



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y

METALÚRGICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA
CONFORMACIÓN DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN EL BARRIO**

SAN JOSÉ – PUNO

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACIÓN DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN EL BARRIO SAN JOSÉ - PUNO

AUTOR

GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA

RECuento DE PALABRAS

23885 Words

RECuento DE CARACTERES

130659 Characters

RECuento DE PÁGINAS

166 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

13.0MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 11, 2023 6:48 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 11, 2023 6:50 PM GMT-5

● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

Universidad
Nacional
del Altiplano



Firmado digitalmente por PALOMINO
ASCENCIO Leonel FAU
20145496170 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 11.12.2023 19:08:44 -05:00

Resumen



DEDICATORIA

*A Dios, por el bello don de la vida, porque día a día
me bendice con una nueva oportunidad de disfrutar
de la vida y de los seres que más quiero.*

*A mi madre, Olga Constancia Juli, por ser
mi más grande regalo de la vida, por estar
siempre dispuesta a apoyar cada una de
mis metas trazadas, porque su sola
presencia y soporte incondicional son la
bendición más inmensa de este mundo.*

*A mi padre, Glicerio Fabian Chalco Mulluni, por
ser la persona que guía mi camino, por impulsarme
cada día a seguir adelante y superarme
constantemente, por siempre desear y anhelar lo
mejor para mi vida.*

*A mi hermana, Deysy Chalco Constancia, por ser la
razón de mis sonrisas, participe de mis travesuras y
sobre todo por ser ejemplo de constancia y
resiliencia en la vida*

Gino Duglio Chalco Constancia



AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincera gratitud a mi alma mater, la Universidad Nacional del Altiplano, la cual me brindó la oportunidad de formarme como un profesional íntegro en la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica para servir a mi nación con esta noble profesión.

Agradezco, el permanente apoyo de los docentes de nuestra Escuela Profesional, quienes siempre se mostraron dispuestos a extendernos la mano durante la elaboración de este proyecto de investigación. En especial, al D. Sc. Leonel Palomino Ascencio, por su invaluable participación en calidad de director y asesor del presente trabajo de investigación, la cual ha sido crucial para alcanzar nuestra meta propuesta, también agradecido con la Ing. Dany Evangelina Alave Chata por las sugerencias acertadas y el apoyo constante.

Reconozco y agradezco a la empresa consultora en geotecnia GEOPOL EIRL, quién puso a disposición las instalaciones y los equipos de laboratorio para desarrollar esta investigación, y en especial a su representante el Ing. Rene Pomacosi Laricano, quién siempre estuvo atento a absolver nuestras dudas y predispuesto a brindarnos sugerencias para encaminar de la mejor forma posible esta investigación.

Finalmente, pero no menos importante, agradezco a mi familia por su apoyo incondicional, quienes me brindaron el soporte necesario para afrontar este reto, con infinitas palabras de aliento y constante cuestionamiento sobre el avance y culminación de esta investigación. Esperamos que, esta investigación sea valorada en forma de agradecimiento hacia nuestra Escuela Profesional, y sea un aporte para absolver consultas en futuros temas de investigación.

Gino Duglio Chalco Constancia



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 15

ABSTRACT..... 16

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES 17

1.1.1. Local 17

1.1.2. Nacional 18

1.1.3. Internacional 20

1.2. JUSTIFICACION 22

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 24

1.3.1. Problema general 24

1.3.2. Problemas específicos 25

1.4. OBJETIVOS DEL ESTUDIO..... 25

1.4.1. Objetivo general..... 25

1.4.2. Objetivos específicos 25

1.5. HIPÓTESIS 26

1.5.1. Hipótesis general..... 26

1.5.2. Hipótesis específica 26



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1	SUELOS: ORIGEN Y FORMACIÓN	27
2.2	METEORIZACIÓN	27
2.2.1	Meteorización física o mecánica.....	28
2.2.2	Meteorización química	28
2.3	TIPOS DE SUELO	30
2.3.1	Suelos granulares	30
2.3.1.1	Gravas	30
2.3.1.2	Arenas	30
2.3.2	Suelos cohesivos	31
2.3.2.1	Limos	31
2.3.2.2	Arcillas	31
2.4	ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS	31
2.4.1	Estudio de mecánica de suelos.....	32
2.4.1.1	Ensayos de laboratorio	33
2.4.2	Clasificación de suelos.....	39
2.4.2.1	Sistema de clasificación unificada de los suelos (SUCS).....	40
2.4.2.2	Clasificación de suelos de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO)	43
2.4.3	Proctor modificado (ASTM D-1557)	44
2.4.4	Relación de soporte de California “CBR”	45
2.4.4.1	Determinación de la expansión	46
2.4.4.2	Cálculo del CBR	47
2.5	PAVIMENTOS	48



2.5.1	Definición y uso.....	48
2.5.2	Etapas de diseño.....	48
2.6	TIPOS DE PAVIMENTOS	48
2.6.1	Pavimento rígido.....	48
2.6.1.1	Pavimento rígido de concreto simple sin refuerzo	50
2.6.1.2	Pavimento rígido de concreto simple con refuerzo en juntas ...	51
2.6.1.3	Otros tipos de pavimento rígido.....	51
2.6.2	Pavimentos flexibles	51
2.7	COMPONENTES DE PAVIMENTOS.....	52
2.7.1	Sub rasante.....	53
2.7.2	Sub base	53
2.7.3	Carpeta de rodadura	54
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	55
3.2	ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	55
3.3	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	56
3.4.1	Unidades de muestreo	56
3.4.2	Población	56
3.4.3	Muestra	56
3.5	MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	57
3.5.1	Recopilación de información existente.....	57
3.5.2	Realización de trabajos de campo.....	57
3.5.3	Realización de trabajos en laboratorio.....	59



3.5.4	Realización de trabajos en gabinete.....	59
3.6	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	60
3.6.1	Clasificación de las variables.....	60
3.6.1.1	Variable dependiente	60
3.6.1.2	Variable independiente	60
3.6.2	Operacionalización de las variables.....	60
3.6.2.1	Dimensión de la variable	61
3.6.2.2	Indicadores de la variable	61
3.7	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	62
3.7.1	Técnicas	62
3.7.2	Instrumentos.....	62
3.8	HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MATERIALES.....	63
CAPÍTULO IV		
CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO		
4.1	GENERALIDADES.....	65
4.1.1	Ubicación	65
4.1.2	Accesibilidad	65
4.1.3	Clima y vegetación	66
4.2	ASPECTOS GEOLÓGICOS DEL ÁREA DEL PROYECTO	67
4.2.1	Geomorfología.....	67
4.2.1.1	Unidades geomorfológicas	68
4.2.2	Litoestratigrafía.....	70
4.2.2.1	Mesozoico	70
4.2.2.2	Cenozoico	72



4.2.3 Geología estructural	74
----------------------------------	----

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 GEOMECÁNICA DEL MATERIAL EXCEDENTE	75
5.1.1 Identificación, descripción y clasificación geotécnica	76
5.1.2 Evaluación y análisis de las propiedades geomecánicas	79
5.1.3 Análisis estadístico de la variable humedad natural	82
5.1.4 Análisis estadístico de la variable tamaño de las partículas	88
5.1.5 Análisis estadístico de la variable índice de plasticidad	95
5.1.6 Análisis estadístico de las variables de resistencia o índice de CBR.....	101
5.2 GEOMECÁNICA DEL MATERIAL DE CANTERA.....	103
5.2.1 Identificación, descripción y clasificación geotécnica	104
5.3 PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA DE SUELOS (MATERIAL EXCEDENTE – MATERIAL DE CANTERA)	105
5.3.1 Límites de Atterberg e índice de plasticidad	108
5.3.2 California Bearing Ratio (C.B.R.)	111
5.3.3 Densidad de campo en la conformación de la capa sub base granular ...	113
VI. CONCLUSIONES	115
VII. RECOMENDACIONES	117
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS.....	120

Área: Pavimentos

Línea: Ingeniería geotécnica

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 20 de diciembre del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Perfiles de meteorización en rocas de distinto origen (Gonzáles de Vallejo, 2002)	29
Figura 2 Representación gráfica de los límites de consistencia	37
Figura 3 Representación gráfica del índice de plasticidad	39
Figura 4 Distribución de esfuerzos en pavimento rígido.....	50
Figura 5 Distribución de esfuerzos en pavimento flexible	52
Figura 6 Plano de ubicación del área de trabajo	66
Figura 7 Construcciones urbanas en la ladera de colina con evidencia de depósitos coluviales.	70
Figura 8 Afloramientos de calizas de la Formación Ayabacas circundante al área de estudio	72
Figura 9 Depósito coluvial acumulado en la ladera de colina.	73
Figura 10 Columna estratigráfica local.....	74
Figura 11 Esquema gráfico de la estructura del pavimento, antes y después de aprovechar el material excedente del terreno natural o de fundación	76
Figura 12 Diagrama circular de la incidencia de la humedad según su clasificación en el material excedente	85
Figura 13 Curva de frecuencias de la variable humedad natural.....	87
Figura 14 Gráfico de la clasificación de las partículas del terreno de fundación acorde a su tamaño	92
Figura 15 Curva de frecuencias de la variable tamaño de las partículas según su incidencia	94



Figura 16 Gráfico de las proporciones porcentuales de la clasificación de suelos según su índice de plasticidad	99
Figura 17 Curva de distribución de frecuencias de la variable índice de plasticidad del material excedente	101
Figura 18 Gráfico de la clasificación de las partículas del material de cantera acorde a su tamaño.....	105
Figura 19 Comparación de los materiales ensayados en la curva granulométrica respecto a la aceptación de las especificaciones EG-2013.....	108
Figura 20 Gráfico de la evaluación y aceptación de las mezclas de suelos respecto al límite líquido.....	110
Figura 21 Gráfico de la evaluación y aceptación de las mezclas de suelos respecto al índice de plasticidad.....	111
Figura 22 Gráfico de la evaluación y aceptación de las mezclas de suelos respecto al C.B.R.....	113



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Especificaciones técnicas para los materiales empleados en la construcción de carreteras	32
Tabla 2 Franjas de requerimientos granulométricos para sub base granular	35
Tabla 3 Clasificación de suelos con el sistema SUCS	40
Tabla 4 Clasificación de gravas y arenas (SUCS)	40
Tabla 5 Tipología de suelos	41
Tabla 6 Características de suelos según la clasificación SUCS.....	42
Tabla 7 Clasificación de suelos AASHTO	43
Tabla 8 Ensayo de compactación modificado (CBR).....	46
Tabla 9 Valores de carga unitaria patrón	47
Tabla 10 Operacionalización de las variables.....	61
Tabla 11 Unidades geomorfológicas locales	69
Tabla 12 Propiedades y clasificación geotécnica del material excedente (estrato 01) ..	79
Tabla 13 Matriz de datos de las cuatro variables con sus medidas de tendencia central y variabilidad	81
Tabla 14 Clasificación según su grado de saturación	83
Tabla 15 Clasificación de los suelos acorde a su humedad y sus frecuencias estadísticas	84
Tabla 16 Tabla de la distribución de frecuencias de la variable humedad natural	86
Tabla 17 Clasificación de suelos en función al tamaño de sus partículas	90
Tabla 18 Clasificación de las partículas del material excedente acorde a su tamaño y su incidencia	91
Tabla 19 Distribución de frecuencias de la variable tamaño de las partículas	93



Tabla 20 Análisis de la variable de tamaño de partículas en función a sus medidas de tendencia central y variabilidad	95
Tabla 21 Clasificación de la plasticidad de los suelos en función a su índice de plasticidad	97
Tabla 22 Frecuencias estadísticas del índice de plasticidad del material excedente	98
Tabla 23 Distribución de frecuencias de la variable índice de plasticidad del material excedente.....	100
Tabla 24 Categorías de subrasante en función al índice de CBR del suelo	102
Tabla 25 Propiedades y clasificación del material de cantera	104
Tabla 26 Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del material excedente, material de cantera, mezcla de suelos y especificaciones EG-2013 sub base	106
Tabla 27 Registro de los resultados obtenidos en los en los ensayos de límite líquido e índice de plasticidad en las mezclas de suelos.....	109
Tabla 28 Registro de los resultados obtenidos de C.B.R.....	112
Tabla 29 Registros de los controles de compactación en base a las condiciones de la mezcla 25% material excedente - 75% material de cantera.....	114



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	: Asociación americana para ensayos y materiales
CBR	: California Bearing Ratio
CL	: Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad
Cm	: Centímetro
C-n	: Número de calicata
E	: Este
E-n	: Estrato
Gr	: Gramos
GC	: Gravas arcillosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla
GM	: Gravas limosas, mezclas mal graduadas de grava, arena y limo
GP	: Gravas mal graduadas mezclas de grava y arena con pocos finos
GW	: Gravas bien graduadas mezclas de grava y arena con pocos finos
IP	: Índice de plasticidad
JR	: Jirón
Kg	: Kilogramo
Kg/cm ²	: Kilogramo por centímetro cuadrado
Kis-ay	: Formación Ayabacas del Cretáceo inferior
Km	: Kilómetro
Km/h	: Kilómetros por hora
KN	: Kilo newton
LL	: Límite líquido
LP	: Límite plástico
m	: Metro



m ²	: Metro cuadrado
max	: Máximo
MH	: Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos
min	: Mínimo
ML	: Limos inorgánicos y arenas muy finas polvo de roca
mm	: Milímetro
m.s.n.m.	: Metros sobre el nivel del mar
MTC	: Ministerio de transportes y comunicaciones
N	: Norte
NO-SE	: Noroeste – Sureste
NP	: No plástico
°C	: Grados centígrados
OL	: Limos inorgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
Qh-al	: Depósitos aluviales del cuaternario
SC	: Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla mal graduada
SM	: Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduada
SP	: Arenas mal graduadas, arenas con grava con pocos finos
SUCS	: Sistema unificado de clasificación de suelos
SW	: Arenas bien graduadas, arenas con grava con pocos finos



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se encuentra ubicado entre los jirones Peruanidad, 3 de Octubre y Sacsayhuamán del barrio San José de la ciudad de Puno. Tiene por finalidad mejorar el material excedente del terreno de fundación, con el cual se busca conformar la capa sub base granular para la construcción del pavimento rígido, diseñando una mezcla de suelos que aproveche el material excedente del terreno de fundación y el material granular no plástico proveniente de la cantera Jacha Jahuira, sector Laraqueri, estos previamente evaluados. Para ello se realizaron 4 calicatas distribuidas cada 150 metros entre los jirones mencionados; con los resultados del análisis de las muestras de calicata se evaluó el terreno de fundación; a su vez se caracterizó geomecánicamente el material de cantera, y con esta información determinamos el diseño de mezcla óptimo del suelo mejorado para conformar la capa sub base granular en un área total de 3200 m². La metodología que se emplea en esta investigación presenta un enfoque cuantitativo, tipo de diseño no experimental transversal y de alcance descriptivo. Teniendo inicialmente un material excedente del terreno de fundación clasificado como GC (suelo fino con fragmentos calcáreos) con un índice de plasticidad de 9.26% y CBR de 13.72%; el cual se busca mejorar a través de la mezcla de suelos del material excedente del terreno de fundación con la adición de material granular no plástico proveniente de cantera en las siguientes proporciones: 25-75%, 50-50% y 75-25% respectivamente. Determinándose que la mezcla de suelos 25 - 75% presenta propiedades idóneas; granulometría de 50% de grava, 43% de arena y 7% de finos, límite líquido de 22%, índice de plasticidad de 2% y CBR de 80%, para conformar la capa sub base granular de la estructura del pavimento.

Palabras Clave: Estructura del pavimento, Material excedente, Pavimento rígido, Sub base granular, Terreno de fundación.



ABSTRACT

The present research work is located between the Peruanidad, 3 de Octubre and Sacsayhuamán neighborhoods of the San José neighborhood of the city of Puno. Its purpose is to improve the surplus material of the foundation land, with which it seeks to form the granular sub-base layer for the construction of the rigid pavement, designing a soil mixture that takes advantage of the surplus material of the foundation land and the non-plastic granular material. coming from the Jacha Jahuira quarry, Laraqueri sector, these were previously evaluated. For this, 4 pits were made distributed every 150 meters between the mentioned shreds; With the results of the analysis of the pit samples, the foundation land was evaluated; In turn, the quarry material was geomechanically characterized, and with this information we determined the optimal mixture design of the improved soil to form the granular sub-base layer in a total area of 3200 m². The methodology used in this research presents a quantitative approach, a type of non-experimental cross-sectional design and a descriptive scope. Initially having a surplus material from the foundation soil classified as GC (fine soil with calcareous fragments) with a plasticity index of 9.26% and CBR of 13.72%; which is sought to be improved through the soil mixture of surplus material from the foundation land with the addition of non-plastic granular material from the quarry in the following proportions: 25-75%, 50-50% and 75-25% respectively. Determining that the 25 - 75% soil mixture has ideal properties; granulometry of 50% gravel, 43% sand and 7% fines, liquid limit of 22%, plasticity index of 2% and CBR of 80%, to form the granular sub-base layer of the pavement structure.

Keywords: Pavement structure, Surplus material, Rigid pavement, Granular subbase, Foundation soil.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Para la elaboración de la presente investigación se realizó la recopilación, revisión y evaluación de toda la información que guarde relación con los temas principales que plantea nuestra investigación, de los cuales cuyas conclusiones se mencionan y citan a continuación.

1.1.1. Local

Quispe (2016), en su trabajo de tesis denominado “Evaluación geológica – geotécnica para el proceso constructivo de la avenida Jayllihuaya – Puno”. Determina que los suelos existentes que conforman el terreno de fundación, son inestables blandas de baja consistencia desde el km. 00+000 al km. 1+750, con C.B.R. con humedad optima de 4 – 6 % porque presenta suelos arcillosos muy expansivos con alto contenido de humedad saturados. También resalta que para la conformación de la estructura de la sub base granular, se mezclaron los materiales de suelos de la cantera ligante Jallihuaya (40%) y cantera hormigón río Cutimbo (60%); proporciones que determina el laboratorio de suelos y en cumplimiento con las especificaciones técnicas ASTM y AASHTO con los resultados: Limite liquido 19.25%, Indice plástico 2.83%, Abrasión 28.50%, Equivalente arena 42.5%, CBR. 64%, Chatas alargadas 4.32%.

Castillo (2023), en su trabajo de tesis que lleva por título “Evaluación geotécnica para el mejoramiento de la sub base en la carretera Macusani – Abra Susuya región Puno”. Resalta que las características de las canteras de estudio



registran con óptimas condiciones para ser empleadas en la capa sub base. Y registra en su control de calidad de la sub base en el km 16+000 hasta 26+380, el promedio de la compactación con el cono de arena es de 99.45 %.

Paquita (2015), “Evaluación geológica y geotécnica de la carretera del circuito turístico lago sagrado de los incas, tramo Km. 00+000 al Km. 10+000 Ccota-Charcas-Puno”. Determina que la composición del suelo de fundación del eje en el tramo de la carretera, presenta arcillas de baja plasticidad y gravas arcillosos que se prolongan hasta profundidades mayores a 1.20 metros. Resalta que para la conformación de base granular, se realizaron la mezcla de tres materiales en proporciones según las indicaciones de laboratorio, el diseño se ajustó a las especificaciones técnicas vigentes ASTM, MTC. y AASHTO, los materiales seleccionados son de cantera Quipata (20%), cantera Carucaya (60%) y piedra triturada de 1” a ¼” (20%) con $IP=NP$, Abrasión=81.00%.

1.1.2. Nacional

Ticlla (2021), “Evaluación de las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota”. Determina que las canteras La Torre, La Chuica, Rejopampa Alto 1 y Rejopampa Alto 2 se clasifican en el grupo A-2, y que cumplen con la gradación para afirmado, pero sus límites líquidos e índices de plasticidad son altos, en cambio, la cantera Pingobamba Bajo se clasifica en el grupo A-1 y su límite líquido (22%) e índice de plasticidad (4%) cumple con los requisitos técnicos. Así concluye en que las canteras de Chota cumplen con la normatividad, para su uso en el afirmado de carreteras, pero la cantera Pingobamba Bajo es la que presenta el material



óptimo, debido a que cumple con los estándares de una subbase, con CBR igual a 53.50%.

Mamani (2019), “Estudio geotécnico de la sub rasante para diseño de pavimentos flexibles en las vías de alto Tacna, distrito Alto de la Alianza, Tacna – 2019”, resalta que a través de ocho calicatas de 1.5m de profundidad, realizadas en distintos puntos del área de estudio, siendo la característica predominante del suelo de una arena limosa no plástica cuyo CBR (Valor relativo de soporte) oscila entre 9 a 11%, considerando para el diseño el más crítico. Plantea una alternativa de la estructura del pavimento flexible, con una base granular y sub base granular de 20 centímetros de espesor cada una, sin embargo, la superficie de rodadura con el tráfico actual se plantea una capa de mortero asfáltico de 2.0 centímetros a base de mortero asfáltico, luego de que se genere el crecimiento del parque automotor en un periodo determinado se plantea una carpeta asfáltica en caliente de 6 centímetros por encima del mortero asfáltico.

Lozada (2018), “Estudio de las características físicas y mecánicas de las canteras Hulango como material de afirmado en carreteras – provincia de Utcubamba”, determina que la cantera La loma presenta un CBR al 100% = 46.0%, y un % del desgaste a la abrasión= 68.6%, la cantera Las Paguillas presenta un CBR al 100% = 47.4%, y un % del desgaste a la abrasión= 54.26%. Resaltando que estas canteras poseen características que brindaron información valiosa para la capacidad de servicio y mantenimiento de la estructura a largo plazo.

