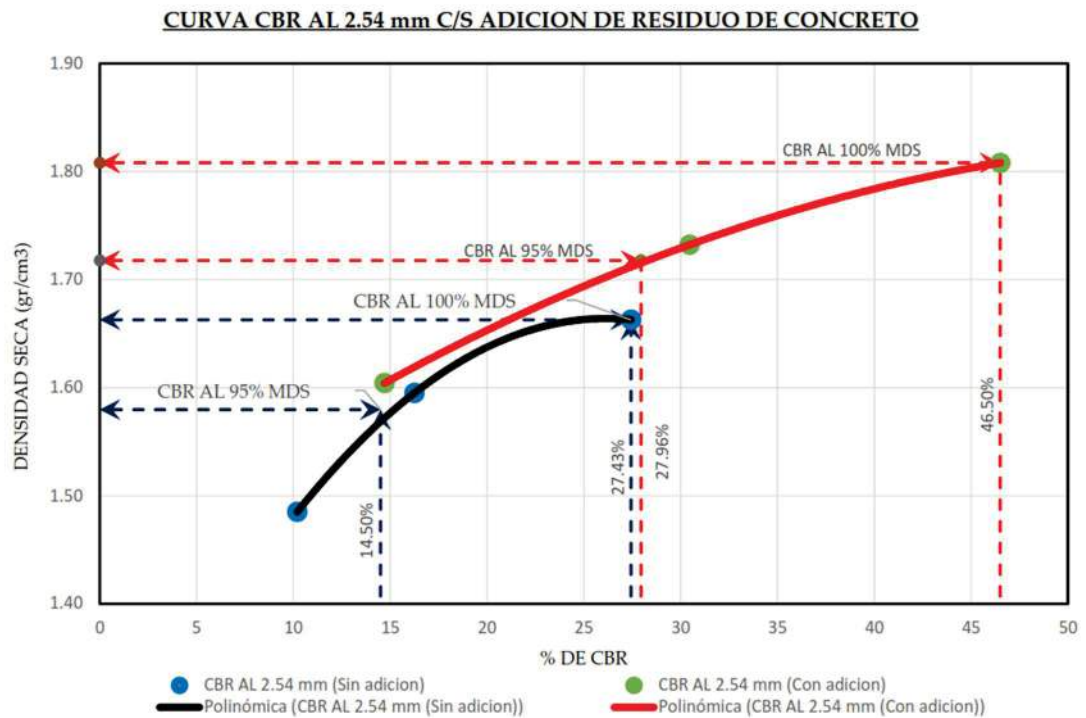


Figura 04: Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm³) de la Calicata N° 8 c/s el 55% residuo de concreto.