Linares (2020) en su artículo de investigación de estabilización de suelos arcillosos a nivel de sub rasante con adición de bolsas de polietileno fundido, indica que, para la obtención de sus muestras, se fundieron bolsas de polietileno,



el líquido producto de la fundición se mezcló con el material del suelo arcilloso en la proporción 1:1. El agregado base constituido, sirvió para elaborar las muestras tomando proporciones de 4%, 8% y 12% respecto al peso seco de la muestra. El tratamiento que presentó mejor comportamiento para las propiedades físicas es el T1 (4%) donde se logró una disminución promedio del índice de plasticidad de 13.55% (suelo natural) hasta 8.98% (4% BPF). Y para las propiedades mecánicas el tratamiento que presenta mejor incidencia es el T3 (12%) ya que el OCH promedio tiende a disminuir de 18.23% (suelo natural) a 15.46% (12% BPF), mientras que la MDS promedio aumenta de 1.730gr/cm³ (suelo natural) a 1.807gr/cm³ (12% BPF) y el CBR promedio aumenta de 5.6% (suelo natural) a 9.9% (12% BPF). Se concluye que la adición de bolsas de polietileno fundido si mejoran las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso a nivel de subrasante, por lo tanto, se logró estabilizar el suelo en estudio según del Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

1.1.3. Internacional

García (2019), evalúa la aplicación de suelo-cemento para la estabilización de vías terciarias que posean un alto contenido de caolín en Colombia, resaltando que el caolín, como la gran mayoría de suelos finos, presenta un comportamiento frágil ante la ausencia del agua, el cual se pudo compensar con un porcentaje del 12% de cemento, ya que este aumentó considerablemente el enlace entre sus partículas y por consiguiente su resistencia. Por otra parte, se puede decir que el estado de saturación en el material también es un problema, puesto que esto provoca que el suelo sin ningún tipo de adición se desintegre, perdiendo sus propiedades de resistencia mecánica y que el mismo suelo estabilizado con



cemento en cantidades superiores al 8% disminuya hasta en un 50 % su resistencia y para los suelos finos estabilizados con cemento se debe garantizar que el agua debida a las condiciones climáticas no va afectar la resistencia del terreno, por ello se requiere tener buenos sistemas de drenaje o bien sea aumentar la impermeabilidad del material. Finalmente concluye recomendando que cuando se emplea el método de estabilización de suelos con la adición de cemento es de suma importancia garantizar el contenido óptimo de agua y el tiempo de curado mínimo para lograr obtener la resistencia máxima requerida por el diseño, ya que como se observó en los resultados la resistencia máxima de las mezclas con 12% de cemento presentaba una disminución cuando eran menores los tiempos de curado.

Alzate (2019), en su investigación para mejorar la sub rasante en vías de tercer orden, determina el porcentaje de cemento de mayor eficiencia, mediante la realización de ensayos de resistencia a la compresión no confinada de cilindros moldeados de suelo-cemento, se concluye que el porcentaje óptimo con el que se obtuvo mayor resultado fue con el 13%, a consecuencia de que el material de estudio posee un alto contenido de humedad, para el manejo y la estabilización química. También resalta anticipadamente debe reducirse su humedad natural, según el manual de estabilización de suelos con cemento o cal de Carlos Jofré y Carlos Kraemer, agregando el 1 % de cal viva, el contenido de humedad se puede reducir en un 5%, hasta un 7% sumando el proceso de aireación, con esto se garantiza que la estabilización con el cemento sea exitosa. Indica que obtuvo una mejora de más del cien por ciento en los cuatro estratos trabajados, agregando el 13 % de cemento, con un contenido de humedad de 45 % para el Sondeo 2 (k0+400) a una profundidad de 0.25 m hasta 1.50 m, un contenido de humedad de



40 % para el Sondeo 3 (k0+600) a una profundidad de 0.00 m hasta 1.00 m, humedad del 40 %, un contenido de humedad de 30 % para el Sondeo 3 (k0+600) a una profundidad de 1.00 m hasta 1.50 m y para el Sondeo 4 (k0+800) a una profundidad de 0.15 m hasta 0.66 m.

Hidalgo (2022), evalúa el desempeño de mezclas de suelo y residuos de la construcción como una alternativa para el mejoramiento de subrasantes de vías de bajo volumen de tránsito, para ello realizó una evaluación tanto técnica como económica, para lo cual se realizaron diseños de pavimentos adicionando en proporciones determinadas entre 10 % y 40 % de RDCL y suelo residual, y se compararon con diseños de pavimentos convencionales usando materiales granulares de explotación de canteras. Para todos los diseños se usaron las mismas condiciones de tránsito, suelos de subrasante y metodologías de diseño. Los resultados obtenidos muestran que el uso de RDCL mezclado con suelo como mejoramiento de la subrasante, se obtienen reducciones en espesores de capas granulares del pavimento que pueden permitir prescindir de la capa de subbase granular con los respectivos beneficios económicos y ambientales.

1.2. JUSTIFICACION

El acrecentamiento del nivel poblacional y transitabilidad vehicular en la ciudad de Puno cada vez es más perceptible; la Municipalidad Provincial de Puno pone en marcha diversas obras civiles que son de gran beneficio para la población puneña, sin embargo, estas obras empiezan a presentar fallas o deterioros notables mucho antes de su tiempo de vida útil considerado. Para evitar estas fallas nos planteamos construir un óptimo y eficiente pavimento rígido, a través de una adecuada conformación de la capa



sub base granular a partir del aprovechamiento y posterior mejora del material excedente del terreno de fundación realizando dosificaciones adecuadas de los materiales.

En nuestra investigación el terreno de fundación juega un papel muy crítico, debido a que es el material sobre el cuál se conformará la estructura del pavimento, es así que realizarle un estudio es de suma importancia para hacer frente a cualquier perturbación que implique construir una infraestructura. El terreno de fundación tiende a presentar un comportamiento como el de una estructura, con propiedades y características físicas propias del material.

En la construcción de una infraestructura vial es de suma importancia tener en cuenta las propiedades principales que posee un suelo, así como también los procedimientos que implican realizar adecuadamente los ensayos para determinarlos, y las clasificaciones que se usan más para fines de este tipo de construcción.

Conocer el comportamiento mecánico del suelo es el factor más crucial en la construcción de pavimentos, es así que los diferentes ensayos y propiedades que se llegan a estudiar es para conocer dicho comportamiento y así conformar materiales con una estabilidad mecánica óptima y adecuada, de tal forma que las tensiones o perturbaciones que llegasen a suscitarse se transfieran de forma uniforme y progresivamente para que no generen colapsos o asientos excesivos.

Teniendo en cuenta la importancia de conocer el suelo presente, es necesario estudiar e investigar dicho material para poder determinar sus propiedades y características que nos permitirán realizar un adecuado diseño de la estructura del pavimento con dosificaciones adecuadas de los materiales a usarse; comenzando con un reconocimiento del terreno in situ, seguido de un programa de exploración e investigación en las diferentes vías donde se trabajará.



1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las vías pavimentadas son parte del reflejo del desarrollo económico y social de una ciudad, en este caso la ciudad de Puno; la construcción de pavimentos son una muestra clara de mejora en la calidad de vida de la población para continuar con el desarrollo de nuestra ciudad. A su vez, una adecuada construcción y posterior mantenimiento repercutirá en brindar mayor comodidad a los vecinos del barrio San José y la población puneña en general.

Las vías pavimentadas son construcciones que se realizan directamente sobre la superficie del terreno, por ende, estudiar, determinar y mejorar (en caso lo requiera) este material presente en la superficie es de suma importancia. Cabe precisar que la mayoría de construcciones ingenieriles yacen sobre la superficie del terreno, he ahí la importancia de darle un uso adecuado a cada tipo de suelo, siendo este un suelo que cumpla determinadas características para satisfacer las necesidades que implicará construir una infraestructura.

Entonces, saber aprovechar el material presente en la superficie (suelo) es fundamental, teniendo en cuenta las propiedades y características que poseen para conformar la estructura del pavimento.

1.3.1. Problema general

¿Las propiedades geotécnicas del material excedente mejoran con la adición del material de cantera en la conformación de la capa sub base granular para la construcción de pavimento rígido en el barrio San José, ciudad de Puno?



1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Qué características geomecánicas presenta el material excedente en el barrio San José, ciudad de Puno?
- b) ¿Cuáles son las características geomecánicas del material de cantera con el cual se busca mejorar el material excedente en el barrio San José, ciudad de Puno?
- c) ¿Cuál es la propuesta de diseño de mezcla de suelos para la conformación de la capa sub base granular en el barrio San José, ciudad de Puno?

1.4. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las propiedades geotécnicas del material excedente con la adición del material de cantera en la conformación de la capa sub base granular para la construcción de pavimento rígido en el barrio San José, ciudad de Puno.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características geomecánicas del material excedente en el barrio San José, ciudad de Puno.
- Evaluar las características geomecánicas del material de cantera para el mejoramiento del material excedente en el barrio San José, ciudad de Puno.
- Proponer el diseño de mezcla de suelos para la conformación de la capa sub base granular en el barrio San José, ciudad de Puno.



1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis general

Las propiedades geotécnicas del material excedente mejoran considerablemente con la adición del material de cantera en la conformación de la capa sub base granular para la construcción de pavimento rígido en el barrio San José, ciudad de Puno.

1.5.2. Hipótesis específica

- Las propiedades geomecánicas del material excedente requieren ser mejoradas para la conformación de la capa sub base granular en el barrio San José, ciudad de Puno.
- El material de cantera presenta características geomecánicas favorables para el mejoramiento del material excedente en el barrio San José, ciudad de Puno.
- La propuesta de diseño de mezcla de suelos en la conformación de la capa sub base granular cumple las exigencias requeridas para la construcción de pavimento rígido en el barrio San José, ciudad de Puno.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. SUELOS: ORIGEN Y FORMACIÓN

Usualmente se considera que el suelo es un material conformado por partículas orgánicas e inorgánicas, que carecen de una disposición o arreglo, no obstante, este material presenta una organización definida con características y propiedades que varían “en la vertical”. La confección de perfiles de suelos nos muestra que las propiedades de estos varían más notoriamente en la vertical a comparación de la horizontal. En geología el suelo es considerado aquel material producto de la meteorización o intemperismo, seguido de la erosión, y que se encuentra en la superficie (Juárez Badillo, 1974).

“La palabra Suelo representa todo tipo de material terroso, desde un relleno de desperdicio, hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves. Quedan excluidas de la definición las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados, que no se ablanden o desintegren rápidamente por acción de la intemperie. El agua contenida juega un papel tan fundamental en el comportamiento mecánico del suelo, que debe considerarse como parte integral del mismo” (Juárez Badillo, 1974).

2.2. METEORIZACIÓN

La meteorización mecánica modifica la estructura de la roca, por ende, es a nivel macro. Por su lado, la meteorización química modifica la composición química de la roca, siendo ésta a nivel molecular. Sin embargo, ambas trabajan en forma paralela: La meteorización física o mecánica reduce la roca de tamaño, mientras que la química la debilita (Tarbuck & Lutgens, 1999).



2.2.1. Meteorización física o mecánica

Son fuerzas que actúan directamente sobre las rocas, principalmente la gravedad, su efecto más importante es la reducción del tamaño, siendo este un proceso natural al cual están sometidas las rocas hasta que se convierten en un determinado tipo de suelo. También, están presentes las fuerzas por contacto que se dan por la interacción con los agentes que se combinan, siendo los principales: el agua, temperatura y presión (Tarbuck & Lutgens, 1999).

Principales efectos de la meteorización física:

- Existe una reducción de tamaño, y estos tamaños por lo general suelen ser heterogéneos.
- Los fragmentos que son producto de la meteorización y que conforman el suelo, tienen las mismas propiedades de la roca madre.
- La superficie específica incrementa (el volumen).
- La meteorización física es la que genera gravas, limos y arenas.

Entonces, al fragmentarse una roca, esta disminuye de tamaño, sin embargo, por otro lado, incrementa su superficie específica. Cuando incrementa la superficie específica, el material rocoso fragmentado se encuentra más vulnerable a ser meteorizado. En consecuencia, queda más vulnerable a la acción del agua y sus agentes químicos (Tarbuck & Lutgens, 1999).

2.2.2. Meteorización química

Esta meteorización se fomenta en la medida que la superficie específica incrementa, es significativamente más compleja que la meteorización mecánica,

el agua y la atmósfera (H₂O, O₂, CO₂) son los principales agentes de la meteorización química. Los cambios químicos que pueda sufrir la roca se traducen a la descomposición de esta, no obstante, el material producto de la meteorización química difiere de la roca madre (Rivera Mantilla, 2011).

Algunos procesos principales de la meteorización química son:

- Disolución
- Oxidación
- Hidrólisis

La figura 1 muestra la evolución histórica del conocimiento acerca de los niveles o grados de meteorización que una roca “sana” alcanza hasta convertirse en un material denominado suelo residual, esta información fue plasmada en perfiles de meteorización para cada tipo de roca, pero con una evolución similar.

Figura 1

Perfiles de meteorización en rocas de distinto origen (Gonzáles de Vallejo, 2002)

PERFIL ESQUEMÁTICO	LOVE (1951) LITTLE (1961)	VARGAS (1951)	SOWERS (1951,1963)	CHANDLER (1969)	GEOLOGICAL SOC. ENG. GROUP (1970)	DEERE Y PATTON (1971)			
	ROCAS ÍGNEAS	ÍGNEAS BASÁLTICAS Y ARENISCAS	ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS	MARGAS Y LIMOLITAS	ROCAS ÍGNEAS	ÍGNEAS Y METAMÓRFICAS			
	VI SUELO	SUELO RESIDUAL	ZONA SUPERIOR	COMPLETAMENTE ALTERADA	VI SUELO RESIDUAL	HORIZONTE 1A			
	V COMPLETAMENTE ALTERADA	SUELO RESIDUAL JOVEN	ZONA INTERMEDIA	PARCIALMENTE ALTERADA	IV	HORIZONTE 1B			
	IV ALTAMENTE ALTERADA	CAPAS DE ROCAS DESINTEGRADA	ZONA PARCIALMENTE ALTERADA		III	HORIZONTE 1C (SAPROLITO)			
	III MODERADAMENTE ALTERADA				IV ALTAMENTE ALTERADA	SUELO RESIDUAL	IA TRANSICIÓN CON ROCA METEORIZADA SAPROLITO		
	II ALGO ALTERADA				III MODERADAMENTE ALTERADA		II DEBILMENTE ALTERADA	SUELO DE TRANSICIÓN	IB PARCIALMENTE METEORIZADA
	I ROCA SANA				ROCA SANA		ROCA INALTERADA		I ROCA INALTERADA
					IA ROCA SANA				

Fuente: (Gonzáles de Vallejo, 2002)



2.3. TIPOS DE SUELO

2.3.1. Suelos granulares

Los suelos granulares en su composición presentan partículas o granos gruesos como la grava o la arena, a su vez, estos suelos también son conocidos como suelos no cohesivos o friccionantes. Estos suelos generalmente son originados producto de la meteorización física, debido a su tamaño estos suelos son estables cuando están confinados y son permeables, a su vez entre las partículas (Lambe & Whitman, 2004).

2.3.1.1. Gravas

Material conformado de granos gruesos (mayores a 2 mm), estos granos no suelen apelmazarse a pesar de la presencia de humedad, esto debido a la insignificante acción de las tensiones capilares (Duque Escobar & Escobar Potes, 2016).

2.3.1.2. Arenas

Son materiales con partículas visibles (oscilan entre 0,006 a 2 mm), estos materiales se apelmazan con la presencia de humedad, producto de la importancia de las tensiones capilares. Las arenas por lo general no son plásticas, y en terrenos no húmedos poseen una leve cohesión, sin embargo, se hacen polvo con facilidad al hacer contacto con las manos (Jaramillo, 1987).



2.3.2. Suelos cohesivos

Como su nombre lo indica, son suelos que presenta una considerable resistencia al corte por la atracción mutua que existe entre sus partículas (cohesión), principalmente están compuestos por partículas finas que son parte de los limos y las arcillas (Duque Escobar & Escobar Potes, 2016).

2.3.2.1. Limos

Este material es un conjunto de partículas invisibles (entre 0,002 a 0,006 mm), tiende a presentar ligera plasticidad y en terrenos sin la presencia de humedad presentan una cohesión notoria, no obstante, pueden hacerse polvo entre los dedos. No presenta propiedades coloidales, y la proporción de minerales no arcillosos disminuyen inversamente proporcional al tamaño de granos que conformen este material, así tienden a presentar un secado relativamente rápido y no suelen adherirse al tacto (Duque Escobar & Escobar Potes, 2016).

2.3.2.2. Arcillas

Material de partículas finas (menor a 0,002 mm), están compuestos en gran proporción de minerales arcillosos, por ende, reducen lentamente su grado de humedad y se adhieren a los dedos. En terrenos sin la presencia de humedad presentan grietas o particiones de diversos tamaños. (Duque Escobar & Escobar Potes, 2016)

2.4. ESTUDIO GEOTÉCNICO DE SUELOS

El presente trabajo de investigación presenta un estudio geotécnico de los suelos que están presentes en la zona de estudio, así como también su posterior obtención de los



parámetros físicos y mecánicos para realizar evaluaciones geomecánicas, diseño y construcción de la obra donde el material presente (suelo) será un material de importancia en dicho proceso (Rodríguez Serquén, 2019).

2.4.1. Estudio de mecánica de suelos

El estudio de mecánica de suelos o comúnmente denominado por sus siglas EMS, en términos generales comprende realizar una investigación de campo tanto superficiales como a través de calicatas para caracterizar el terreno de fundación, y con la obtención de muestras representativas de las calicatas determinar distintos parámetros y propiedades a través de ensayos o pruebas de laboratorio (Rodríguez Serquén, 2019).

Tabla 1

Especificaciones técnicas para los materiales empleados en la construcción de carreteras

Requerimiento De Ensayo	Afirmado	Sub Base Granular		Base Granular			
		<3000msn m	>3000msnm	<3000msnm Agregado Grueso	>3000msnm Agregado Fino	>3000msnm Agregado Grueso	>3000msnm Agregado Fino
Límite líquido (%) ASTM D-4318	35% máx.	25% máx.	25% máx.				
Índice plástico (%) ASTM D-4318	4 - 9% máx.	6% máx.	6% máx.		4% máx.		2% máx.
Abrasión (%)	50% máx.	50% máx.	50% máx.	40% máx.		40% min	
Equivalente de arena (%)	20% min	25% min	35% min.		35% min.		45% min.
CBR al 100%	40% min	40% min	40% min				
Pérdida con SO ₄ Na ₂ (%)						12% máx.	
Pérdida con MgSO ₄ (%)						18% máx.	
Índice de durabilidad MTC E-214					35% min.		35% min.
Una cara fracturada (%)				80% min.		80% min.	
Dos caras fracturadas (%) ASTM D-5821				40% min.		40% min.	
Partículas chatas y alargadas ASTM D-4791		20% máx.	20% máx.			15% máx.	
Sales solubles totales (%) MTC-219		1% máx.	1% máx.	0.5% máx.	0.5% máx.	0.5% máx.	0.5% máx.



Fuente: Construcción de carreteras EG-2013 MTC, especificaciones técnicas.

2.4.1.1. Ensayos de laboratorio

Es una de las técnicas de reconocimiento geotécnico que se emplea para determinar características y propiedades propias del terreno de fundación u otro material a ensayar.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones establece normas y brinda procedimientos escritos para realizar ensayos de materiales con el fin de determinar propiedades geotécnicas de las muestras obtenidas in situ del terreno de fundación u otro material a ensayar.

El laboratorio de mecánica de suelos juega un papel muy importante debido a que los resultados obtenidos servirán para realizar evaluaciones geomecánicas, es decir, que es una etapa crucial en el desarrollo de un estudio o evaluación geomecánica. Con el pleno conocimiento de las propiedades físicas del suelo, se busca interpretar y prever comportamientos no favorables que podría presentar el suelo, por ende, es de suma importancia su estudio. Los ensayos o pruebas que se realizan para los fines ya mencionados, son los siguientes:

- Contenido de humedad natural (ASTM D-2216)

Es una propiedad física del suelo de gran interés e importancia debido a que el comportamiento y la misma resistencia de este material guardan una estrecha relación con la cantidad de agua que pueda estar presente en ellos. El hallazgo de esta propiedad es relativamente sencillo, se determina en términos de porcentaje a través de la relación existente



entre el peso de las partículas sólidas y el peso del agua presente, esto se expresa de la siguiente forma:

$$W = \frac{(P1 - P2)}{(P2 - P3)} * 100\%$$

Donde:

W = Contenido de humedad en (%)

P1 = Peso de la tara más el suelo húmedo (gr)

P2 = Peso de la tara más el suelo seco en horno (gr)

P3 = Peso de la tara (gr)

- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM – 421)

Este ensayo nos permite agrupar por determinados rangos de tamaño al suelo ensayado, debido a que consiste en zarandear o hacer pasar el material a través de diferentes mallas o tamices con diversos tamaños de aberturas cuadradas, es así que se logra separar el suelo en determinados rangos de tamaños. Generalmente se toma en cuenta a la malla o tamiz N° 200 (0.075mm) como la medida que divide la clasificación del suelo en material grueso o fino (Tabla 2).