Fuente: Elaboración propia

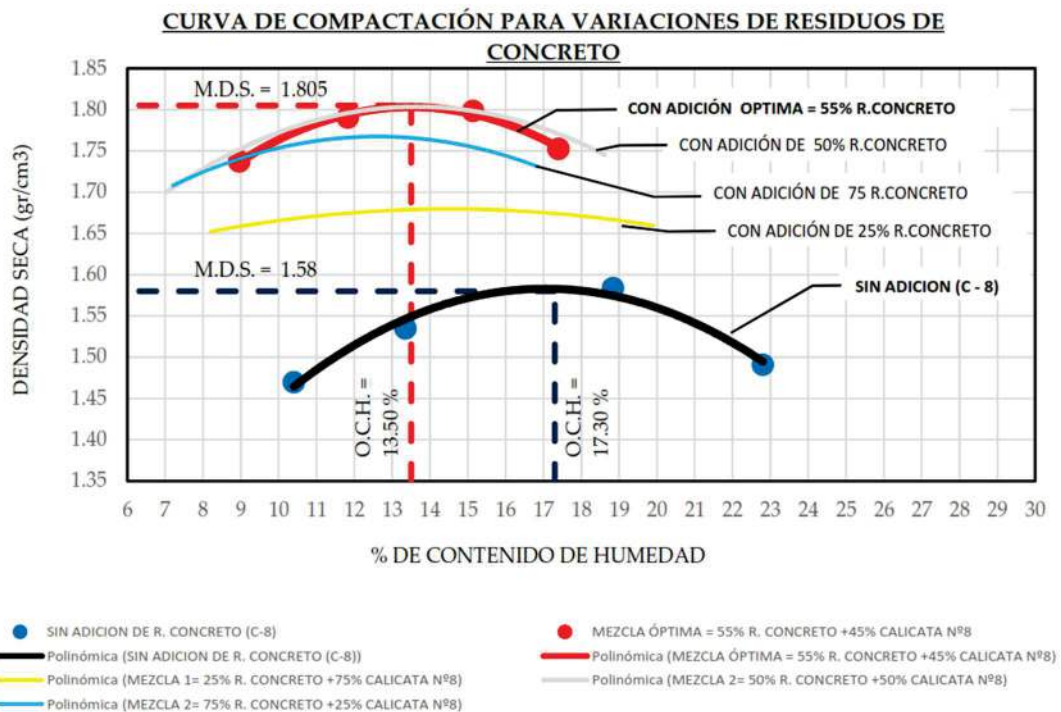


Figura 05: Relación de la Humedad vs Densidad Seca para las diferentes mezclas con residuo de concreto.

Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico se obtiene los siguientes valores:

Tabla 05: Resultado comparativo del CBR de la muestra (calicata N° 8) c/s el 55% del residuo de concreto.

RESULTADOS ENSAYO CBR	CALICATA N°8	CALICATA N°8 + 55% R. CONCRETO
MAXIMA DENSIDAD SECA AL 100% (gr/cm3)	1.66	1.81
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.04	13.52
MAXIMA DENSIDAD SECA AL 95% (gr/cm3)	1.58	1.72
CBR AL 100% DE MAX. DENS. SECA (%)	27.43	46.50
CBR AL 95% DE MAX. DENS. SECA (%)	14.50	27.96
CBR (%)	10% =< 14.50 % < 20%	20% =< 27.96 % < 30%
CATEGORIA DE SUB RASANTE	Sub rasante buena	Sub rasante muy buena

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Mediante el ensayo de CBR se obtuvo el número de la relación de soporte el suelo a nivel subrasante de la calicata N° 8 que es 14.50% del CBR al 95% de la M.D.S., y con la adición del 55% de residuo de concreto alcanza un 27.96% del CBR al 95% de la M.D.S. lo que indica que la resistencia admisible al esfuerzo de corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada sea favorable, llevando de la categoría de Subrasante Buena a Subrasante Muy Buena.

4. Análisis de la resistencia admisible del suelo con adición del residuo de ladrillo.

Mediante el ensayo de laboratorio Prócto Modificado, se determinó las máximas densidades secas (M.D.S.), para los diferentes porcentajes de mezclas del concreto y de muestra proveniente de la calicata N°8, llegando a la conclusión de trabajar con el 32% de ladrillo triturado ya que alcanza la Máxima Densidad Seca de 1.77 gr/cm³ y un Óptimo Contenido de Humedad igual a 14.0%.

Tabla 06: Resultado del cálculo de compactación de la muestra C-8, C/S adición del 32% de residuo del ladrillo.

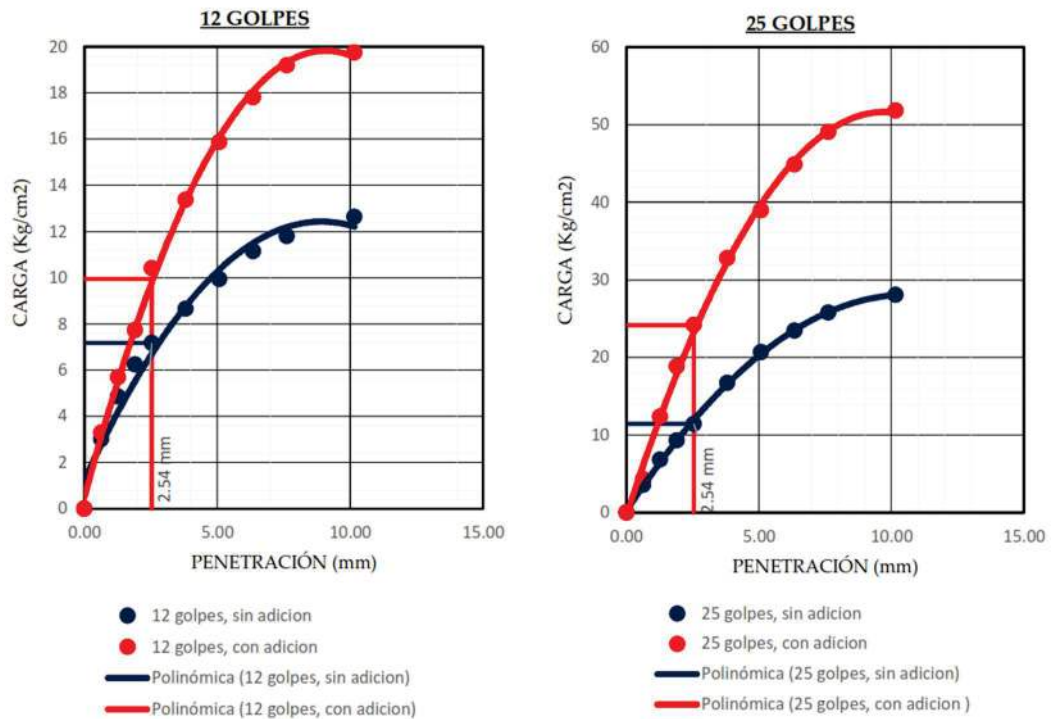
1	Nº RECIPIENTE	Nº	1		2		3	
2	GOLPES POR CAPA	Nº	12		25		56	
3	CONDICIÓN DE LA MUESTRA		SIN % DE LADRILLO	CON 32% DE R.LADRILLO	SIN % DE LADRILLO	CON 32% DE R.LADRILLO	SIN % DE LADRILLO	CON 32% DE R.LADRILLO
4	VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2089	2089	2087	2087	2089	2089
5	PESO MOLDE + SUEL. COMP.	gr	8490	7942	8843	8109	8897	8224
6	PESO DEL MOLDE	gr	4921	4257	4937	4096	4867	4023
7	PESO MUESTRA COMP.	gr	3569	3685	3906	4013	4030	4201
8	DENSIDAD HUMEDA	gr/cc	1.709	1.764	1.872	1.923	1.930	2.011
9	DENSIDAD SECA	gr/cc	1.485	1.545	1.595	1.685	1.663	1.764

Fuente: Ensayo de laboratorio.

Tabla 07: Resultado del cálculo de contenido de humedad de la muestra C-8, con y sin porcentaje de residuo de ladrillo.

GOLPES POR CAPA	Nº	12		25		56	
DESCRIPCIÓN		SIN % DE LADRILLO	CON 32% DE R.LADRILLO	SIN % DE LADRILLO	CON 32% DE R.LADRILLO	SIN % DE LADRILLO	CON 32% DE R.LADRILLO
PROMEDIO HUMEDAD	%	15.07	14.16	17.34	14.1	16.04	14.03

Fuente: Ensayo de laboratorio.