Las cantidades que son retenidas o agrupadas en determinados rangos de tamaños son expresadas en porcentajes, y estos a su vez se pueden representar numéricamente o en gráficas.



Tabla 2

Franjas de requerimientos granulométricos para sub base granular

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA EN PESO			
Pulg.	Mm	GRAD. A	GRAD. B	GRAD. C	GRAD. D
2''	50	100	100		
1''	25		75-95	100	100
Nº 3/8	9.5	30-65	40-75	50-85	60-100
Nº 4	4.75	25-55	30-60	25-65	50-85
Nº 10	2.0	15-40	20-45	25-50	40-70
Nº 40	425 µm.	8-20	15-30	15-30	25-45
Nº 200	75µm.	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras EG-2013

MTC

Tomar en cuenta que la gradación A debe ser empleada en zonas ubicadas en regiones que presenten una altitud mayor o igual a 3000 m.s.n.m.

- Límites de consistencia – Límites de Atterberg

Si la proporción de minerales arcillosos es considerable en suelos de grano fino, el suelo se puede remover con la presencia mínima de humedad sin que se desprenda. Esta naturaleza cohesiva se da por la adsorción de agua que rodea a las partículas de arcilla. En 1900, un científico sueco llamado Albert Mauritz Atterberg elaboró un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con distintas proporciones de humedad. Con una proporción de humedad muy bajo, el suelo se comporta más como un sólido quebradizo. Y si la proporción de



humedad es muy alta, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido (Das M., 2015).

La cantidad de humedad que se expresa en porcentaje en el que se da la transición del estado sólido al estado semisólido es denominado “límite de contracción”. El porcentaje de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es conocido como “límite plástico”, y del estado plástico al estado líquido es denominado “límite líquido”. Estos límites anteriormente mencionados son conocidos como límites de Atterberg, representadas gráficamente en la figura 2.

Si el grado de humedad presente en un suelo arcilloso es mínimo, el agua que contiene dicho suelo está ubicada en las capas que quedan fuertemente pegadas a la superficie del material (capas adsorbidas), este incremento de atracción entre las partículas del suelo arcilloso conforma masas pequeñas y sueltas de tierra compacta. En estos casos se considera que el suelo posee cohesión, o comúnmente denominado como cementación aparente entre sus partículas.

Por otro lado, en caso de que el suelo arcilloso incremente su humedad (agregándole agua) el material del suelo varía de color, y el agua que un inicio estaba solamente en las capas adsorbidas, empieza a ser parte del agua libre, en estas circunstancias el suelo suele incrementar su volumen. La humedad en mención responde a “**límite de contracción**”.

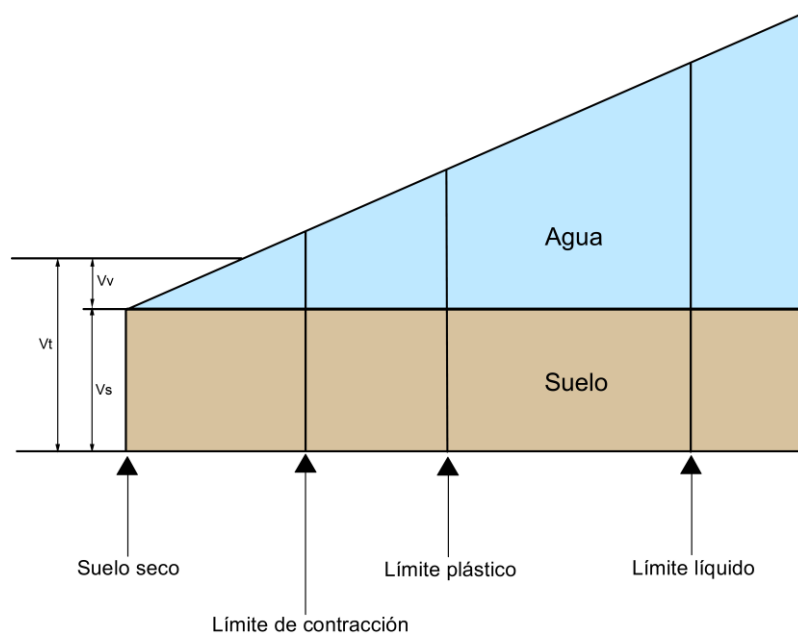
Cuando la humedad del suelo incrementa, la fuerza de cementación aparente que se denomina “cohesión” disminuye hasta llegar a un punto

en el que el suelo no se ve apelmazado y pueda ser moldeado sin que se desmorone. Esta humedad es conocida como el “**límite plástico**”.

En caso de que continúe el incremento del agua al suelo, podremos moldear de diversas formas estables sin que esta se desmorone, esto sucede hasta llegar a un punto en el cual la humedad existente convierte la masa de suelo en una masa casi fluida, así la masa de suelo no puede tomar formas estables y se adhiere a los dedos. Este tipo de humedad es denominada “**límite líquido**”.

Figura 2

Representación gráfica de los límites de consistencia



Distintos estados del suelo en función a la humedad

$$\text{Humedad (w)} = \frac{W_w}{W_s} = \text{Peso del agua} / \text{Peso suelo seco}$$

Límites de Atterberg:

- Límite líquido (ASTM D-423) (LL)



Este ensayo se realiza con el equipo Casa Grande, teniendo en cuenta el contenido de humedad o agua que suele estar expresado en porcentaje de peso seco, que tiene el suelo remodelado para que una muestra del mismo en la cual se haya realizado una ranura o abertura de dimensiones estándar se cierre sin resbalar en su apoyo después de ser sometida al impacto de 25 golpes.

- Límite plástico (ASTM-424) (LP)

Este ensayo se determina a través del agrietamiento que sufre un rollo formado de suelo después de rodarlo encima de una superficie que no absorba la humedad, estos rollos poseen un diámetro aprox. 3.2 mm.

- Índice de Plasticidad (IP)

Este índice nos permite determinar el campo plástico que posee un suelo, a su vez indica el porcentaje de humedad que deben poseer las arcillas para mantenerse en estado plástico. Así también los parámetros de asentamientos y la expansividad potencial que pueda presentar un suelo guardan relación con este índice.

$$IP = LL - LP$$

Dónde:

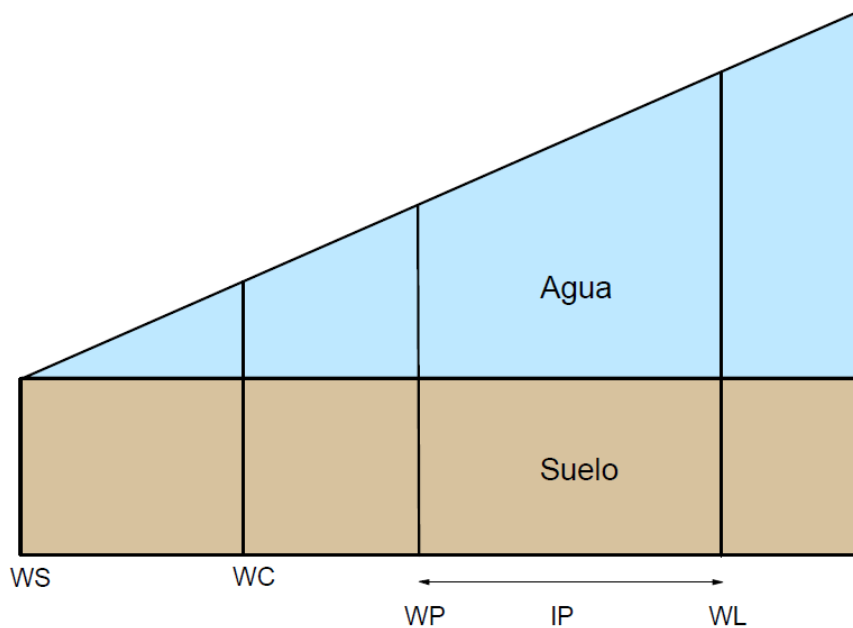
IP = Índice de plasticidad

LL = Límite líquido

LP = Límite plástico

Figura 3

Representación gráfica del índice de plasticidad



WC = Límite de contracción

WL = Límite líquido

WP = Límite plástico

IP = Índice plástico = (WL – WP)

2.4.2. Clasificación de suelos

En la actualidad existen dos sistemas de clasificación de suelos que se usan en estudios geotécnicos, estos son: Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y el sistema de clasificación AASHTO. Ambos sistemas toman en cuenta la distribución del suelo por tamaño de grano y su plasticidad, para clasificarlos en grupos y sub grupos.



2.4.2.1. Sistema de clasificación unificada de los suelos (SUCS)

Arturo Casagrande propuso este sistema en la cual separa a los suelos en dos grupos, los granulares y los finos.

Tabla 3

Clasificación de suelos con el sistema SUCS

SISTEMA DE CLASIFICACION UNIFICADA DE LO SUELOS (SUCS)			
TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUB GRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido alto (>50)	M

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

- a) Clasificación de gravas y arenas: Acorde al sistema de clasificación SUCS, las gravas y las arenas son clasificadas teniendo en cuenta las dimensiones de sus granos y la distribución que puedan presentar estas, la siguiente tabla muestra la clasificación de estas:

Tabla 4

Clasificación de gravas y arenas (SUCS)

Gravas	
Gravas bien graduadas	GW
Gravas mal graduadas	GP
Gravas limosas	GM
Gravas arcillosas	GC
Arenas	
Arena bien graduada	SW



Arena mal graduada	SP
Arena limosa	SM
Arena arcillosa	SC

Fuente: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

b) Clasificación de limos y arcillas: Los suelos separados o divididos según el sistema de clasificación SUCS son agrupados en tres grupos, así tenemos a los limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C), limos y arcillas inorgánicas (O). Estas agrupaciones, acorde al límite líquido (LL) que posean, se subdividen de la siguiente forma: Los de baja compresibilidad, que son los suelos que presentan un límite líquido <50% y los de alta compresibilidad, siendo estos los suelos que poseen un límite líquido >50%. En ambos casos se le añade la letra L o H, de baja compresibilidad o alta compresibilidad respectivamente a las abreviaturas o simbologías de los suelos ya clasificados.

Tabla 5

Tipología de suelos

TIPOLOGIA DE SUELOS		
SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS GENERALES	
GW	GRAVAS (> 50% en tamiz N° 4 ASTM)	Limpias (Finos Bien graduada
GP		<5%) Pobremente graduada
GM		Con finos (Finos Componente limoso
GC		>12%) Componente arcilloso
SW	ARENAS (< 50% en tamiz N° 4 ASTM)	Limpias (Finos Bien graduada
SP		<5%) Pobremente graduada
SM		Con finos (Finos Componente limoso
SC		>12%) Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL < 50%)
MH		Alta plasticidad (LL > 50%)



CL		Baja plasticidad (LL < 50%)
CH	ARCILLAS	Alta plasticidad (LL > 50%)
OL	SUELOS	Baja plasticidad (LL < 50%)
OH	ORGÁNICOS	Alta plasticidad (LL > 50%)
pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos

Fuente: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

En esta tipología puede presentarse situaciones en las que el tipo de suelo pueda aplicar a dos nomenclaturas, un ejemplo común es cuando una grava bien graduada, la cual presenta un contenido de 5% a 12% de material fino puede ser clasificado como GW – GM.

Tabla 6

Características de suelos según la clasificación SUCS

CARACTERÍSTICAS DE SUELOS SEGÚN EL SISTEMA SUCS							
Divisiones principales	Símbolo	Comportamiento mecánico	Capacidad de drenaje	Densidad óptima P.M.	CBR in situ		
Suelos de grano grueso	GW	Excelente	Excelente	2.00 – 2.24	60 – 80		
	GP	Bueno excelente	a Excelente	1.76 – 2.08	25 – 60		
	GM	Bueno excelente	a Aceptable mala	a 2.08 – 2.32	40 – 80		
	Gravas	GM	Bueno	Mala impermeable	a 1.92 – 2.24	20 – 40	
		GC	Bueno	Mala impermeable	a 1.92 – 2.24	20 – 40	
		SW	Bueno	Excelente	1.76 – 2.08	20 – 40	
		SP	Aceptable bueno	a Excelente	1.60 – 1.92	10 – 25	
		SM	Aceptable bueno	a Aceptable mala	a 1.92 – 2.16	20 – 40	
	Arenas	SM	Aceptable	Mala impermeable	a 1.68 – 2.08	10 – 20	
		SC	Malo aceptable	a Mala impermeable	a 1.68 – 2.08	10 – 20	
Suelos de grano fino	Limos y arcillas (LL<50%)	ML	Malo aceptable	a Aceptable mala	a 1.60 – 2.00	5 – 15	
		CL	Malo aceptable	a Casi impermeable	1.60 – 2.00	5 – 15	
		OL	Malo	Mala	1.44 – 1.70	4 – 8	
	Limos y arcillas (LL>50%)	MH	Malo	Aceptable mala	a 1.28 – 1.60	4 – 8	
		CH	Malo aceptable	a Casi impermeable	1.44 – 1.76	3 – 5	



	OH	Malo a muy malo	Casi impermeable	1.28 – 1.68	3 – 5
Suelos orgánicos	Pt	Inaceptable	Aceptable a mala	-	-

Fuente: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

2.4.2.2. Clasificación de suelos de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO)

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (Designación ASTM D-3282; método AASHTO M145), es de los sistemas pioneros que empezaron a emplear en la construcción de carreteras, para clasificar los materiales que componen las distintas capas de los pavimentos (terraplen, sub rasante, sub base y base). Este sistema de clasificación fue desarrollado por Terzaghi y Hogentogler, 1928.

Tabla 7

Clasificación de suelos AASHTO

SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO											
Clasif. General	Suelos Granulares ($\leq 35\%$ pasa 0.8 mm)						Suelos finos ($>35\%$ bajo 0.08 mm)				
Grupo	A - 1	A - 3		A - 3		A - 4	A - 5	A - 6	A - 7		
Sub Grupo	A - 1a	A - 1b	A - 2-4	A - 2-5	A - 2-6*	A - 2-7*			A - 7-5**		
2 mm	≤ 50										
0.5 mm	≤ 30	≤ 50	\geq								
0.08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35			≥ 36				
WI				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6	NP		≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11



Descripción	Gravas y Arenas	Arena Fina	Gravas Arenas Arcillosas	Limosas y Suelos Limosos	Suelos Arcillosos
	** A – 7 – 5: $IP \leq (w - 30)$		A – 7 – 6: $IP > (w - 30)$		
	$IG = (B/0.08 - 35) (0.2 + 0.005 (wl - 40)) + (B/0.08 - 15) (IP - 10) * 0.01$				
	*Para A – 2 – 6 y A – 2 – 7: $IG = (B/0.08 - 15) (IP - 10) * 0.01$				

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería, manual de laboratorio de suelos.

2.4.3. Proctor modificado (ASTM D-1557)

Este ensayo nos permite determinar la curva de compactación, la cual nos muestra la relación existente entre el contenido de agua y peso unitario que posea la muestra, todo ello a través de procedimientos de compactación.

La muestra de suelo con determinadas proporciones de humedad es puesta dentro de un molde de forma cilíndrica en 5 capas en tiempos diferentes, cada capa será colocada previa compactación que se dará al ser sometida con un número de golpes de 25 – 56 de un pistón de 10 lbf (44.5 N) desde una altura de 45.7 cm o 18 pulgadas, así el suelo será compactado con un esfuerzo total de aproximadamente de 56 000 pie-lbf/pie³ (2,700 Kn-m/m³). Después de realizar el proceso detallado, se determinará el peso unitario seco resultante, con toda esta información se plotea la curva de compactación.

Curva de compactación

- El peso específico húmedo (γ_w) es el cociente de la división del peso del material húmedo y el volumen interior del molde.

$$\gamma_w = \frac{\text{Peso del material húmedo}}{\text{Volumen del molde}} \text{ (gr/cc)}$$



- El siguiente aspecto a determinar es la máxima densidad seca de cada muestra que se ha compactado, este dato se determina tomando en cuenta el contenido de humedad

$$W = \frac{wh}{ws} \times 100 (\%)$$

$$\gamma_s = \frac{\gamma_w}{\frac{w}{100} + 1} (gr/cc)$$

Donde:

W = Humedad

Ws = Peso de los sólidos (seco) en gramos

Wh = Peso del agua en gramos

γ = Máxima densidad seca en gr/cc

Ya definidos los datos de la máxima densidad seca (γ_s) y la humedad (w), se puede proceder a graficar la curva de compactación.

2.4.4. Relación de soporte de California “CBR”

La prueba de CBR en un suelo se expresa por la carga unitaria correspondiente a 0.1 u 0.2 de penetración, a su vez se expresa en porcentaje en su respectivo valor estándar. Se la llega a definir también como el cálculo de la resistencia de corte de un suelo bajo condiciones de densidad y humedad previamente controlada. Este ensayo ayuda a determinar un número de la relación existente de soporte, el cual solo se considera para el estado en el que se encontraba la muestra previa al ensayo, por ende, no es constante para un suelo dado.

La aplicación del ensayo de CBR generalmente es en muestras previamente compactadas al contenido de humedad óptimo para un determinado



suelo, a través de ensayos o pruebas de compactación estándar o modificada del experimento.

La intensidad de alteración que pueda presentar el suelo, o en el mejor de los casos puede ser inalterado, el tamaño de sus partículas y sus características físicas propias de cada suelo harán que estos presenten un comportamiento propio.

Tabla 8

Ensayo de compactación modificado (CBR)

CBR ASTM D – 4429		
Diámetro del molde	Pulg	6
Martillo	Lb	10
Capas	No	5
Golpes	No	10 – 25 – 56

Fuente: ASTM D-1883.

2.4.4.1. Determinación de la expansión

Una vez realizado el proceso anteriormente descrito, los especímenes ensayados son sumergidos en agua, durante 96 horas en las que son saturados, con una sobrecarga igual al peso del pavimento en campo al cual será sometido, sin embargo, en ningún caso esta sobrecarga será menor a 4.50K. Además, para determinar la expansión se deberá registrar la expansión que llegue a presentar cada 24 horas, y después de recopilar toda esta información en distintos tiempos se calcula el porcentaje de expansión, el cual se representa de la siguiente forma:

$$E (\%) = \left(\frac{\text{Expansión}}{\text{Altura de la muestra}} \right) \times 100$$



Se debe tener en cuenta que las especificaciones establecen que las expansiones que deben sufrir los materiales acordes a sus fines son:

- Para la sub base granular las expansiones que presente el material deben ser menores a 2%.
- Para la base granular las expansiones que presente el material deben ser menores a 1%.

2.4.4.2. Cálculo del CBR

Con las lecturas registradas durante el desarrollo del ensayo, así como el de las cargas y penetraciones, se procede a graficar un sistema de coordenadas según programa.

$$CBR = \left(\frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \right) \times 100 (\%)$$

En el cálculo del CBR, la roca triturada es tomada como material de comparación, siendo esta el 100%.

La resistencia a la penetración que marca cada hinca del pistón se distribuye de la siguiente forma:

Tabla 9

Valores de carga unitaria patrón

Medidas		Penetración	Carga Unitaria Patrón	
mm.	pulg.	Mpa.	PSI	Kg / cm ²
2.5	0.1	6.9	1000	70
5	0.2	0.3	1500	105
7.5	0.3	13	1900	133
10	0.4	16	2300	161
12.7	0.5	18	2600	182

Fuente: ASTM D-4429, D-1883.



2.5. PAVIMENTOS

2.5.1. Definición y uso

Un pavimento es una estructura construida sobre el suelo de un terreno destinado a la circulación de tránsito de vehículos. El objetivo de un correcto diseño de pavimentos es proporcionar una circulación segura y confortable a los usuarios de las vías en un tiempo eficiente. Además, contribuye a distribuir la carga proporcionada por el tráfico para mantener la estructura del pavimento en buen estado en el tiempo para el que ha sido planificado (Menéndez Acurio, 2009).

2.5.2. Etapas de diseño

Un diseño adecuado de pavimentos, involucra muchas etapas, para empezar, se debe tener un estudio del suelo sobre el cual se pretende conformar la estructura del pavimento. Seguidamente, es de importancia elegir la superficie de rodadura y los componentes estructurales que acarrea, con el fin de seleccionar los materiales requeridos. También se requiere conocer el tráfico que se presentará en la zona y en un futuro, considerando el tiempo de vida útil esperado. Teniendo en cuenta todos estos aspectos se logra diseñar el tipo de pavimento más adecuado, considerando factores tales como el tiempo y economía (Menéndez Acurio, 2009).