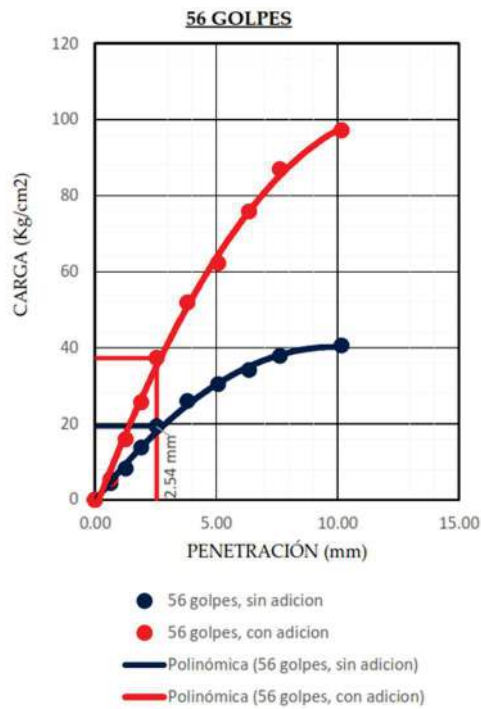


Figura 06: Representa el diagrama de la Carga (kg/cm²) vs Penetración (mm) de la Calicata N° 8 c/s el 32% residuo de ladrillo.

Fuente: Elaboración propia

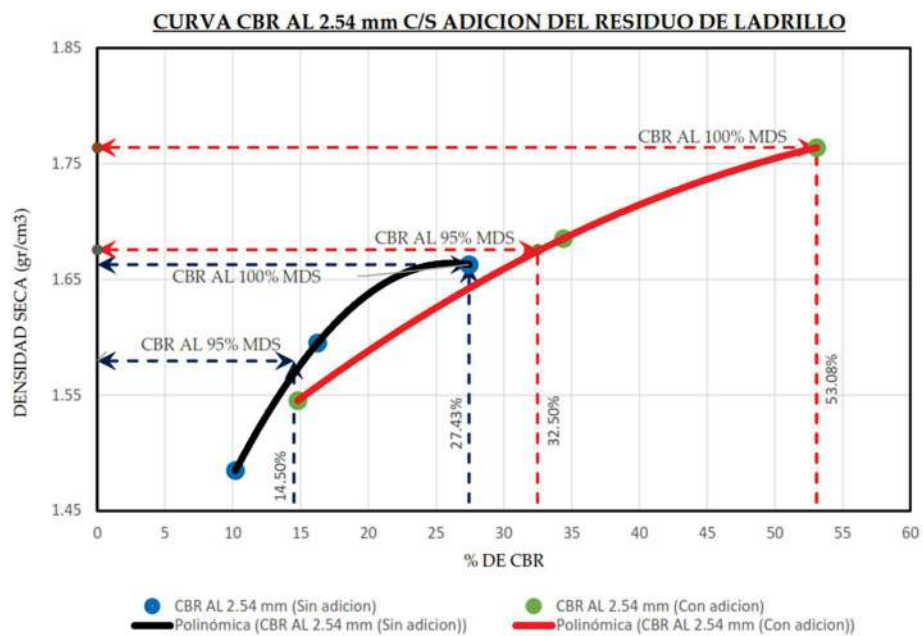


Figura 07: Representa la relación entre el índice de CBR (%) vs la capacidad portante del terreno (gr/cm³) de la Calicata N° 8 c/s el 32% residuo de ladrillo.

Fuente: Elaboración propia

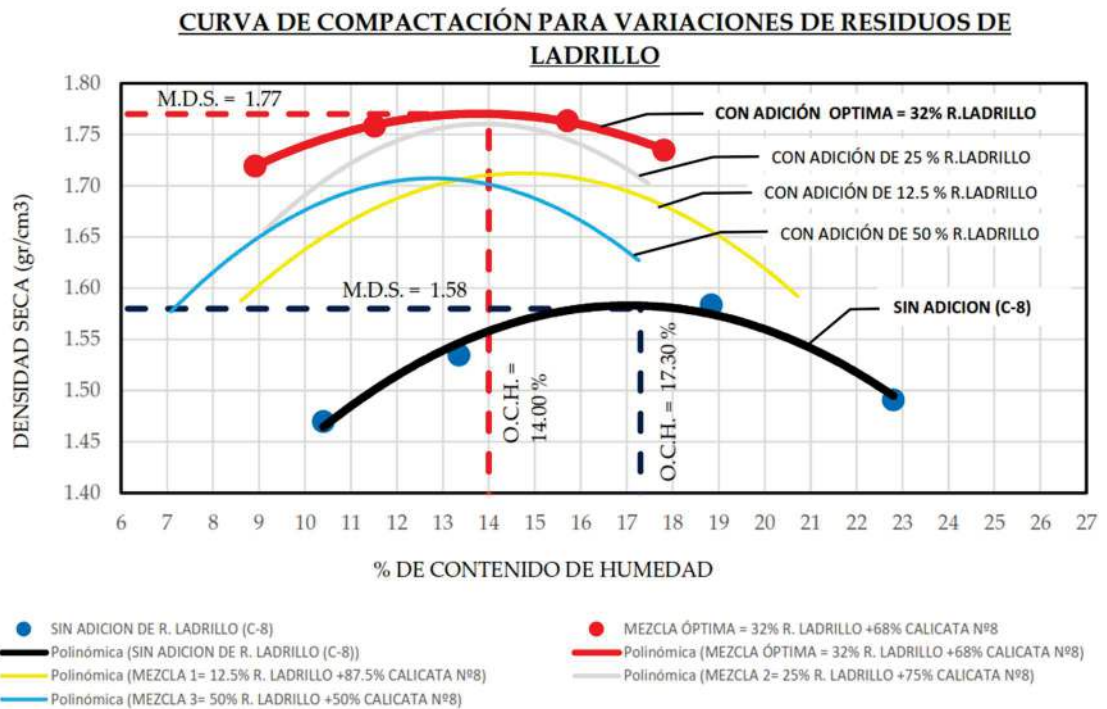


Figura 08: Relación de la Humedad vs Densidad Seca para las diferentes mezclas con residuos de ladrillo.

Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico se obtiene los siguientes valores:

Tabla 08: Resultado comparativo del CBR de la muestra (calicata N^a 8) c/s el 32% residuo de ladrillo.

RESULTADOS ENSAYO CBR	CALICATA N°8	CALICATA N°8 + 32% R. LADRILLO
MAXIMA DENSIDAD SECA AL 100% (gr/cm ³)	1.66	1.76
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.04	14.03
MAXIMA DENSIDAD SECA AL 95% (gr/cm ³)	1.58	1.68
CBR AL 100% DE MAX. DENS. SECA (%)	27.43	53.08
CBR AL 95% DE MAX. DENS. SECA (%)	14.50	32.50
CBR (%)	10% =< 14.50 % < 20%	30% =< 32.50 %
CATEGORIA DE SUB RASANTE	Sub rasante buena	Sub rasante excelente

Fuente: Ensayo de laboratorio.

B. DISCUSIÓN

Análisis para residuos del concreto triturado

De acuerdo a los resultado tenemos que, la mayor densidad que alcanza el suelo a nivel subrasante de la calicata N° 8 con la adición del 55% de residuo de concreto, al ser compactada a la humedad óptima de 13.52% es de 1.81 gr/cm³, que en comparación con la máxima densidad seca del suelo en estado natural (C-8) que es de 1.66 gr/cm³, hecho que conlleva a las propiedades físicas y mecánicas de los residuos del concreto mejoran las características ingenieriles del suelo, asegurando la obtención de suelos más estables.

Además, mediante el ensayo de CBR se obtuvo el número de la relación de soporte el suelo a nivel subrasante de la calicata N° 8 que es 14.50% del CBR al 95% de la M.D.S., y con la adición del 55% de residuo de concreto alcanza un 27.96% del CBR al 95% de la M.D.S. lo que indica que la resistencia admisible al esfuerzo de corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada sea favorable, llevando de la categoría de Subrasante Buena a Subrasante Muy Buena.