2.6. TIPOS DE PAVIMENTOS

2.6.1. Pavimento rígido

El pavimento rígido está definido como una estructura que está compuesta por una o dos capas de materiales con características específicas apoyadas directamente en la base del suelo. Presenta una losa de concreto simple o armado,



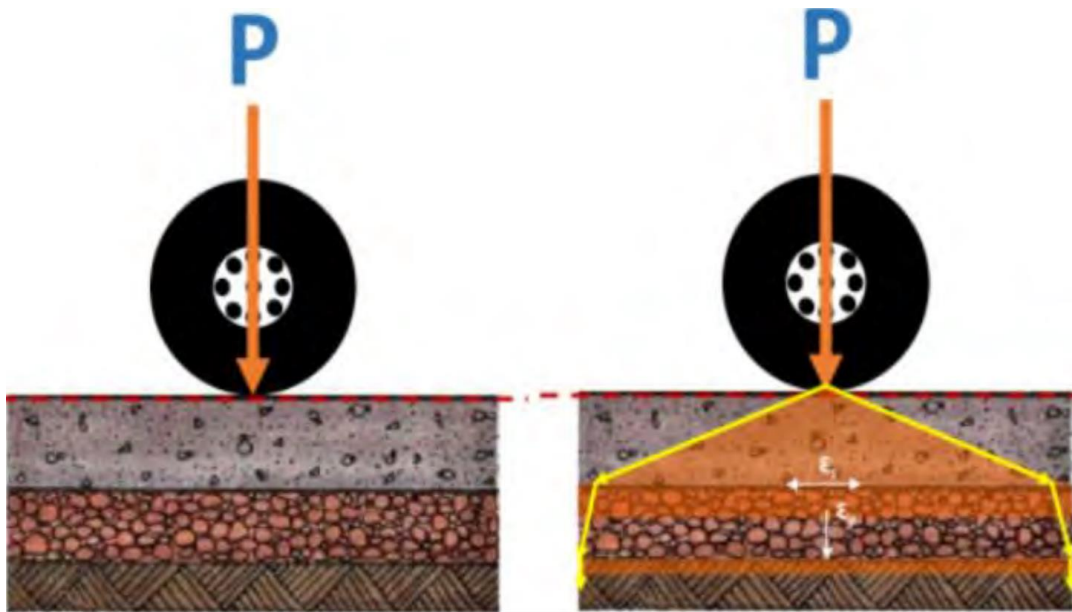
dicha losa puede estar soportada directamente sobre la base del suelo o sobre una sub base, la cual vendría a ser la segunda capa de material granular (Rondón & Reyes, 2015).

Debido a que una de las características principales del concreto es su elevado valor del módulo de elasticidad, los esfuerzos que acarrearán el tráfico son absorbidas en gran medida por la losa de concreto. Seguidamente, los esfuerzos de compresión que se generen tienden a distribuirse en un área amplia, siendo la siguiente capa la que los recibe en magnitudes pequeñas (Rondón & Reyes, 2015). Por consiguiente, la capacidad del suelo no resulta un problema significativo para recibir esfuerzos. La losa de concreto a su vez cumple la función de una capa impermeable, garantizando el sellado para proteger las capas conformadas con anterioridad (Azevedo, 2011).

La consideración de la sub base que generalmente se encuentra conformada por material granular con aglomerantes, es determinante para el diseño de pavimento cuando se tiene en cuenta cargas pesadas que puedan ocasionar daños a las juntas de las losas o cuando la subrasante esté compuesta por un gran porcentaje de finos que puedan entrar en suspensión (Calo, 2012). Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se concluye en que la sub base que conforma la estructura de un pavimento rígido debe garantizar la estabilidad de la capa de concreto, así como la resistencia a la erosión (Azevedo, 2011).

Figura 4

Distribución de esfuerzos en pavimento rígido



Fuente: (Pacasmayo, 2009)

Cabe precisar que el pavimento rígido a comparación del pavimento flexible brinda mayor tiempo de vida útil y mayor costo de construcción.

2.6.1.1. Pavimento rígido de concreto simple sin refuerzo

Sin modificar la estructura de un pavimento rígido, se opta por este tipo debido a que es una buena opción para zonas de tránsito bajo, de modo que será el concreto el material que resistirá todas las cargas (Becker, 2019). Por ende, para el tipo de pavimento mencionado, se tiene en cuenta que los paños deben ser de distancias cortas, para así garantizar una adecuada transferencia de cargas.



2.6.1.2. Pavimento rígido de concreto simple con refuerzo en juntas

Los dowels o comúnmente denominados pasadores son colocados en las juntas existentes entre dos paños para que las cargas sean transmitidas entre las mismas. El mantener el control de la funcionalidad de la junta por dilatación del concreto, es una consideración crucial al momento de diseñar juntas con pasadores, también se debe tener en cuenta la transferencia de cargas por el pasador (Becker, 2019).

2.6.1.3. Otros tipos de pavimento rígido

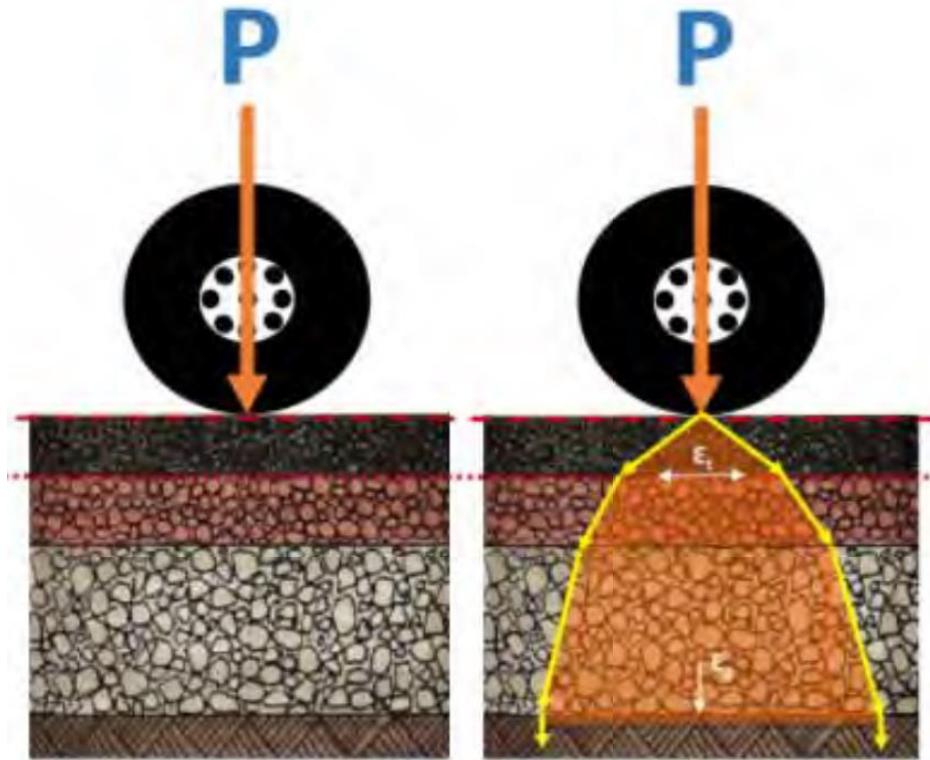
En la construcción de pavimento rígido también existe la opción de realizarlo mediante una capa de concreto armado, debido a que esta incrementa la resistencia a la flexión y minimiza los esfuerzos en la subrasante. A su vez, también existe la posibilidad de considerar estructuras de pavimentos rígidos mixtos, consistiendo en la conformación de una capa de asfalto sobre una capa de concreto armado.

2.6.2. Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles componen una estructura que está conformada por múltiples capas, estas capas disminuyen su rigidez hasta llegar a la subrasante. Detallando, a un pavimento flexible lo componen en la parte superior una capa asfáltica, a continuación, están presentes las capas de materiales granulares denominados como base, sub-base, afirmado y, en algunos casos, material de conformación (Rondón & Reyes, 2015). El pavimento flexible en comparación con el pavimento rígido, la capa superior que está conformada por asfalto, no distribuye las cargas en una zona amplia, motivo por el cual necesita múltiples capas para minimizar y extender los esfuerzos del suelo.

Figura 5

Distribución de esfuerzos en pavimento flexible



Fuente: (Pacasmayo, 2009)

Cabe precisar que al optar por la construcción de pavimento flexible hay que tener en cuenta que brinda un menor tiempo de vida útil y un menor costo de construcción, todo ello respecto al pavimento rígido.

2.7. COMPONENTES DE PAVIMENTOS

La estructura de un pavimento está compuesta por distintas capas que se apoyarán encima del terreno natural. En el caso de los pavimentos rígidos usualmente están compuestos por dos capas, la sub base y la de concreto, esta última brinda una rigidez elevada que es propia del pavimento rígido (Nikolaides, 2015).



2.7.1. Sub rasante

Parte del terreno de fundación o natural sobre la cual se construye el pavimento rígido, se caracteriza por servir como una plataforma uniforme y estable ya que sobre ella descansará el pavimento (Nikolaides, 2015). Debido a su grado de importancia suele ser tratado para lograr evitar cambios repentinos o bruscos en esta plataforma, dichos cambios podrían estar asociados a procesos de expansión y contracción. El tratamiento que se suele aplicar concierne a trabajos de compactación y estabilización mecánica; el estar conformado por material de relleno de características favorables, también lo convierte en otra opción, ya que trabajará como la cimentación sobre la cual se asentará las capas superiores que conforman la estructura del pavimento (Manjriker, 2018).

2.7.2. Sub base

Esta capa puede estar conformada por materiales granulares conformando una superficie uniforme sobre la cual descansará la capa de concreto, ya que se encuentra por encima de la sub rasante y por debajo de la carpeta de rodadura. En esta capa es de suma importancia tener en cuenta que por medio de ella se evacuará el drenaje libre del agua que pueda ingresar por las grietas o juntas de la capa superior que es la de concreto, hacia zanjas de drenaje o un sistema de desagüe subterráneo.

Los problemas más comunes que aquejan a pavimentos rígidos y que guardan relación con la capa subbase es el bombeo de finos que repercute en la erosión de esta, motivo por el cual se toman precauciones específicas acorde al material que se ha empleado. Se recomienda que el material empleado presente



cantidades menores de finos, usualmente se opta que menos del 10% atraviese el tamiz 0.075mm, todo ello para evitar este problema (Nikolaides, 2015).

En términos generales, la función principal de la capa subbase en la construcción de pavimentos rígidos es conformar una superficie en la que la capacidad de carga no sea variada, sino más bien uniforme, con la finalidad de evitar fallas locales; mas no es su función la de aumentar la resistencia estructural. A su vez también brinda el acceso para que los vehículos inmersos en el proceso constructivo del pavimento puedan moverse adecuadamente (Nikolaides, 2015).

2.7.3. Carpeta de rodadura

Es la capa superior de la estructura del pavimento, la que hace frente a las condiciones climáticas y está en contacto directo con el tránsito vehicular. Esta capa es el principal elemento estructural de soporte para las cargas de tráfico, de modo que las distribuye a las capas inferiores y presenta una superficie uniforme y segura para el tránsito vehicular. La capa superior también hace frente a esfuerzos que se generan debido a la fricción existente con la capa subbase, cambios de temperatura y humedad (Nikolaides, 2015).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de esta investigación por la cual se opta es cuantitativo, debido a que se ha reunido una data considerable para diferentes evaluaciones, todas estas con sustento de la mensuración numérica acompañada del análisis estadístico con el fin de determinar modelos de comportamiento.

3.2. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

En esta investigación se prefiere establecer un alcance descriptivo, en virtud de que este tipo de alcance tiende a precisar propiedades y detallar particularidades que son de importancia en cualquier caso que se estudie, así como en nuestro nos permite describir las características del área de estudio y de la cantera, y lo concerniente para conformar la capa sub base granular en la estructura del pavimento.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación presenta un diseño no experimental, debido a que se observó de manera natural las características geomecánicas del material excedente en el área de estudio.

Es preciso indicar que la investigación es no experimental del tipo transversal, dado que la información recabada para realizar se tomaron en un solo momento, no es información adquirida cada cierto tiempo para un mismo fenómeno.



3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Unidades de muestreo

En nuestra investigación, el elemento básico sobre el cual desarrollaremos nuestra investigación son los materiales geológicos a usar para la conformación de la capa sub base granular, siendo estos; el material excedente y el material proveniente de cantera.

3.4.2. Población

En nuestra investigación la población y/o universo es toda la faja de la superficie del terreno que abarca todo el largo y ancho de las vías en las cuales se conformará la capa sub base granular. el largo y ancho correspondientemente de las vías a pavimentar son: jr. Peruanidad con 157.62 m y 6 m, jr. 3 de Octubre con 300 m y 6 m, jr. Sacsayhuamán con 90 m y 5.60 m, haciendo un área total de 3200 m².

3.4.3. Muestra

Con el fin de realizar las evaluaciones de las características geomecánicas de los suelos que conforman el terreno de fundación se realizaron investigaciones a partir de la ejecución de 4 calicatas o pozos exploratorios con una profundidad de hasta 1.50 m. La ubicación de estas calicatas se encuentran de forma alternada y longitudinalmente en toda la faja de la superficie del terreno que abarca todo el largo y ancho de las vías.



3.5. MÉTODO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para alcanzar los objetivos propuestos en la investigación, se elaboró una estrategia que permitirá conseguir la información que se considere necesaria. Esta estrategia posee etapas y actividades que buscan satisfacer las interrogantes planteadas en la investigación, las cuales son:

3.5.1. Recopilación de información existente

Se comprende por la recopilación, clasificación y revisión de toda la información bibliográfica que esté al alcance del investigador y que guarde una estrecha relación con la investigación, a este tipo de información se le añade la adquisición de planos topográficos, mapas geológicos, viales y políticos, imágenes satelitales o fotografías aéreas, en síntesis, toda información relevante y a considerar del área en la cual se encuentra y realiza el presente trabajo de investigación, así por ejemplo:

- Mapas geológicos del cuadrángulo de Puno 32-v
- Cara topográfica del cuadrángulo de Puno hoja 33-x y cuadrícula 19 K

3.5.2. Realización de trabajos de campo

Comprende con el cumplimiento de diversas actividades que se realizaron in situ o en campo, estas actividades partieron con el reconocimiento del terreno a fin de determinar un programa de exploración e investigación de campo que nos permita conocer los tipos de suelos presentes en dicho terreno, esta exploración se realiza a lo largo de todas las vías en las cuales se ejecutarán trabajos posteriores.

La actividad de reconocimiento de campo ayudó a identificar los cortes naturales que están presentes en el terreno, también permitió definir con mayor



precisión el perfil estratigráficos de los horizontes que presenta el terreno de fundación, a su vez permitió a reconocer posibles zonas susceptibles a acarrear problemas en el proceso de conformación.

La realización de pozos exploratorios o calicatas son parte de la etapa de investigación y exploración de campo, las mismas que presentan dimensiones dependiendo estrictamente de las características del terreno de fundación a excavar.

De las calicatas ejecutadas se muestrearon cada estrato de suelo, siendo estas muestras, representativas en términos de cantidad y peso. El tipo de muestra y la cantidad requerida fue seleccionada acorde a los ensayos que se les realizaron, del porcentaje de partículas gruesas que presentaron cada muestra y por último del equipo de ensayo que se usó.

En un inicio de las actividades en campo se empezaron con la elaboración de mapa geológico con la intención de caminar, identificar y mapear el medio geológico en el cual se encuentra el área de estudio, para así conocer y definir las condiciones geológicas que intervienen en dicha área. La geología y topografía del área de estudio, así como su influencia están plasmadas en el mapa geológico que nos permite interpretar las estructuras geológicas que tienen influencia para nuestros intereses, toda esta información recolectada en campo está presente en el mapa geológico clasificado acorde a la litología, geocronología y tipo de estructura.



3.5.3. Realización de trabajos en laboratorio

Las muestras que se tomaron a partir de la realización de calicatas, se sometieron a diversos ensayos de mecánica de suelos en el laboratorio GEOPOL E.I.R.L., así como:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422, MTC E107
- Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E108
- Límite líquido ASTM D-43118. MTC E110
- Límite plástico ASTM D-4318, MTC E111
- Proctor modificado ASTM D-1557, MTC – E115
- California Bearing Ratio ASTM D-1883, MTC – E132
- Clasificación AASHTO M-145
- Clasificación SUCS ASTM D-2487

3.5.4. Realización de trabajos en gabinete

A partir de la información recolectada en campo y con los resultados que se obtuvo a través de los ensayos realizados en laboratorio, se logró identificar tres diferentes tipos de suelos que revelaron las calicatas ejecutadas en el área de estudio, así como: Gravas arcillosas, con mezclas mal graduadas de grava, arena y arcilla (GC), arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla mal graduada (SC) y limos inorgánicos y arenas muy finas con polvo de roca (ML). Después de que los suelos han sido clasificados acordes al sistema SUCS y AASHTO, se confeccionó un perfil estratigráfico que representa a todo el tramo que se evaluó para realizar trabajos posteriores.

Los resultados obtenidos de trabajos realizados que se mencionaron anteriormente, fueron procesados e interpretados cuidadosamente por el alto



grado de importancia que representa en la investigación del terreno de fundación, esta información también nos permitió evaluar futuros problemas geotécnicos que podrían suscitarse.

3.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

3.6.1. Clasificación de las variables

3.6.1.1. Variable dependiente

Es la variable que refleja los resultados de nuestra investigación, y obedece a la manipulación de la variable independiente. En nuestra investigación la propuesta de diseño de mezcla de suelos para la conformación de la capa sub base granular, es catalogada como variable dependiente.

3.6.1.2. Variable independiente

Determina las bases sobre las cuales se estudia a la variable dependiente, es la se muestra como causa y condición de dicha variable. En este trabajo de investigación, las diferentes características geomecánicas determinadas del material excedente y del material de cantera, son catalogadas como variable independiente.

3.6.2. Operacionalización de las variables

Se la define como la etapa que prosigue a una variable teórica, los indicadores empíricos verificables y medibles e ítems o equivalentes, en concreto se conoce como operacionalización de las variables a la sucesión que existe; variables – factores, dimensiones o componentes – indicadores – ítems o valores.



La Tabla 10 ejemplifica la operacionalización de las variables determinadas en el presente trabajo de investigación.

3.6.2.1. Dimensión de la variable

Indica los distintos aspectos en los que las características o propiedades del objeto o fin del estudio pueden ser analizadas.

3.6.2.2. Indicadores de la variable

El material excedente y el material de cantera son los objetos de estudio en nuestra investigación, ambos objetos fueron evaluado principalmente para ser parte de la propuesta de diseño mezcla de suelos que conforma la capa sub base granular de la estructura del pavimento rígido. Por tal razón, las propiedades que fueron observadas y cuantificadas fueron las siguientes: tamaño de los granos del suelo, contenido de humedad natural, plasticidad del suelo y su resistencia ante los esfuerzos cortantes. Es preciso mencionar que los indicadores más usados para cuantificar las propiedades mencionadas anteriormente fueron la granulometría, porcentaje de humedad, índice de plasticidad y CBR.

Tabla 10

Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente		
Características geomecánicas del material excedente y material de cantera	Características Físicas	-Análisis granulométrico -Clasificación de suelos, SUCS y AASHTO -Contenido de humedad -Índice de plasticidad (IP) -Límite líquido -Límite Plástico



	Características Mecánicas	-CBR (California Bearing Ratio) -Proctor (Modificado)
Variable dependiente		-Características granulométricas
Propuesta de diseño de mezclas de suelos para la conformación de la capa sub base granular	Propiedades y características	-Índice de consistencia -Capacidad de soporte - Índice de plasticidad -Índice CBR (California Bearing Ratio)

3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.7.1. Técnicas

Son normas y métodos con las cuales el investigador accede a guardar una relación el objeto o sujeto de la investigación.

Las técnicas que fueron empleadas en el desarrollo de nuestra investigación son principalmente las de observación y la realización de pruebas o ensayos de mecánica de suelos en laboratorio.

3.7.2. Instrumentos

Para registrar adecuadamente toda la información requerida en la elaboración de nuestro trabajo de investigación, información concerniente a las propiedades del terreno de fundación evaluado, se elaboró registros y formatos adecuados para recolectar información en campo y los resultados de los ensayos de mecánica de suelos en laboratorio.



- Registro y descripción de muestras de suelos obtenidos en las calicatas.
- Formatos de determinación del contenido de humedad del suelo.
- Formatos del ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado.
- Formato de determinación del límite líquido, plástico e índice de plasticidad de los suelos mediante ensayo.
- Formato de determinación de la relación entre el contenido de agua y el peso unitario de los suelos (curva de compactación) mediante ensayo.
- Formato de determinación del índice de resistencia de los suelos, conocido como el valor de la relación de soporte mediante ensayo.

3.8. HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y MATERIALES

La distribución del tamaño de partículas del suelo fue determinada cuantitativamente, para dicho proceso se empleó distintos equipos y herramientas, los cuales son: juego de tamices o zarandas de malla cuadrículada (N° 200, N° 100, N° 40, N° 20, N° 10, N° 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2"), balanzas, envases, cepillos, brochas y estufa.

El contenido de humedad que presenta un suelo, se define como la relación existente entre el peso de agua en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas. Los equipos y herramientas que se usaron para determinar el contenido de humedad en nuestro suelo de estudio fueron: recipientes o envases, balanzas, horno de secado, pinzas para la manipulación de los recipientes.

Para obtener las propiedades de límite líquido y límite plástico del suelo que hemos estudiado, se han utilizado equipos y herramientas como envases o recipientes, vasijas o morteros de porcelana, equipo Casagrande con su respectivo acanalador, balanzas, calibrador, estufa, tamiz N° 40, espátula y una superficie de vidrio.



En la determinación de la relación entre el contenido óptimo de humedad y máxima densidad seca, a través de uso de una energía modificada (Proctor modificado), y también para precisar el índice de resistencia de los suelos definido como el valor de la relación de soporte, se utilizó distintos equipos y herramientas, así como: moldes para ensayo de CBR, molde de 4", molde de 6", prensa para ensayo de CBR, disco espaciador, pisón o martillo, balanzas, estufa u horno para el secado, regla, tamiz $\frac{3}{4}$ " y N° 4, pesas, equipo medidor de expansión, pistó de penetración, tanque para inmersión de moldes, diales, herramientas de mezclado y entre otros misceláneos útiles para el ensayo.



CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. GENERALIDADES

4.1.1. Ubicación

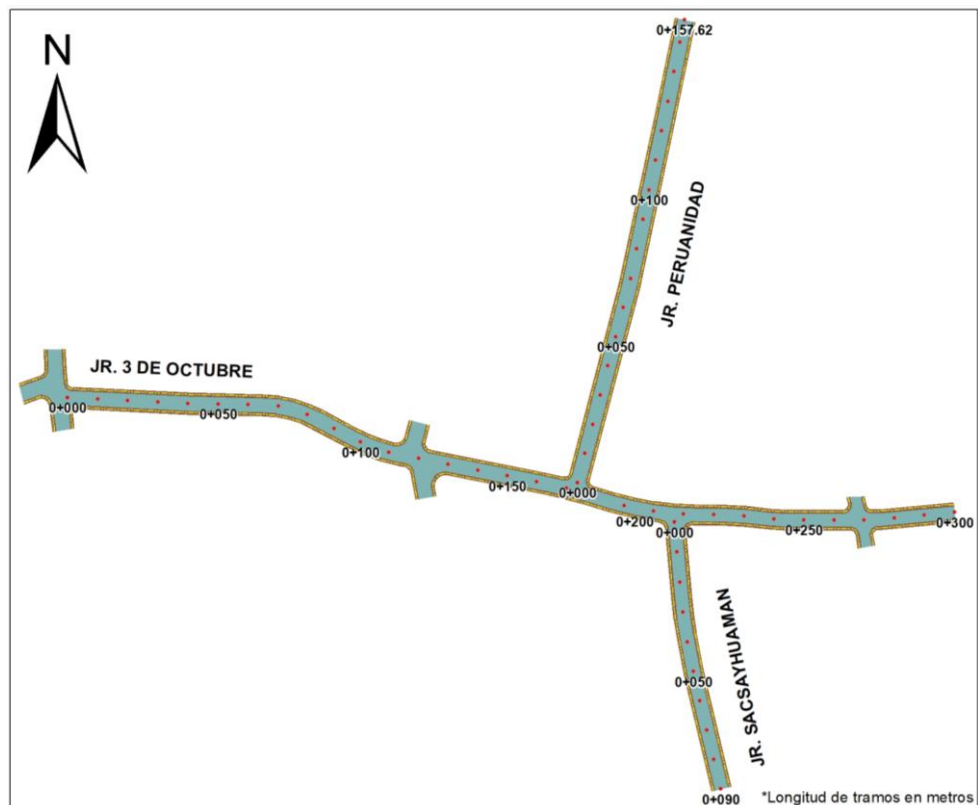
El área de estudio se encuentra ubicado próxima a orillas del lago Titicaca, al noreste de la ciudad de Puno y a una altitud de 3880 m.s.n.m., las coordenadas geográficas correspondientes al inicio y fin de los tramos extremos son: N 8250387; E 391743 (Inicio), N 8250333; E 391960 (Final). Esta área políticamente se encuentra ubicado en el distrito de Puno, provincia de Puno y departamento de Puno, exactamente en las inmediaciones del jr. Peruanidad, 3 de Octubre y Sacsayhuamán del barrio San José en la ciudad de Puno.

4.1.2. Accesibilidad

El territorio puneño se encuentra integrado a la red vial nacional denominada panamericana sur que conecta con otros departamentos de la macro región sur de nuestro territorio nacional, red vial que también integra a la ciudad de Puno donde está ubicado el proyecto de investigación. El proyecto al estar ubicado en la ciudad Puno es de fácil acceso a través de vías asfaltadas y pavimentadas, con un recorrido de 3.5 kilómetros desde el pleno centro de la ciudad, Plaza Mayor de Puno, con un tiempo de recorrido de recorrido de 30 minutos.

Figura 6

Plano de ubicación del área de trabajo



4.1.3. Clima y vegetación

El clima en la ciudad de Puno es frío y seco, a su vez presenta una estación lluviosa que comprende varios meses. La estación que comprende el invierno y el otoño que va desde mayo a octubre, presenta noches extremadamente frías, no obstante, los días suelen ser muy soleados y de intensa luminosidad. La otra estación marcada es la de la primavera que se extiende hasta el verano, es la época en la cual se presentan lluvias y comprende los meses de noviembre hasta abril, con temperaturas promedio de 9°C, los días suelen cálidos con temperaturas que



llegan hasta los 24°C y con noches frías en las cuales la temperatura desciende hasta los 2°C.

La vegetación presente en el área es muy limitada, debido a que el área es urbana y se encuentra cubierta por construcciones, los pastos pequeños que no fueron desbrosados por los vecinos es la única evidencia de vegetación presente en el área, sin embargo, a cotas mayores de la colina próxima al área de estudio, se puede apreciar una vegetación variada como arbustos y queñuales.

4.2. ASPECTOS GEOLÓGICOS DEL ÁREA DEL PROYECTO

4.2.1. Geomorfología

Las geoformas que presenta el área de estudio son productos de las fuerzas endógenas y exógenas que sometieron dicho área, a su vez de la continua interacción de movimientos tectónicos acompañados de procesos de meteorización, erosión y posterior depositación. Cabe precisar que todo material geológico expuesto en la superficie es sometido a fuerzas exógenas que terminan dándole la morfología que actualmente presenta, sin embargo, para analizar estas geoformas no basta con conocer las fuerzas que se hicieron presentes, sino también es necesario tomar en cuenta la escala en la cual se presenta y su dimensión en el espacio y en el tiempo.

La estructuración y el desarrollo de las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio son producto principalmente de dos acciones, las de pérdida que son principalmente por la meteorización y erosión de los afloramientos rocosos y de los materiales no consolidados; y las de suministro que engloba procesos de transporte, depositación y acumulación de todo tipo de material. La morfogénesis que predomina el modelado del relieve actual está



estrechamente ligada a procesos tectónicos y fluviales, y la acción conjunta de ambos procesos han dado forma a las siguientes unidades geomorfológicas.

4.2.1.1. Unidades geomorfológicas

a) Colinas

Elevaciones del terreno con pendientes que suelen estar constituidas por un conjunto de cerros, esta colina está conformada de lomas de rocas carbonatadas que surgieron producto de eventos tectónicos, estas se encuentran en medio de planicies sedimentarias y están constituidas por una masa de calizas y limos de edad Cretácico Inferior – Superior. La colina presenta colmataciones de suelos en desniveles, donde se desarrolla la mayor parte de la vegetación presente en la zona. El material rocoso meteorizado, erosionado, y acarreado a elevaciones inferiores se presenta en las inmediaciones de los jirones a pavimentar.

b) Ladera

Superficie de inclinación que se suscita al inicio y en los flancos de elevaciones presentes en el terreno, así como colinas, suele estar formado por el acarreo del material coluvial, siendo este un material suelto depositado producto de la gravedad, aguas de escorrentía superficial o de carácter excepcional, que arrastran material erosionado por los flancos de las colinas; también está formado por caídas de rocas carbonatadas. Obsérvese en la figura 7.

Las vías a pavimentar se encuentran ubicadas en esta unidad geomorfológica, siendo el jr. Peruanidad y Sacsayhuamán los que están



parelalos a la pendiente de la ladera y el jirón 3 de Octubre a nivel sub horizontal de la cota de la elevación del terreno.

c) Llanura de Inundación

Superficie adyacente al lago Titicaca que es propensa a ser inundada por aumento del nivel del lago, está compuesta principalmente de sedimentos no consolidados que se erosionan rápidamente.

Tabla 11

Unidades geomorfológicas locales

UNIDAD	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Colina	C-rs	Colina en rocas sedimentarias de caliza y areniscas.
Ladera	La-co	Unidad conformada por material geológico erosionado de la las colinas de rocas sedimentarias.
Llanura de Inundación	Ll-i	Conformada por el área circundante al lago Titicaca.

Figura 7

Construcciones urbanas en la ladera de colina con evidencia de depósitos coluviales



4.2.2. Litoestratigrafía

4.2.2.1. Mesozoico

a) Formación Huancané (Ki-hua)

Formación correspondiente al Cretácico Inferior, se encuentra circundante a los afloramientos de la roca caliza de la Formación Ayabacas, y está comprendida por areniscas cuarzosas blanquecinas de grano grueso con intercalaciones de estratos de areniscas rojizas y lutitas con matriz rojiza. También ha sido influenciada por las deformaciones suscitadas en la zona de estudio, siendo parte de plegamientos y fallas.

b) Formación Ayabacas (Kis-ay)



Formación cronológicamente ubicada entre el Cretácico Inferior – Superior, su génesis está determinado como un fallamiento de bloques con una erosión intensa producto de una tectónica con pliegues y cabalgamientos, sin embargo, no se descarta la posibilidad de describirla como una megabrecha (y olistostromo), como producto de deslizamientos submarinos de gran amplitud (Callot, 2008). A pesar de que esta formación haya sido interpretada de distintas formas, la mayor parte de las interpretaciones hacen descripciones similares, catalogándola como un caos de bloques de tamaños considerables (50 – 500 m) que aparentemente están “flotando” dentro de una matriz de material más blando. Próxima al área de estudio, es la litología que predomina, presenta secuencias de calizas grisáceas asociadas a plegamientos, y es la formación de mayor influencia para la formación de material coluvial en las laderas de la zona de estudio.

Figura 8

Afloramientos de calizas de la Formación Ayabacas circundante al área de estudio



4.2.2.2. Cenozoico

En el área de estudio se encuentran principalmente depósitos del Holoceno, Cuaternario; estos depósitos rellenan depresiones con forma cóncava y planicies.

a) Depósitos Coluviales (Qh-co)

Estos depósitos están acumulados en los flacos o laderas de las colinas de roca sedimentaria presentes en el área de estudio, principalmente están conformadas por fragmentos de roca calcárea proveniente de la Formación Ayabacas y suelo acumulado, producto de la erosión de los materiales geológicos presentes en dicho área.

Figura 9

Depósito coluvial acumulado en la ladera de colina



b) Depósitos Aluviales (Qh-al)

Depósitos presentes en las superficies sub-horizontales que se encuentran a cotas inferiores del área de estudio, estas mismas que rodean las orillas del lago Titicaca. Están constituidas por material geológico erosionado y transportado por escorrentía.

Figura 10

Columna estratigráfica local

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	SIMBOLOGÍA	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	DEPÓSITO ALUVIAL	Qh-al		Gravas, limos y arcillas
			DEPÓSITO COLUVIAL	Qh-co		Fragmentos de roca calcárea, limos y arcillas
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	FORMACIÓN AYABACAS	Kis-ay		Calizas grisáceas de textura kárstica
		INFERIOR	FORMACIÓN HUANCANÉ	Ki-hua		Areniscas cuarzosas blanquecinas, con secuencias de areniscas y limos rojizos

4.2.3. Geología estructural

Las estructuras de tipo plegamiento y fallas que son próximas al área de estudio son producto de la intensa deformación suscitada durante la orogénesis andina, acompañado de uno o varios pulsos de dicho ciclo orogénico. A escala regional se logra determinar que el área de estudio se encuentra influenciado por el lineamiento Ocuvi y que se encuentra dentro del dominio correspondiente al Altiplano. Las estructuras que predominan cerca al área de estudio se rigen al rumbo andino (NO-SE), así como los ejes de pliegue, fallas, a su vez se logra identificar una falla transcurrente de cinemática dextral con un salto de falla de aproximadamente 250 metros y orientación antiandina (NE-SW).



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. GEOMECÁNICA DEL MATERIAL EXCEDENTE

Con fines de identificación de los materiales presentes en las áreas donde se va a conformar la estructura del pavimento, se realizó una etapa inicial que consiste en la exploración del área de estudio para el reconocimiento de este mismo y así elaborar un programa de investigación que nos permitirá conocer a detalle las propiedades y características de los suelos presentes. A través del desarrollo de esta etapa inicial se logró identificar los estratos de los suelos presentes, y con ello definir las áreas o zonas que presentan suelos con las mismas propiedades.

Teniendo en cuenta la longitud y la cantidad de vías en las que se desarrollará el programa de investigación se determinó que la cantidad de calicatas ejecutadas serán (4), estas se distribuyen en los 3 jirones que se van a pavimentar, representando cada calicata a una longitud promedio de 540 m. En el programa de investigación se puso en práctica el criterio de que cada estrato diferente que se presente en cada calicata o pozo exploratorio, será muestreado, y que cada muestra adquirida debe ser representativa en cantidad y calidad a cada uno de los estratos presentes en cada una de las calicatas ejecutadas, considerando que la cantidad de muestras son las necesarias para proceder con los ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos.

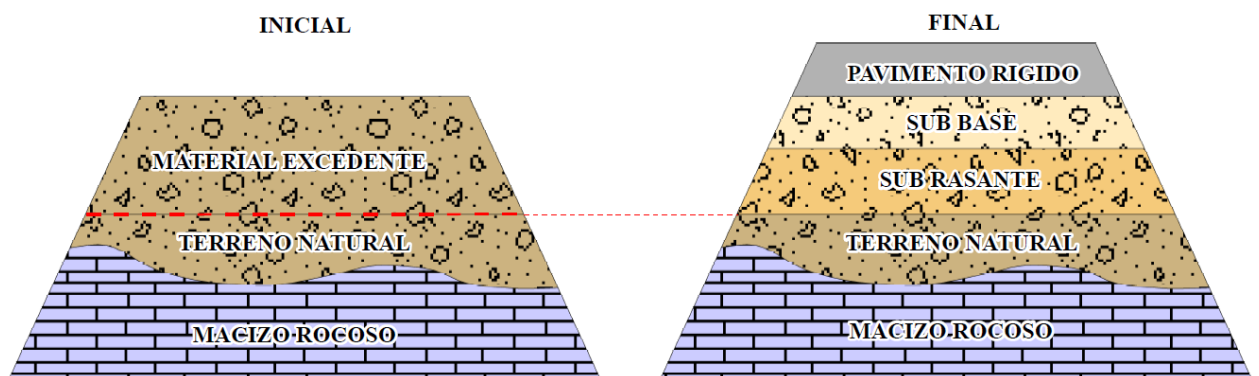
Estas muestras recolectadas en campo se trasladaron al laboratorio de mecánica de suelos donde se ensayaron adecuadamente, tomando en cuenta los procedimientos y normas establecidas, ya con los datos obtenidos y registrados rigurosamente, se procede con la etapa de gabinete, donde buscamos representar gráfica y descriptamente estos datos

para seguir con las evaluaciones correspondientes. Estos datos registrados en los ensayos también nos permiten elaborar perfiles estratigráficos hasta una profundidad de 1.50m desde la superficie (nivel superior), atravesando espesores y el terreno natural presente; perfiles que aparte de indicar los estratos que presentan, muestran propiedades y parámetros básicos para el diseño del pavimento rígido.

Cabe precisar que el material excedente del terreno natural o de fundación que se encuentra en el área de estudio se aprovechará para conformar la capa sub base granular, previa adición de un material externo de cantera, a su vez, este material excedente será el que conforme la capa sub rasante como se muestra en el siguiente esquema gráfico (figura 11). Las evaluaciones correspondientes para realizar dichos trabajos serán detalladas en los siguientes sub capítulos.

Figura 11

Esquema gráfico de la estructura del pavimento, antes y después de aprovechar el material excedente del terreno natural o de fundación



5.1.1. Identificación, descripción y clasificación geotécnica

El suelo por el medio natural donde se encuentre es un material activo y muy propenso a variar sus características o propiedades según su entorno, así como el tamaño del área que abarca y la forma en la cual se encuentra, por ende,



sus propiedades mecánicas tienden a presentar variaciones drásticas ante fenómenos naturales o antrópicos.

Teniendo en cuenta que el suelo es activo y propenso a variar según las condiciones en las que se encuentre, es de importancia conocer cuáles son las propiedades iniciales de este material, durante el proceso constructivo de la obra y obviamente durante el tiempo de vida útil al cual se proyecte, debido a que las propiedades o características que el suelo presente inicialmente pueden variar con el pasar del tiempo, podrían ser por causas naturales o de la misma construcción u obra.

Como parte de la investigación, la clasificación y descripción de los suelos presentes en la zona de estudio es de suma importancia, por lo tanto, esta clasificación se realiza siguiendo metodologías designadas para la construcción de vías, y relacionando los caracteres que indican las clasificaciones de suelos como el AASHTO Y SUCS.

Las muestras recolectadas fueron sometidas a ensayos de mecánica de suelos para evaluar sus propiedades iniciales, estas propiedades son:

- Humedad natural
- Granulometría
- Plasticidad
- Resistencia

De la información mostrada en la siguiente tabla 12 se puede desprender que el material excedente muestra un primer estrato compuesto de material granular el que cual posee un espesor promedio de 0.93m; este suelo ha sido sometido a trabajos de explanación para luego ser estabilizados, nivelados y



rellenados de tal forma que adquieran las características necesarias para ser usado como la sub rasante debido a sus propiedades favorables. A lo largo del tramo en el cual se ejecutaron las calicatas para poder estudiar este suelo, se logró determinar que el espesor del primer estrato varía desde los 0.70m hasta los 1.20m de profundidad, también cabe precisar que con ayuda del análisis granulométrico se logró clasificar a este suelo de la siguientes forma; acorde a la clasificación de suelos SUCS este suelo encaja en los parámetros de gravas arcillosas (GC), y tomando en cuenta los criterios de clasificación de suelos AASHTO este material en caja en los del tipo A-2-4(0). La proporción de las partículas que conforman este suelo en función a sus dimensiones, van de la siguiente forma; las partículas gruesas denominadas gravas oscilan desde 43.33% a 62.06%, estas partículas presentan una forma sub angulosa, seguidamente las partículas intermedias catalogadas como arenas se presentan en un 17.42% a 28.33%, y las partículas finas o arcillas en un 20.51% a 28.58%. En síntesis, se afirma que el material presente es un suelo granular con predominancia de sus partículas gruesas (gravas). En lo que respecta al estudio de las condiciones naturales en las que le material se encuentra, su humedad natural presenta valores que oscilan desde el 5.50% hasta un 7.93%, lo cual nos ayuda a afirmar que el suelo presente a condiciones naturales posee una ligera humedad. Esta estructura granular que presenta el suelo lo dota de resistencia al esfuerzo cortante, y a su vez se puede rescatar la información que puede ser interpretada del color del suelo, siendo este un parduzco amarillento.

Tabla 12

Propiedades y clasificación geotécnica del material excedente (estrato 01)

Calicata	Estrato	Prog. (Km)	Profun. (m)	Lado	Tamaño de Partículas (%)			Índice de Plasticidad (%)			de Humedad Natural (%)	Clasificación	
					Grava	Arena	Fino	L. Liq.	L. Plas	Ind Plas		SUCSA	AASHTO
C - 01	E - 01	00+085	0.00-0.80	Der	48.40	23.27	28.33	29.65	21.63	8.02	6.96	GC	A-2-4(0)
C - 02	E - 01	00+260	0.00-0.70	Der	43.33	28.33	28.33	32.70	22.71	9.99	7.93	GC	A-2-4(0)
C - 03	E - 01	00+040	0.00-1.00	Izq	62.06	17.42	20.51	29.30	19.91	9.39	5.50	GC	A-2-4(0)
C - 04	E - 01	00+050	0.00-1.20	Der	46.17	25.25	28.58	30.50	20.87	9.63	7.65	GC	A-2-4(0)

Como se mencionó anteriormente, la investigación realizada en el material excedente presente es hasta una profundidad de 1.50m, siendo esta la profundidad promedio alcanzada durante el desarrollo de la conformación de la estructura del pavimento y posterior pavimentación. Cabe precisar que esta altura o profundidad alcanzada fue medida desde un nivel inicial, antes de que en el terreno natural se realicen labores de explanación.

5.1.2. Evaluación y análisis de las propiedades geomecánicas

Consiste en realizar el análisis estadístico de las variables que hemos considerado en esta investigación, con previa descripción de los datos registrados en los ensayos realizados. Este análisis de estadística descriptiva se aplica a todas las variables que conforman la matriz de datos, que vienen siendo los indicadores que tomamos en cuenta. A su vez, esta descripción mencionada consiste en



mostrar los datos, resultados, puntuaciones o valores que se hayan registrado para cada variable.

Nuestra necesidad de desarrollar adecuadamente nuestra investigación, nos exhorta a centrarnos en registrar datos, así como evaluar o analizar las propiedades del material excedente, debido a que este material viene siendo nuestro objeto de estudio para conformar la capa sub base granular.

En nuestra investigación, como se mencionó líneas arriba, tiene como objeto de estudio el material excedente, por ende, evalúa diferentes propiedades físicas, mecánicas y valores de resistencia que este material pueda presentar, sin embargo, hay ciertas propiedades cruciales para nuestros fines de estudio, las cuales son: humedad natural del suelo, el tamaño de las partículas que conforman el suelo, la plasticidad y la resistencia de este material. Entonces, las propiedades anteriormente mencionadas vienen a considerarse como las variables dependientes, debido a que estas son medidas a través de los ensayos, por otro lado, se considera variables independientes a las condiciones bajo las cuales se evalúa el material excedente.

La elaboración de una matriz de datos (tabla 13) es de suma importancia para realizar un análisis cuantitativo adecuado, representando el análisis estadístico descriptivo realizado, donde se visualizan los datos por cada variable de estudio, a su vez, para este análisis se consideraron diferentes medidas estadísticas de importancia como las de tendencia central y las de variabilidad.