Análisis para residuos del ladrillo triturado

De acuerdo a los resultados tenemos que, la mayor densidad que alcanza el suelo a nivel subrasante de la calicata N° 8 con la adición del 32% de residuo del ladrillo triturado, al ser compactada con humedad óptima de 14.03% viene a ser 1.76 gr/cm³, que en comparación con la máxima densidad seca del suelo en estado natural (C-8) que es de 1.66 gr/cm³, hecho que conlleva a que las propiedades físicas y mecánicas de los residuos del ladrillo mejoran las

características ingenieriles del suelo, asegurando la obtención de suelos más estables.

Además, mediante el ensayo de CBR se obtuvo el número de la relación de soporte el suelo a nivel subrasante de la calicata N° 8 es de 14.50% del CBR al 95% de la M.D.S., y con la adición del 32% del residuo de ladrillo alcanza un 32.50% del CBR al 95% de la M.D.S. lo que indica que la resistencia admisible al esfuerzo de corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada sea favorable, llevando de la categoría de Subrasante Buena a Subrasante Excelente.

Por lo tanto, en función a los resultados obtenidos se observa, que las propiedades físicas y mecánicas de los residuos del concreto y del ladrillo influyen positivamente en la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante.

IV. CONCLUSIONES

Conclusiones generales y parciales:

De manera general este trabajo de investigación concluye que la incorporación de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles sí mejora significativamente la estabilización de los suelos arenosos a nivel subrasante en un 13.46% y 18.00% con la adición de residuos del concreto y ladrillo respectivamente.

Así mismo se concluye que:

1. Conclusión parcial 01: Con respecto a los residuos del concreto de la construcción y demolición de obras civiles, se concluye que sí mejora

significativamente la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante, ya que al adicionar el 55% de residuo de concreto al suelo arenoso limoso proveniente de la calicata N° 8, este alcanza la categoría de Subrasante Buena a Subrasante Muy buena.

2. Conclusión parcial 02: Con respecto a los residuos del ladrillo de la construcción y demolición de obras civiles, se concluye que sí mejora significativamente la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante, ya que al adicionar el 32% de residuo de ladrillo al suelo arenoso limoso proveniente de la calicata N° 8, este alcanza la categoría de Subrasante Buena a Subrasante Excelente.

3. Conclusión parcial 03: Con respecto al óptimo porcentaje de adición con los residuos proveniente de la construcción y demolición de obras civiles, se concluye que sí influyen significativamente en la resistencia admisible del suelo a nivel subrasante, ya que trabajando con diversos porcentajes de adiciones se obtuvo óptimos resultados para los residuos de concreto y ladrillo triturado.

Conclusión de la validez

Para establecer la validez se comparó los resultados obtenidos de los ensayos de C.B.R. al 95% de la M.D.S. de las investigaciones realizadas por diferentes autores con los resultados de la presente investigación.

V. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Beltran, J. (2018). Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso.

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. d. P. (2014). Metodología de la Investigación (sexta edición). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

MDSJB. (2008). Zonificación y usos de suelo del Distrito de San Juan Bautista, Ordenanza Municipal N°001-2008-MDSJB/AYA.

MTC. (2014). Manual de carreteras: "Suelos, geología, geotecnia y pavimentos (1a). Perú: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

Supo, J. (2012). Seminarios de Investigación Científica (1st ed.). Perú.

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N°0143-2025-UNSCH-EPG/OGH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajo de tesis de Posgrado en segunda instancia para la **Escuela de Posgrado – UNSCH**; en cumplimiento a la Resolución De Consejo Directivo N°109-2024-UNSCH-EPG/CD, Reglamento de Originalidad de trabajos de Investigación de la UNSCH, otorga lo siguiente:

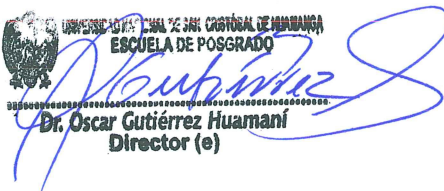
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