En lo que concierne a la humedad natural los valores registrados poseen un rango bajo de 2.43, por ende, ambas medidas de dispersión, tanto la desviación estándar con 2.20 y la varianza con 4.86 son relativamente mínimas. Todo lo



contrario, sucede en lo que respecta al tamaño de las partículas porque la diferencia entre el valor máximo y mínimo de las diferentes partículas es relativamente alta, rango de 18.73, por ende, las medidas de dispersión son elevadas, determinándose el valor de 15.90 para la desviación estándar y 252 para la varianza. En el caso del índice de plasticidad los valores registrados no se encuentran muy alejados entre sí, determinándose un rango de 1.97, desviación estándar de 3.31 y la varianza de 10.97, indicándonos que la dispersión es moderadamente baja. Respecto al índice de CBR se determina un rango de 3.15 y medidas de dispersión relativamente bajas, desviación estándar de 2.23 y varianza de 4.96.

Tabla 13

Matriz de datos de las cuatro variables con sus medidas de tendencia central y variabilidad

CASOS			VARIABLES						
N°	Progr. (km)	Estrato	Profundidad (m)	Humedad Natural (%)	Tamaño de Partículas (%)			Índice de Plasticidad	Índice CBR Resistencia (%)
					Grava	Arena	Fino		
1	00+085	E - 01	0.00-0.80	6.96	48.40	23.27	28.33	8.02	-
2	00+260	E - 01	0.00-0.70	7.93	43.33	28.33	28.33	9.99	12.14
3	00+040	E - 01	0.00-1.00	5.50	62.06	17.42	20.51	9.39	-
4	00+050	E - 01	0.00-1.20	7.65	46.17	25.25	28.58	9.63	15.29
MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y VARIABILIDAD DE LAS VARIABLES									
n°				4	4	4	4	4	4



Moda	-	-	-	-	-	-
Media	7.01	49.99	23.57	26.44	9.26	13.72
Mediana	7.31	47.29	24.26	28.33	9.51	13.72
Máximo	7.93	62.06	28.33	28.58	9.99	15.29
Mínimo	5.50	43.33	17.42	20.51	8.02	12.14
Rango	2.43	18.73	10.91	8.07	1.97	3.15
Desviación Estándar	2.20	15.90	6.81	8.64	3.31	2.23
Varianza	4.86	252	46.38	74.64	10.97	4.96

5.1.3. Análisis estadístico de la variable humedad natural

El suelo como material geotécnico posee propiedades cruciales para que sea considerada o descartada, una de estas es la humedad natural, debido a que guarda una estrecha relación con la resistencia que este material pueda presentar, principalmente en todos los finos que posea el suelo.

El volumen de agua representada por la humedad natural de un suelo, puede ser negativo, siempre y cuando considerando el volumen de esta y la cantidad de la otra (masa de suelo). El suelo tiende a adoptar el comportamiento de un líquido cuando es saturada en cantidades elevadas, entonces, de una forma inversamente proporcional la interrelación entre las partículas adyacentes disminuye a medida que la cantidad de agua presente en el suelo se incrementa. A su vez, la característica de las partículas arcillosas de presentar fuerzas de atracción entre sí, se ven afectadas ante un incremento de agua, asimismo el agua modifica el comportamiento del suelo ante esfuerzos aplicados a este, debido a que el agua intersticial tiende a soportar los esfuerzos que se le apliquen, así termina modificando el comportamiento inicial del suelo. Una clara



ejemplificación de este fenómeno mencionado se aprecia al saturar una masa de arcilla, si bien esta arcilla cuando posee cero de humedad muestra elevados valores de resistencia, no obstante, sucede todo lo contrario cuando la humedad que posee es elevada, ya que se convierte en lodo. Entonces, es válido decir que al saturar o elevar los niveles de humedad de un suelo, solo se aminora la resistencia de este, en la mayoría de casos.

Tomando en cuenta lo mencionado líneas arriba, las clasificaciones del grado de saturación que pueda presentar un suelo determinan por cuales de estas pasa el suelo a través de las estaciones a las que está expuesto (Martínez, 1990).

Tabla 14

Clasificación según su grado de saturación

TERMINO		GRADO DE SATURACION
Seco	Seco	Humedad = 0%
Lig. Hum.	Ligeramente húmedo	0.1% - 15%
Húmedo	Húmedo	15% - 50%
Muy Hum.	Muy Húmedo	50% - 80%
Alt. Sat.	Altamente Saturado	80% - 95%
Satur.	Saturado	95% - 100%

Fuente: (Martínez, 1990)

El ensayo correspondiente a MTC EM 108, detalla el desarrollo y los parámetros para determinar y analizar la humedad natural que presente un suelo, dicho dato nos ayuda a ver las variaciones de esta propiedad cuando el suelo posee una óptima, la cual se registra a través del ensayo de Proctor. Para dicho análisis, se toma en cuenta ciertas consideraciones que son las siguientes:



- En caso de que la humedad natural registrada sea menor o igual a la humedad óptima de compactación, únicamente se necesitará realizar una compactación normal del suelo seguida de incrementos oportunos de agua.
- En caso de que la humedad natural sea mayor a la humedad óptima de compactación; se aplica técnicas o alternativas que busquen estabilizar el suelo, tomando en cuenta cuán saturado está el suelo. Las técnicas que se aplican comúnmente para solucionar este tipo de problemas consisten en airear el suelo, o caso contrario, sustituir el suelo saturado.

La tabla 15 muestra a los suelos clasificados acorde a la humedad que presentan, cabe precisar que dicha característica está expresada en por ciento (%). Los parámetros de clasificación que se toman en cuenta son los que se muestran en la anterior tabla que propone cinco grupos: seco, ligeramente seco, húmedo, muy húmedo, altamente húmedo, altamente saturado y saturado. Los datos que se usan para realizar esta clasificación, son los que se registraron en los ensayos a los cuales han sido sometidos las muestras de suelos obtenido en la zona de estudio. Así se logra determinar que las 4 muestras ensayadas son clasificadas como ligeramente húmedas.

Tabla 15

Clasificación de los suelos acorde a su humedad y sus frecuencias estadísticas

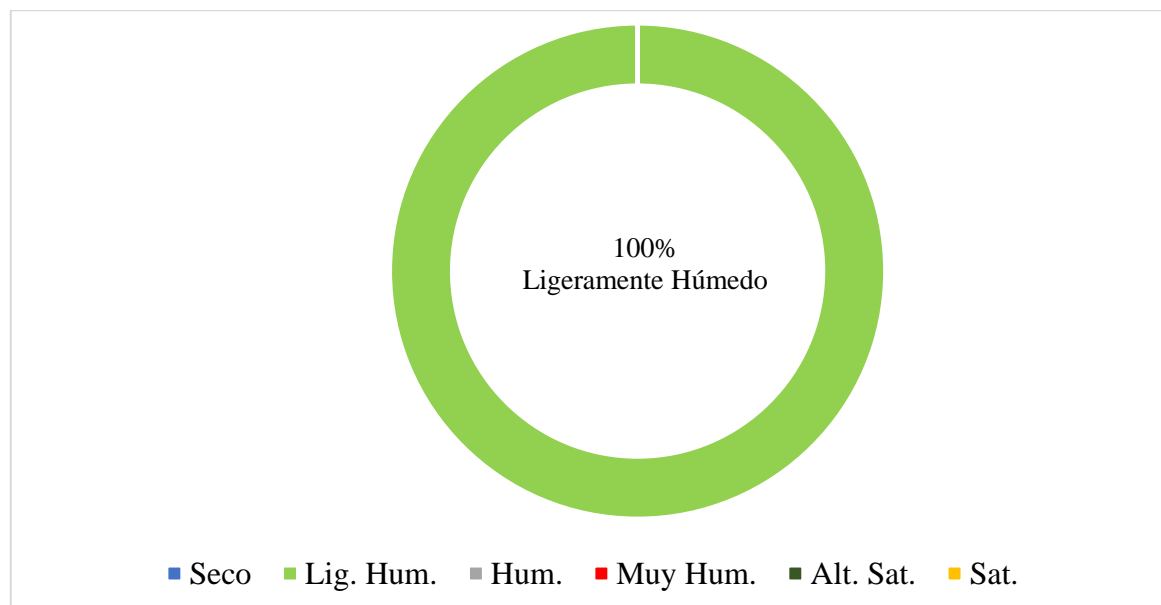
Humedad Natural		Frecuencias (Humedad Natural)			Frecuencias Acumuladas		
		Absolutas	Relativas	Porcentajes (%)	Absolutas	Relativas	Porcentajes (%)
Seco	Seco	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lig. Hum.	Ligeramente Húmedo	4	1.00	100.00	4.00	1.00	100.00
Hum.	Húmedo	0	0.00	0.00	4.00	1.00	100.00
Muy Hum.	Muy Húmedo	0	0.00	0.00	4.00	1.00	100.00

Alt. Sat.	Altamente Saturado	0	0.00	0.00	4.00	1.00	100.00
Sat.	Saturado	0	0.00	0.00	4.00	1.00	100.00
Total de Casos Evaluados		4	1.0	100.00	-	-	-

Como parte la evaluación de la humedad presente en el terreno de fundación, elaboramos gráficos de diagramas circulares donde se representa el nivel de incidencia que cada grupo de clasificación de humedad. Así el grafico de la figura 12 indica que el suelo estudiado no presenta humedades que se encuentren en los parámetros de clasificación como seco, húmedo, muy húmedo, altamente saturado, y saturado, debido a que las humedades registradas de las muestras obtenidas fueron clasificadas en el grupo de los “ligeramente húmedo”, es decir, que ninguna humedad natural registrada sobrepasa el 15% de humedad.

Figura 12

Diagrama circular de la incidencia de la humedad según su clasificación en el material excedente





Otra herramienta estadística que se aplicó para evaluar los datos registrados respecto a la variable de humedad natural del material excedente, es el análisis de las distribución de frecuencias, la aplicación de esta herramienta estadística es a fin de analizar la distribución de los datos en función a su media aritmética, para ello se tiene en cuenta los aspectos que se considera en la distribución normal (campana de Gauss), referente a la relación al sesgo y la curtosis que nos indica cuán deformada o diferente es una distribución a comparación de una distribución normal.

La tabla 16 nos indica que el 25% de las muestras se encuentran entre los valores de 5.50 – 6.31 de humedad natural, otro 25% entre los valores de 6.31 – 7.12 y un 50% entre los valores de 7.12 – 7.93, por ende, este último se muestra elevado en el gráfico de la figura 12.

Tabla 16

Tabla de la distribución de frecuencias de la variable humedad natural

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA VARIABLE HUMEDAD NATURAL									
Intervalos			Marca de Frecuencias			Acumuladas			
N°	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Clase	Absoluta	Relativa	Porcentajes (%)	Absoluta	Relativa	Porcentajes (%)
1	5.50	6.31	5.91	1	0.25	25.00	1	0.25	25
2	6.31	7.12	6.72	1	0.25	25.00	2	0.50	50
3	7.12	7.93	7.53	2	0.50	50.00	4	1	100
Total				4	1	100			

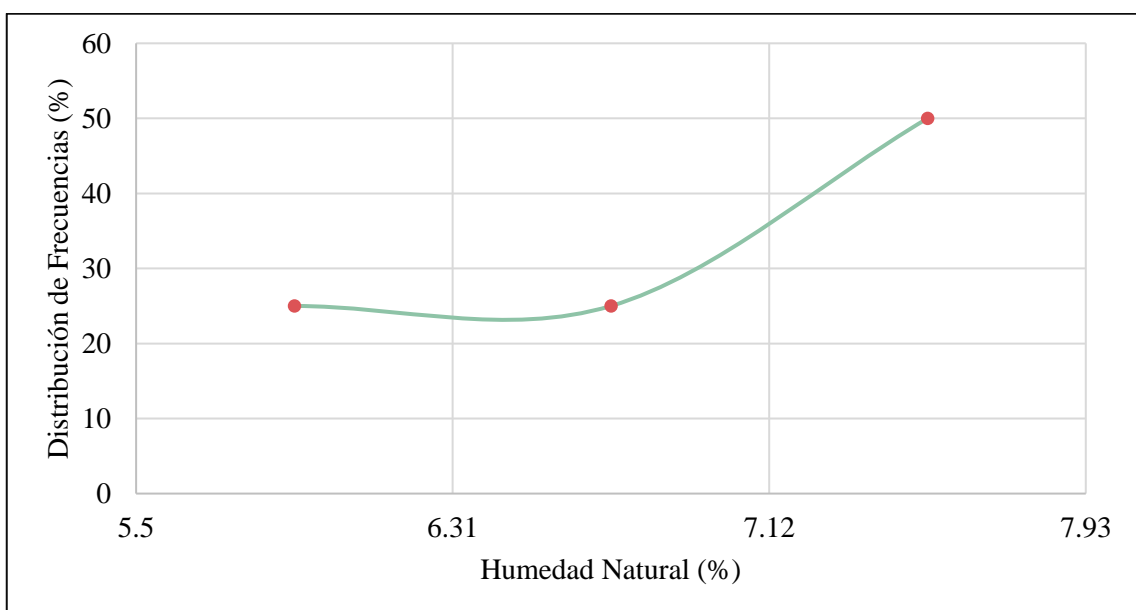
Rango de Datos	2.43	N° de Intervalos	3	Amplitud de Intervalo	0.81
----------------	------	------------------	---	-----------------------	------

El gráfico de la figura 13 muestra una frecuencia acumulada (ojiva) que presenta un coeficiente de asimetría de 27.09 (positivo) el cual fue determinado a través del cálculo de coeficiente de asimetría de Fisher debido a que para calcular

el coeficiente de asimetría de Pearson nos hace falta el dato de la moda (los datos que registramos son diferentes), sin embargo, lo que más resalta de un cálculo de coeficiente de asimetría es el signo que posee, a fin de determinar si la curva va a ser asimétrica a la derecha o a va a tender hacia la izquierda, para nuestros datos es hacia la derecha como se observa en el siguiente gráfico.

Figura 13

Curva de frecuencias de la variable humedad natural



Con fines de ilustración de la amplitud del rango resultante de la variable humedad natural, a su vez para visualizar donde se encuentran las medidas de concentración y dispersión respecto a la escala real de medición, se elaboraron el siguiente gráfico. Resumiendo, el recorrido que presenta la variable de humedad natural es la diferencia del valor máximo y el valor mínimo de esta, la cual es 2.43% debido a que empieza en 5.5% y termina en 7.93%, cabe precisar que la media aritmética que presenta un valor de 7.01 y es considerado como el valor representativo de la variable en mención, en tanto que la mediana posee un valor



de 7.31% el cual hace referencia a que la mitad del terreno de fundación posee una humedad natural mayor a 7.31%.

5.1.4. Análisis estadístico de la variable tamaño de las partículas

Un suelo puede estar compuesto por una variedad de partículas de diferentes tamaños, generalmente estas partículas son clasificadas de un tamaño menor a uno mayor; arcilla, limo, arena y grava, siendo esta última la de mayores dimensiones. Después de que el suelo sea compactado, alcanzando así su máxima densidad (después de la mezcla de suelos), las porciones del mismo suelo diferenciadas por su tamaño otorgan ciertas características, así como:

- Las gravas y arenas gruesas que corresponden a las partículas gruesas, brindan fricción y resistencia al impacto y al desgaste.
- Las arenas finas correspondientes a las partículas de tamaño medio, actúan como material de acuñamiento de las partículas gruesas.
- Las arcillas que corresponden a las partículas finas, actúan como un material suministrador de poros sumamente pequeños, de tal manera que las películas de agua presentes en el material sean de lo necesariamente delgadas a fin de ejercer una cohesión alta.

Los suelos presentes en la naturaleza no suelen estar compuestos por partículas de una sola dimensión, todo lo contrario, por lo general se las encuentra compuestas por más de una, a su vez estos suelos pueden o no presentar material orgánico parcial o en todo caso, material descompuesto en su totalidad. Para otorgarle una denominación a estos tipos de suelos por lo general se considera el elemento que se presente en proporciones mayores, y el nombre del material que acompañe a este es usado como adjetivo.



Existen algunas denominaciones de suelos según los tamaños de partículas que posean, entre las cuales tenemos a los suelos bien graduados, los uniformes, los discontinuos y los mal graduados o de mala gradación. Los suelos catalogados bien graduados son aquellos que presentan partículas gruesas, intermedias y finas, gradando de gruesas a finas; los catalogados de granulometría discontinua son mezclas de suelos con partículas uniformes de tamaño grueso, así como también de las de tamaño fino, no obstante, en este tipo de suelos se ausentan las partículas de tamaño intermedio entre las gruesas y las finas, así presentando una mala gradación. Es así que todo suelo que no presente una gradación completa de las partículas que las componen, es denominada suelo mal graduado.

Todo lo mencionado líneas arriba, juega un rol muy importante en la compacidad del suelo, debido a que cuando el suelo presenta una menor gama o variedad partículas según su tamaño, la compacidad que pueda alcanzar un suelo se ve limitada y por lo general es menor o mínimo. Sucede todo lo contrario, si la variedad o gama de partículas según su tamaño presentes en un suelo es alta, debido a que los espacios vacíos dejados por las partículas de mayores dimensiones tienden a ser rellenadas por las de menor dimensión, así se alcanza niveles elevados de compacidad.

Con fines de representación de las partículas que posee un suelo, se realiza una distribución de los mismos considerando el tamaño de estos medidos mediante el proceso de tamizado. A este proceso en general se le denomina análisis granulométrico, el cual busca determinar la cantidad o la proporción en la que se presentan todos los elementos que constituyan el suelo, siendo estos elementos diferenciados acorde a su tamaño, así tenemos lo siguientes términos para su definición:



Tabla 17

Clasificación de suelos en función al tamaño de sus partículas

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

Fuente: (Barriga Dall'Orto, 2013)

Para los intereses de nuestra investigación buscamos determinar las proporciones que poseen cada una de las partículas presentes en el material excedente, de forma concreta, la granulometría que presente dicho suelo. Por tal motivo se realizaron ensayos y análisis granulométricos tomando en cuenta procedimientos y parámetros establecidos en MTC E 107 y ASTM D-422. La tabla 18 muestra la clasificación de suelos por su incidencia, es decir, por el material que predomina en su composición que se detallada en la tabla 20 (pág. 95), así el material que predomina en las 4 muestras ensayadas es la grava.



Tabla 18

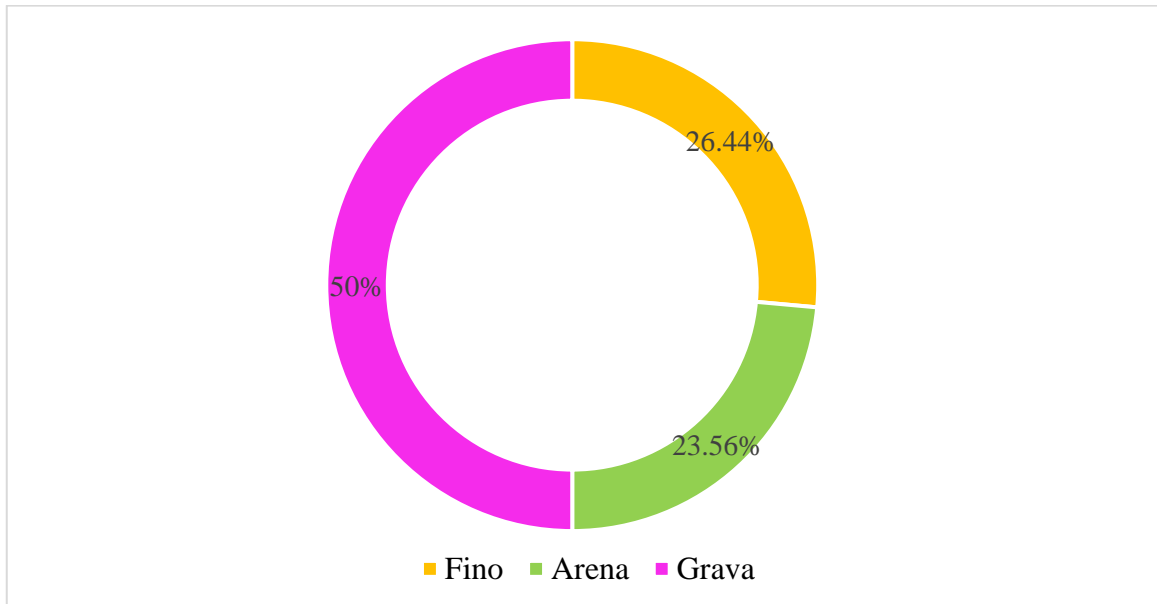
Clasificación de las partículas del material excedente acorde a su tamaño y su incidencia

TAMAÑO DE PARTICULAS		FRECUENCIA DE TAMAÑO DEFRECUENCIA					
		PARTÍCUAS			ACUMULADA		
		Absolutas	Relativas	Porcentajes (%)	Absolutas	Relativas	Porcentajes (%)
Fino	Fino	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Arena	Arena	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Grava	Grava	4	1.00	100.00	4	1.00	100.00
Total de casos evaluados		4	1.00	100.00	-	-	-

El gráfico de la figura 14 muestra los valores en promedio de la composición del material excedente según el tamaño de partículas de las muestras ensayadas, evidenciando que los suelos presentes son por incidencia suelos gravosos, es decir, presentan en mayor proporción partículas de mayor tamaño. Respecto a las partículas de tamaño medio y fino, se aprecia que muestran porcentaje similares en un rango de 20% a 30% por muestra de suelo ensayado. Entonces el suelo del material excedente es de textura gruesa con proporciones considerables de finos, precisando que la denominación de suelo fino se usa para partículas que atraviesan la malla N° 200 en más de un 50%, esto acorde la clasificación de suelos SUCS.