AUTOR	Bach. Nilo CURI ROJAS
DENOMINACIÓN DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS	MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
GRADO ACADÉMICO QUE OTORGA	MAESTRO
DENOMINACIÓN DEL GRADO ACADÉMICO	MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA, MENCIÓN GERENCIA DE PROYECTOS Y MEDIO AMBIENTE
TÍTULO DE TESIS	Influencia de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles en la estabilización de suelos arenosos, Ayacucho - 2021
EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD	0% de similitud
N° DE TRABAJO	2822090962
FECHA	20 de noviembre de 2025

Por tanto, según los artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es procedente otorgar la constancia de originalidad con depósito.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

20 de noviembre de 2025.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Oscar Gutiérrez Huamani
Director (e)

Influencia de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles en la estabilización de suelos arenosos, Ayacucho - 2021

por Nilo CURI ROJAS

Fecha de entrega: 20-nov-2025 11:46a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2822090962

Nombre del archivo: tesis_posgrado_nilo_curi_2025.pdf (85.16M)

Total de palabras: 80

Total de caracteres: 434

Influencia de los residuos sólidos de la construcción y demolición de obras civiles en la estabilización de suelos arenosos, Ayacucho - 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR
AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO(A) EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA, Mención GERENCIA DE
PROYECTO Y MEDIO AMBIENTE
RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 00318-2022-UNSCH-EPG-D**

Siendo las 6:00p.m del 27 de junio de 2022 se reunieron en el auditorium de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el Jurado Examinador y Calificador de tesis, presidido por el Dr. Emilio German **RAMIREZ ROCA** Director de la Escuela de Posgrado el Director, MSc. Edmundo **CAMPOS ARZAPALO** Director (e) de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Minas Geología y Civil e integrado por los siguientes miembros: MSc. Jaime Leonardo **BENDEZU PRADO** y el Dr. Indalecio **QUISPE TENORIO**; para la sustentación oral y pública de la tesis intitulada: **INFLUENCIA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN DE OBRAS CIVILES EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS, AYACUCHO - 2021.** En la Ciudad de Ayacucho del 2022 presentado por el Bach. Nilo **CURI ROJAS**. Teniendo como asesor a al Dr. Jaime Alberto **HUAMAN MONTES**.
Acto seguido se procedió a la exposición de la tesis, con el fin de optar al Grado Académico de Maestro (a) en **CIENCIAS DE LA INGENIERIA, Mención GERENCIA DE PROYECTO Y MEDIO AMBIENTE**, Formuladas las preguntas, éstas fueron absueltas por el graduando.

A continuación el Jurado Examinador y Calificador de tesis procedió a la votación, la que dio como resultado el siguiente calificativo:


CALIFICACION	NOTA
Aprobado por unanimidad	16.
Aprobado por Mayoría	- -
Desaprobada por Unanimidad	- -
Desaprobada por mayoría	~

Luego, el Presidente del Jurado recomienda que la Facultad proponga que se le otorgue al Bach. Nilo **CURI ROJAS**, el Grado Académico de Maestro (a) en **CIENCIAS DE LA INGENIERIA, Mención GERENCIA DE PROYECTO Y MEDIO AMBIENTE** Siendo las 20:00 p.m hrs. Se levanta la sesión.

Se extiende el acta en la ciudad de Ayacucho, a las 20:00 p.m hrs. Del 27 de junio 2022.


.....
Dr. Emilio German **RAMIREZ ROCA**
Director de la Escuela de Posgrado


.....
MSc. Edmundo **CAMPOS ARZAPALO**
Director (e) de la Unidad de Posgrado – FIMGC


.....
MSc. Jaime Leonardo **BENDEZU PRADO**
Miembro


.....
Dr. Indalecio **QUISPE TENORIO**
Miembro


.....
Dr. Jose **ALARCON GUERRERO**
Secretario Docente

Observaciones:

.....

.....

.....

.....

.....