Figura 14

Gráfico de la clasificación de las partículas del terreno de fundación acorde a su tamaño



La distribución de frecuencias de la variable tamaño de partículas, muestran el grado de dispersión que poseen y cómo se distribuyen los resultados registrados a una escala de medición real. En primera instancia se identifica que la media que presentan estos datos correspondientes a las gravas es de 49.99%. También se toma en cuenta que la mediana correspondiente a estos registros es de 47.29, determinando así que las partículas gruesas conforman el suelo en una proporción cercana a la mitad, en otras palabras, esto se entiende que, en una porción del suelo presente en el material excedente, las partículas gruesas (gravas) presentes son del 47.29% del total. La proporción que se muestra de las partículas gruesas (gravas) en cada muestra evaluada oscila en un recorrido o rango de 18.73%, empezando desde un 43.33% hasta un 62.06%, acompañado a su vez de una desviación estándar de 15.90, tal como se muestra en la tabla 19.



Tabla 19

Distribución de frecuencias de la variable tamaño de las partículas

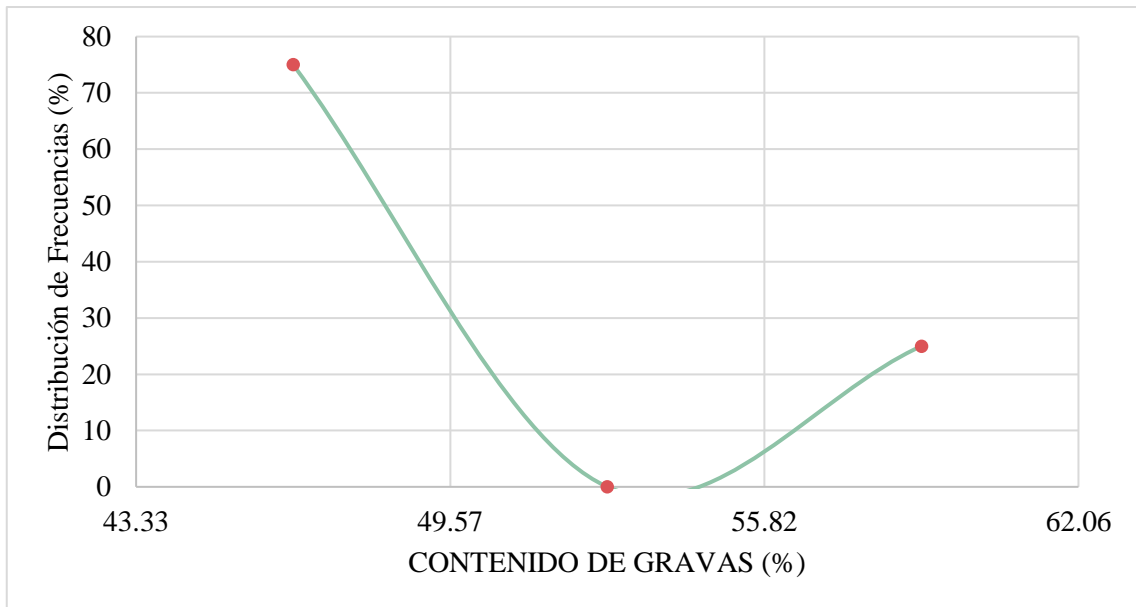
DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA VARIABLE TAMAÑO DE PARTÍCULAS									
Intervalos			Marca de Frecuencias				Acumuladas		
N°	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Clase	Absoluta	Relativa	Porcentajes (%)	Absoluta	Relativa	Porcentajes (%)
1	43.33	49.57	46.45	3	0.75	75.00	3	0.75	75
2	49.57	55.82	52.70	0	0.00	0.00	0	0.75	75
3	55.82	62.06	58.94	1	0.25	25.00	4	1	100
Total				4	1	100	-	-	-

Rango de Datos	18.73	N° de Intervalos	3	Amplitud de Intervalo	6.24
----------------	-------	------------------	---	-----------------------	------

Teniendo en cuenta estos datos y para un adecuado análisis de la curva de distribución de frecuencias de la variable en mención (figura 15), es de suma importancia calcular el grado o coeficiente de asimetría, el cual se calculó mediante el postulado de Fisher, determinándose un valor de 0.036, con este valor asumimos que la curva es asimétrica a la derecha, es decir, nos quedan más datos o más alto el histograma en el lado de la izquierda.

Figura 15

Curva de frecuencias de la variable tamaño de las partículas según su incidencia



Fuente: (Elaboración propia)

Interpretándose del gráfico anterior (figura 15) que se posee más muestras (3) con valores que oscilan entre 43.33 y 49.57% en lo que concierne a su porcentaje de gravas por muestra, representando el 75% del total de la distribución de frecuencias, ninguna (0) muestras en el intervalo 49.57 – 55.82% que representa el 0% del total, y una menor cantidad de muestras (1) que oscila en el intervalo de 55.82 a 62.06% que representa el 25% de la distribución de frecuencias.



Tabla 20

Análisis de la variable de tamaño de partículas en función a sus medidas de tendencia central y variabilidad

MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y VARIABILIDAD	Tamaño de Partículas (%)		
	Grava	Arena	Fino
N	4	4	4
Moda	-	-	-
Media	49.99	23.57	26.44
Mediana	47.29	24.26	28.33
Máximo	62.06	28.33	28.58
Mínimo	43.33	17.42	20.51
Rango	18.73	10.91	8.07
Desviación Estándar	15.90	6.81	8.64
Varianza	252	46.38	74.64

La siguiente figura que se presenta, ilustra la zonificación del suelo del terreno de fundación según las partículas que presenta, las cuales se distribuyen y ocurren en toda el área a pavimentar. Esta área presente en su totalidad (100%) suelos de partículas gruesas (gravas), que como se detalló anteriormente el valor registrado de esta variable presenta un porcentaje mayor en gravas respecto a los finos y arenas.

5.1.5. Análisis estadístico de la variable índice de plasticidad

La capacidad de los suelos de presentar humedad hasta cierto grado y sin desmoronarse o disgregarse está arraigada a la propiedad de plasticidad del mismo. La plasticidad que pueda poseer un suelo no guarda relación con las partículas gruesas que pueda poseer este material, sino más bien depende de las partículas finas que presente el mismo, de tal forma que al momento de analizar



la granulometría de un suelo no es posible observar esta propiedad, por tal motivo existe otro ensayo el cual nos permite ver esta característica, los límites de Atterberg.

Los límites plásticos o líquidos que pueda presentar un suelo son denominados límites de Atterberg, propiedad que evalúa la susceptibilidad del comportamiento del suelo ante la presencia de humedad (agua).

Si bien la plasticidad de un suelo se manifiesta ante una determinada cantidad de agua, en concreto, esta propiedad surge por el efecto lubricante de la película que presenta el agua entre las partículas adyacentes. Por ende, cualquier factor que afecte a esta película de agua se manifestará mediante cambios en el grosor y la superficie de esta misma, estos factores están asociados comúnmente al tamaño y las formas que presenta cada partícula que conforma el suelo, así como también podría afectar la naturaleza química de su superficie. Sin embargo, tanto la superficie como el espesor que pueda presentar una película de agua dependerá principalmente de la humedad (agua) que posea un suelo, así todas las características plásticas que un suelo pueda poseer se logran identificar a través de la adición de proporciones convenientes de agua hasta alcanzar estados de plasticidad arbitrariamente definidos.

Los suelos también son catalogados acorde al índice de plasticidad que presentan, así la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo presente consistencia plástica brinda la facilidad de poder clasificar adecuadamente un suelo. Así la tabla 21 que se presenta a continuación muestra valores altos y mínimos de plasticidad, correspondiendo los valores altos a los suelos que presenten partículas finas o denominados suelos muy arcillosos. La tabla 21



también nos indica los intervalos que se consideran para clasificar la plasticidad que pueda presentar un suelo, así los suelos que presenten un índice plástico por encima de 20% serán denominados suelos altamente plásticos, seguido de los suelos medianamente plásticos que comprenden un índice plástico menor o igual a 20% pero mayor a 7%, luego tenemos a los suelos de baja plasticidad que presentan valores de índice plástico menores a 7%, y por último están los suelos que carecen de índice plásticos, denominándose suelos no plásticos.

Tabla 21

Clasificación de la plasticidad de los suelos en función a su índice de plasticidad

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

Fuente: (Barriga Dall'Orto, 2013)

Cuando se tratan temas de plasticidad es de suma importancia considerar que la proporción presente de arcilla, podría aquejar con problemas relacionando a la humedad (agua) debido a que este material tiende a ser sensible ante la presencia de dicho líquido, por ende, las arcillas presentes y en su magnitud pueden presentar un riesgo como parte de los materiales de conformación de la estructura del pavimento.

Entonces, las cuatro clasificaciones según su plasticidad como se muestra en la tabla 21, fueron las categorías en las que se agruparon los datos registrados según su índice de plasticidad (tabla 22), donde se indica que todas las muestras ensayadas se clasifican de plasticidad media.

Tabla 22

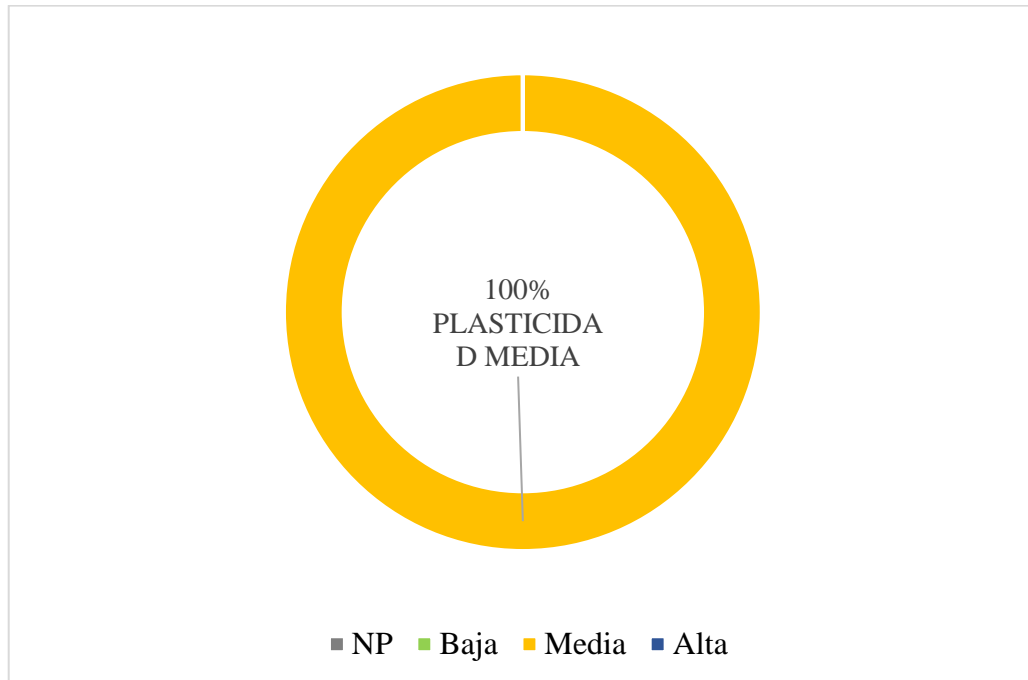
Frecuencias estadísticas del índice de plasticidad del material excedente

Plasticidad		Frecuencias de Índice de Plasticidad			Frecuencias Acumuladas		
		Absolutas	Relativas	Porcentajes (%)	Absolutas	Relativas	Porcentajes (%)
NP	No Plástico	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Baja	Plasticidad baja	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
Media	Plasticidad media	4	1.00	100.00	4	1.00	100.00
Alta	Plasticidad alta	0	0.00	0.00	4	1.00	100.00
Total de Casos Evaluados		4	1.00	100.00	-	-	-

El siguiente gráfico circular (figura 16) ilustra las proporciones porcentuales que presenta las cuatro categorías de clasificación de suelos según su índice de plasticidad, sin embargo, nuestra investigación evidencia que nuestros suelos ensayados en un 100% poseen un índice plástico clasificado como plasticidad media. No se presentaron muestras con plasticidad nulas o baja, o en su opuesto, suelos de plasticidad alta, a su vez se considera que el 100% del total del material excedente presenta un índice de plasticidad media.

Figura 16

Gráfico de las proporciones porcentuales de la clasificación de suelos según su índice de plasticidad



Concerniente al análisis de la distribución de frecuencias de la variable plasticidad del material excedente se elabora la tabla 23 para identificar la distribución de frecuencias, tomando como primer aspecto que la media que presentan los datos para esta variable es de 9.26%, a su vez se toma en cuenta que la mediana correspondiente a estos registros es de 9.51%, indicando que el suelo presente en el terreno de fundación presenta una plasticidad media en el 100% del total. De la siguiente tabla 23 también se desprende información acerca de los datos registrados a través de su rango resultante en una escala real de medición, estas evaluadas en función a medidas de dispersión y posición. Como se mencionó líneas arriba, con los valores registrados se clasificó al material ensayado como suelo de plasticidad media, con un rango de datos de 1.97%, el cual oscila en valor inicial de 8.02% hasta un valor final de 9.99%, y con una desviación estándar de 3.31.



Tabla 23

Distribución de frecuencias de la variable índice de plasticidad del material excedente

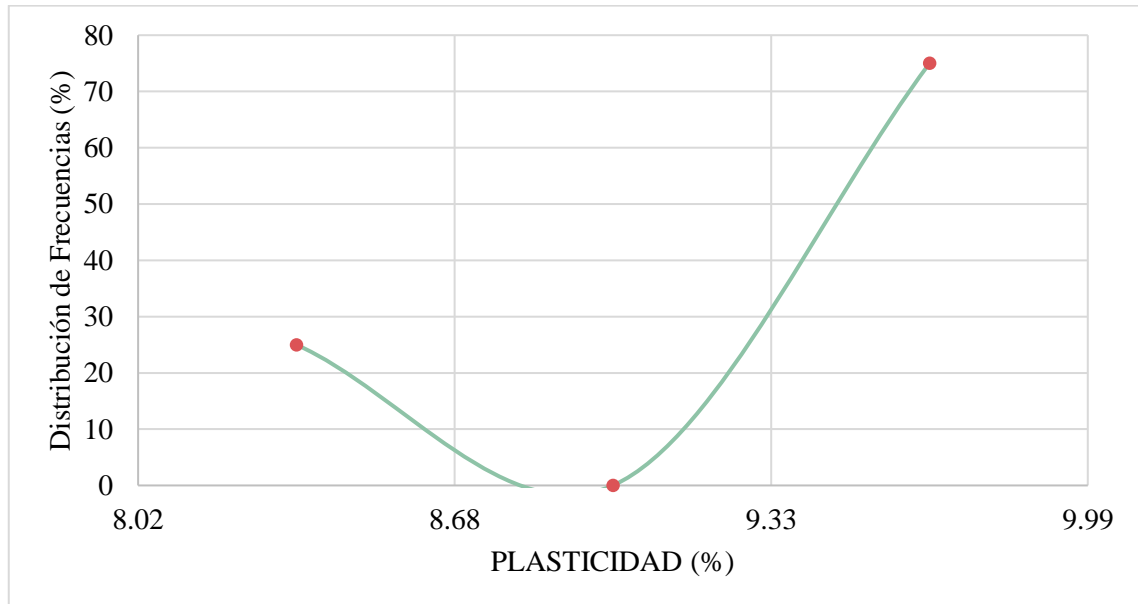
DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA VARIABLE PLASTICIDAD									
Intervalos			Marca de Frecuencias				Acumuladas		
N°	Lim. Inf.	Lim. Sup.	Clase	Absoluta	Relativa	Porcentajes (%)	Absoluta	Relativa	Porcentajes (%)
1	8.02	8.68	8.35	1	0.25	25.00	1	0.25	25
2	8.68	9.33	9.01	0	0.00	0.00	0	0.25	25
3	9.33	9.99	9.66	3	0.75	75.00	4	1	100
Total				4	1	100.00	-	-	-

Rango de Datos	1.97	N° de Intervalos	3	Amplitud de Intervalo	0.66
----------------	------	------------------	---	-----------------------	------

Con los datos detallados y para un resumen gráfico de la tabla 23, se confecciona la curva de distribución de frecuencias de la variable en mención, y para su análisis se calculó el coeficiente de asimetría, el cual se determinó mediante el postulado de Fisher, con el cual determinamos el valor de -0.004 , con este valor se interpreta que la curva presenta una forma asimétrica a la izquierda, es decir, nos quedan más datos o más alto el histograma en el lado de la derecha tal como se puede apreciar en el gráfico de la figura 17.

Figura 17

Curva de distribución de frecuencias de la variable índice de plasticidad del material excedente



Interpretándose del gráfico anterior (figura 17) que se posee menos muestras (1) con valores que oscilan entre 8.02 y 8.68% del índice de plasticidad, representando el 25% del total de la distribución de frecuencias, ninguna (0) muestras en el intervalo 8.68 – 9.33% que representa el 0% del total, y una mayor cantidad de muestras (3) que oscila en el intervalo de 9.33 a 9.99% que representa el 75% de la distribución de frecuencias.

5.1.6. Análisis estadístico de las variables de resistencia o índice de CBR

La caracterización mecánica del suelo donde se busca conformar la estructura de un pavimento es un factor determinante en el diseño y la misma construcción del pavimento, por ende, conocer el comportamiento mecánico de un suelo es crucial. Esto se observa a través de la determinación de la capacidad portante del suelo, siendo esta la carga que un suelo puede soportar sin presentar asentamientos excesivos.



El índice de CBR (California Bearing Ratio) es uno de los indicadores más aplicados a fin de conocer la capacidad portante de un suelo. Este índice CBR, se entiende como la relación que existe entre la presión necesaria para que el pistón, que es parte de este ensayo, penetre en el suelo una profundidad determinada.

Los suelos en función al valor de su índice de CBR (%) se clasifican en categorías de sub rasante, como se muestra en la siguiente tabla 24.

Tabla 24

Categorías de subrasante en función al índice de CBR del suelo

Categorías de Subrasante	CBR
S_0 : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S_1 : Subrasante Pobre	De CBR \geq 3%
	A CBR < 6%
S_2 : Subrasante Regular	De CBR \geq 6%
	A CBR < 10%
S_3 : Subrasante Buena	De CBR \geq 10%
	A CBR < 20%
S_4 : Subrasante Muy Buena	De CBR \geq 20%
	A CBR < 30%
S_5 : Subrasante Excelente	CBR \geq 30%

Fuente: (Barriga Dall'Orto, 2013)

El tránsito que vaya a circular por encima de la estructura del pavimento, será una carga que tendrá que ser soportada por esta última, debido a esto el material excedente o los mismos materiales de sub rasante deben poseer características óptimas y favorables para que encima de ellas se conforme toda la



estructura del pavimento, a fin de no verse afectada por la carga que genere el tránsito.

Acorde a la tabla 24 las muestras ensayadas en promedio registran un índice de CBR de 13.72%, indicando que el material excedente presenta propiedades favorables para conformar la capa de sub rasante con previa estabilización mecánica, sin embargo, no reúne las condiciones necesarias para conformar la capa sub base granular debido a que presenta un valor de CBR inferior al mínimo requerido que es 40%.

5.2. GEOMECÁNICA DEL MATERIAL DE CANTERA

Con la finalidad de optar por un material óptimo para realizar la mezcla de suelos con el material excedente para la conformación de la capa sub base granular, se realizó el reconocimiento de la cantera Jacha Jahuira, el cual se encuentra en el sector denominado Laraqueri. Donde se logró identificar un material granular no plástico, dicho material es producto de la meteorización, erosión y posterior transporte principalmente fluvial de las rocas próximas a la cantera, que se originaron producto de la actividad volcánica de la zona, donde resaltan las andesitas del Grupo Tacaza, areniscas y limolitas tobáceas del Grupo Maure y andesitas porfiríticas del Grupo Barroso, siendo estas litologías favorables para la deposición de arena y grava debido a su considerable contenido de sílice el cual los hace resistentes a los agentes exógenos y dificulta su desgaste a un material fino.

Prosiguiendo con el desarrollo investigativo, se muestreó del acopio del material proveniente de cantera para realizar los ensayos correspondientes con fines de mezcla de suelos. Los ensayos se desarrollaron en el laboratorio de mecánica de suelos, siguiendo los protocolos y normas establecidas. Después de registrar los resultados de los ensayos,



se realizó el análisis correspondiente a través de gráficos y descriptos para facilitar su posterior evaluación.

5.2.1. Identificación, descripción y clasificación geotécnica

Siendo la clasificación y descripción del material presente en la cantera parte fundamental del trabajo de investigación, se realizó la clasificación acorde a las metodologías designadas por las normas correspondientes a la construcción de vías y manteniendo la relación de los caracteres, así como lo establece las clasificaciones como el AASHTO Y SUCS.

El material muestreado fue sometido a ensayos de mecánica de suelos con fines de la evaluación de sus propiedades iniciales, estas propiedades son:

- Granulometría

La tabla 25 muestra a continuación un resumen de los datos registrados a través de los ensayos realizados.

Tabla 25

Propiedades y clasificación del material de cantera

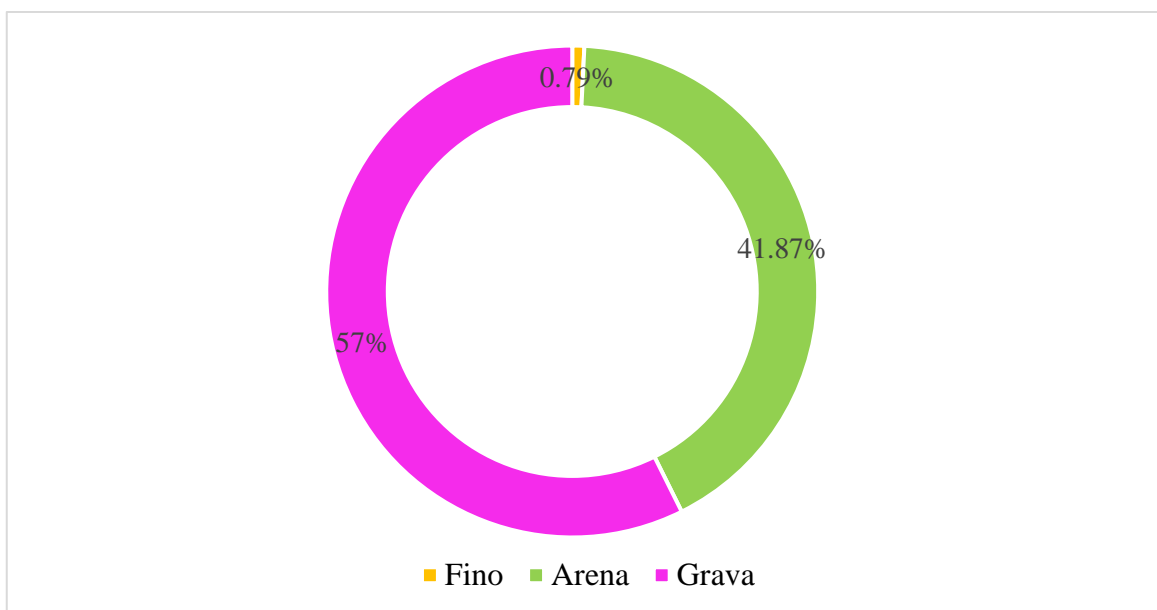
Muestra	Tamaño de Partículas (%)			Índice de Plasticidad (%)			Humedad Natural (%)	Clasificación	
	Grava	Arena	Fino	L. Liq.	L. Plas	Ind Plas		SUCS	AASHTO
M - 01	57.35	41.87	0.79	NP	NP	NP	6.96	GP	A-1-a(0)

Esta tabla mostrada precisa que el material analizado, es un material granular no plástico, acorde a la clasificación de suelos SUCS este material es catalogado como una mezcla de gravas-arenas con poco o sin nada de finos (GP), y según los criterios de clasificación que tiene en cuenta la AASHTO este material

de cantera es clasificado del tipo A-1-a (0). Las proporciones de las partículas que conforman este material acorde a sus dimensiones, son así; las partículas gruesas denominadas gravas son del 57.35%, estas partículas presentan una forma sub angulara, seguidamente las partículas intermedias catalogadas como arenas se presentan en un 41.87% y las partículas finas o arcillas en un porcentaje mínimo de 0.79%, figura 18. De forma concreta, se puede afirmar que el material de cantera es un material granular no plástico con predominancia de gruesos (gravas).

Figura 18

Gráfico de la clasificación de las partículas del material de cantera acorde a su tamaño



5.3. PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA DE SUELOS (MATERIAL EXCEDENTE – MATERIAL DE CANTERA)

Con la finalidad de conformar la capa sub base granular de la estructura de pavimento rígido, se realizó el mejoramiento del material excedente a través de la mezcla con material granular no plástico proveniente de cantera. Las mezclas de suelos se realizaron en diferentes proporciones, tales como: 25% de material excedente + 75% de



material de cantera, 50% de material excedente + 50% de material de cantera y 75% de material excedente + 25% de material de cantera.

La tabla 26 muestra los valores promedio de las características de los materiales empleados, resaltando la mezcla 25% -75% por alcanzar las condiciones más óptimas, con un límite líquido de 22.40%, menor al máximo permitido que es 25%, a su vez el índice de plasticidad en esta mezcla es de 1.96%, siendo el máximo permisible 4%, y por último el índice de CBR de la mezcla supera con creces al mínimo permisible, siendo estos 80% y 40% respectivamente.

Tabla 26

Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del material excedente, material de cantera, mezcla de suelos y especificaciones EG-2013 sub base

Características	Material excedente	Material de cantera	Material excedente (%) + Material de cantera (%)			Especificaciones EG-2013 Sub base
			25% + 75%	50% + 50%	75% + 25%	
Físicas y mecánicas						Gradación "A"
Grava (%)	49.99	57.35	50.51	48.16	45.43	
Arena (%)	23.57	41.87	42.62	36.20	31.55	
Fino (%)	26.44	0.79	6.86	15.65	23.02	
SUCS	GC	GP	GP-GM	GM-GC	GM-GC	
AASHTO	A-2-4(0)	A-1-a(0)	A-1-a(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)	
L.L (%)	30.54	NP	22.40	25.60	29.80	25% máx.
L.P. (%)	21.28	NP	20.44	20.01	21.02	
I.P. (%)	9.26	NP	1.96	5.59	8.78	4% máx.
Humedad natural (%)	7.01	6.96	-	-	-	
Índice C.B.R. (%)	13.72	-	80.0	62.9	27.1	40% min *



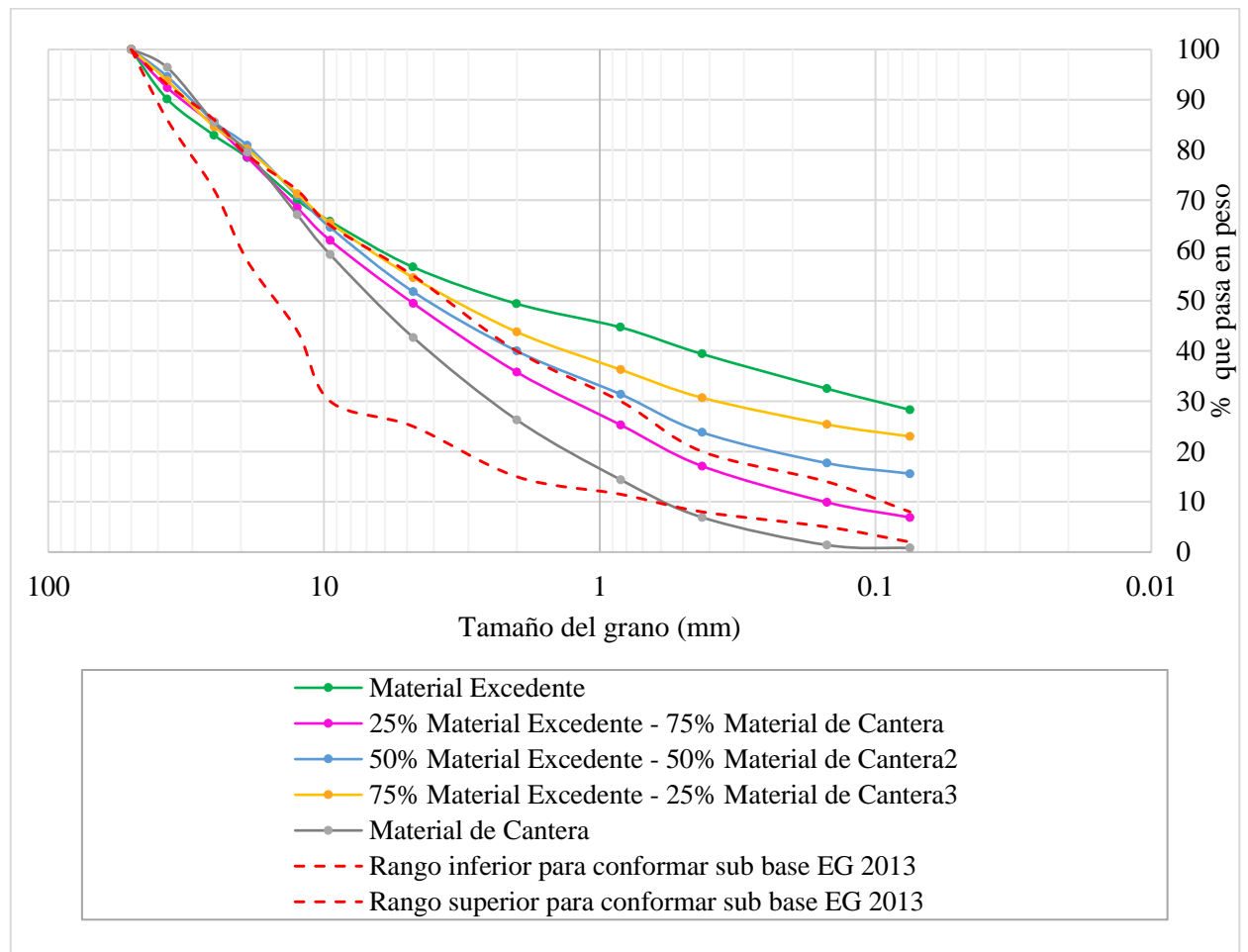
Fuente: Las especificaciones técnicas EG-2013

*Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1” (2.5 mm)

Para un mayor análisis de la granulometría, se realizó el siguiente gráfico (figura 19) donde se compara la aceptación que posee el material excedente y el material de cantera respecto a las especificaciones técnicas EG-2013, donde se logra visualizar que ninguno de los dos cumple las especificaciones técnicas para conformar la capa sub base granular, sin embargo, la mezcla de suelos 25% material excedente – 75% material de cantera si se ajusta a las especificaciones requeridas a comparación de las mezclas 50% - 50% y 75% - 25%, por ende, es la más óptima.

Figura 19

Comparación de los materiales ensayados en la curva granulométrica respecto a la aceptación de las especificaciones EG-2013



5.3.1. Límites de Atterberg e índice de plasticidad

La tabla 27 muestra el resumen de los datos registrados de las propiedades correspondientes a las distintas mezclas de suelos entre el material excedente y el material de cantera, estos con variada proporcionalidad para el ensayo de California Bearing Ratio (C.B.R.) a fin de verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas para la conformación de la capa sub base granular. Los resultados oscilan desde los 22.40% hasta el 29.80% en lo que respecta al límite líquido, desde los 20.01% hasta los 21.02% en lo que es el límite



plástico, y en lo que refiere a índice de plasticidad desde los 1.96% hasta los 8.78%. Identificándose una clara mejora en ambas propiedades a medida que disminuye la proporción del material excedente e incrementa el material de cantera.

Tabla 27

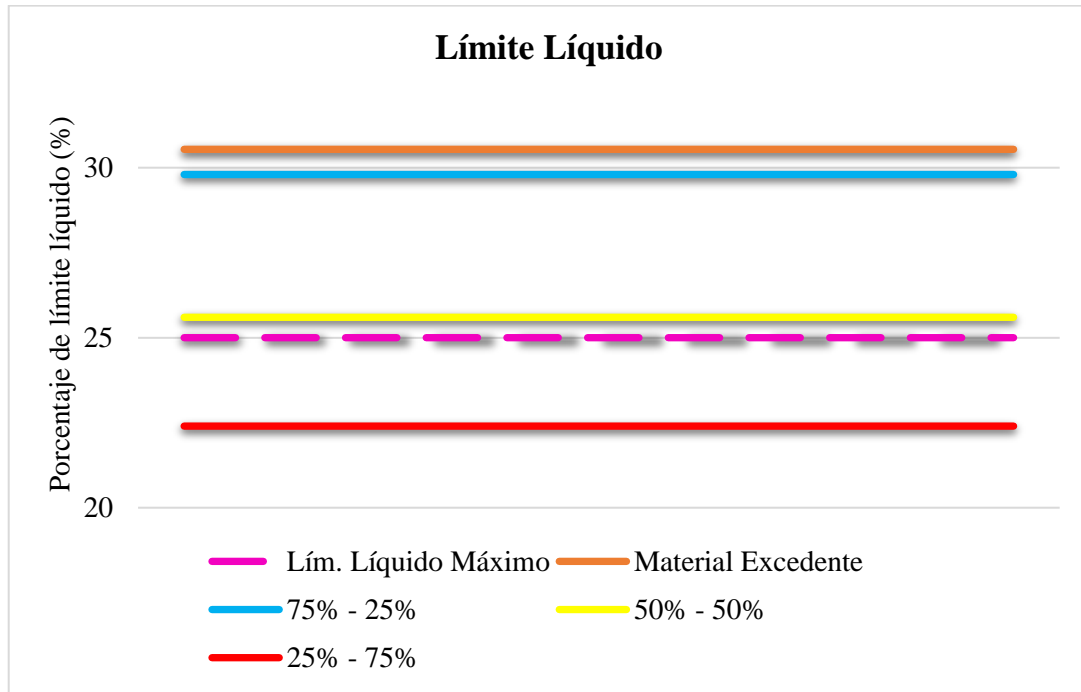
Registro de los resultados obtenidos en los en los ensayos de límite líquido e índice de plasticidad en las mezclas de suelos

Muestras	Límite Líquido %	Índice de Plasticidad %
Especificaciones EG-2013 CE 010	25 % máximo	4 % máximo
Material excedente del terreno de fundación	30.54 %	9.26 %
75% material excedente + 25% material de cantera	29.80 %	8.78 %
50% material excedente + 50% material de cantera	25.60 %	5.59 %
25% material excedente + 75% material de cantera	22.40 %	1.96 %

El gráfico de la figura 20 muestra la ubicación de los registros de los ensayos del límite líquido en las mezclas de suelos, la cual también representa la mejor aceptación de estas respecto al rango que rigen en las especificaciones técnicas, siendo la mezcla de suelos 25% material excedente + 75% material de cantera, la que muestra mejor aceptación con un valor de 22.40%.

Figura 20

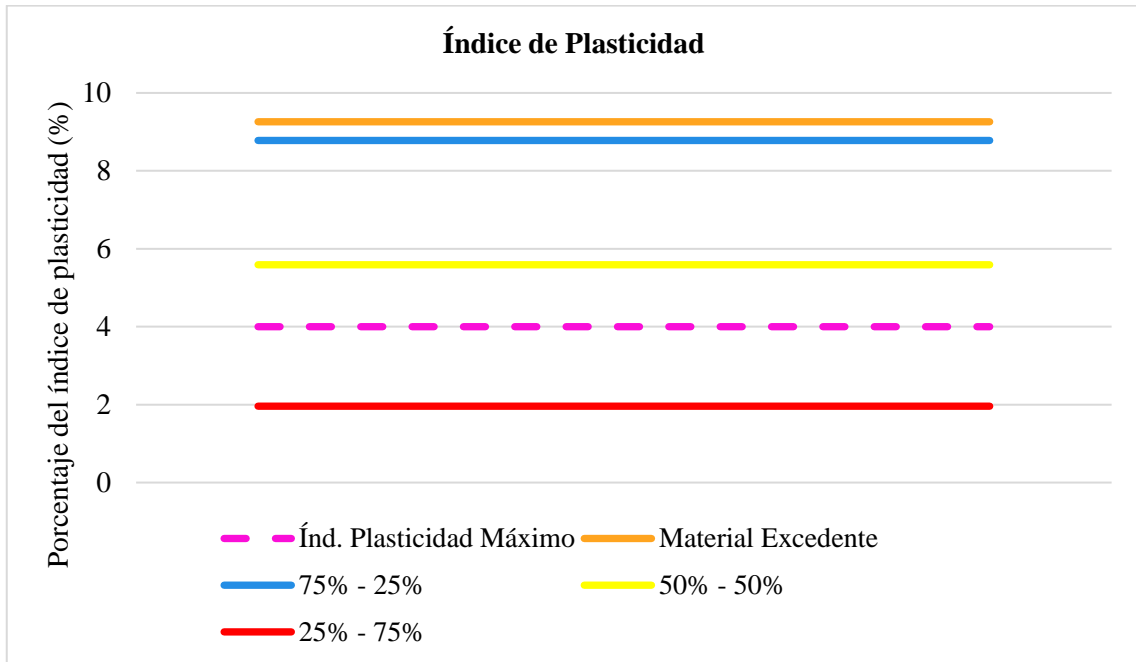
Gráfico de la evaluación y aceptación de las mezclas de suelos respecto al límite líquido



El gráfico que se presenta líneas abajo (figura 21) localiza los registros de los ensayos del índice de plasticidad en las mezclas de suelos, este gráfico también representa la mejor aceptación de estas respecto al rango que rigen en las especificaciones técnicas, siendo la mezcla de suelos 25% material excedente + 75% material de cantera, la que muestra mejor aceptación con un valor de 1.96%.

Figura 21

Gráfico de la evaluación y aceptación de las mezclas de suelos respecto al índice de plasticidad



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

La siguiente tabla muestra el resumen de los resultados registrados del ensayo de California Bearing Ratio (C.B.R.) a las distintas mezclas de suelos entre el material excedente y el material de cantera, estos con variada proporcionalidad a fin de verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas establecidas para la conformación de la capa sub base granular. Los resultados varían desde el 27.1% hasta el 80%, siendo las mezclas 50% material excedente - 50% material de cantera con un valor de 62.9%, y la mezcla 25% material excedente - 75 % material de cantera, las que cumplen las especificaciones técnicas para conformar la capa sub base granular, esta última es la más óptima con un valor de 80% (tabla 28).



Tabla 28

Registro de los resultados obtenidos de C.B.R.

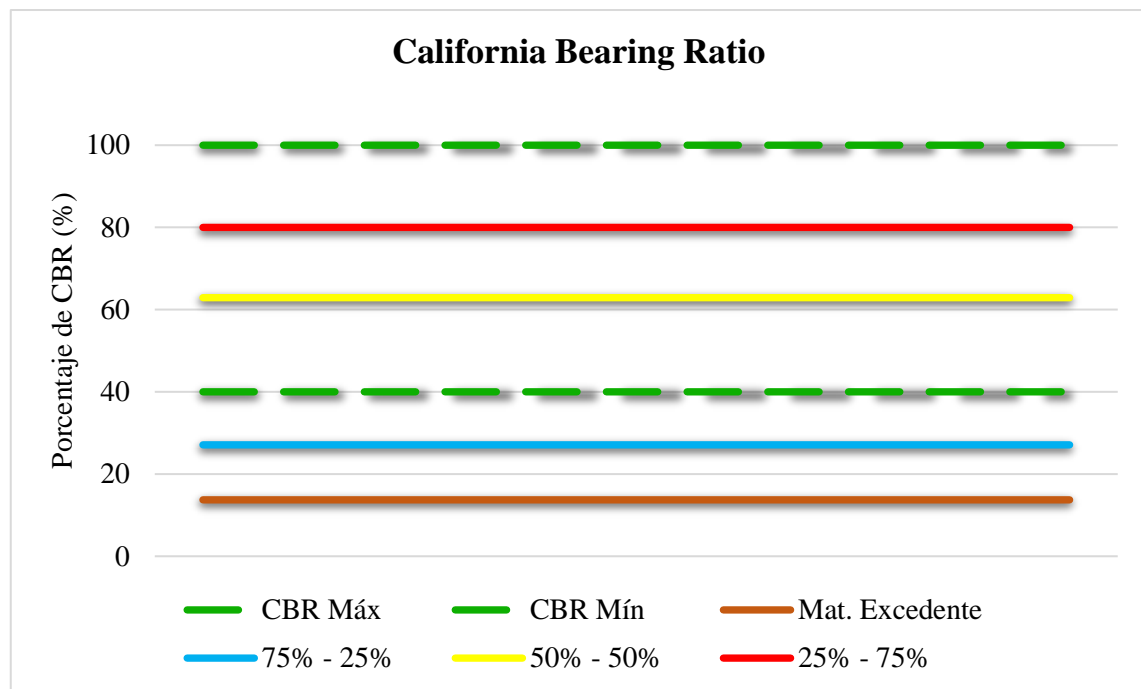
Muestras para C.B.R.	C.B.R. (%)
Especificaciones EG-2013 CE 010	40% mínimo
100% material excedente del terreno de fundación	13.72
75% material excedente + 25% material de cantera	27.1
50% material excedente + 50% material de cantera	62.9
25% material excedente + 75% material de cantera	80.0

*Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1” (2.5 mm)

El gráfico que se presenta a continuación (figura 22) muestra la ubicación de los registros obtenidos a través de los ensayos de C.B.R. en las mezclas de suelos, la cual también representa la mejor aceptación de estas respecto al rango que rigen en las especificaciones técnicas, siendo la mezcla de suelos 25% material excedente + 75% material de cantera, la que muestra mejor aceptación.

Figura 22

Gráfico de la evaluación y aceptación de las mezclas de suelos respecto al C.B.R.



5.3.3. Densidad de campo en la conformación de la capa sub base granular

El análisis y evaluación de las mezclas de suelos indican que la más óptima para la conformación de la capa sub base granular es la mezcla de suelos 25% material excedente + 75% material de cantera. A fin de corroborar esta determinación directamente en campo, se realizaron ensayos in situ de compacidad del suelo, tomando en cuenta que la máxima densidad seca es de 2.130 gr/cm³ y con el contenido óptimo de humedad de 7.45%, ambos datos registrados en los ensayos de Proctor de la mezcla de suelos en mención, así registrándose los resultados que se resumen en la tabla 29 que se presenta a continuación.



Tabla 29

*Registros de los controles de compactación en base a las condiciones de la mezcla 25%
material excedente - 75% material de cantera*

Ubicación	Lado	Progresiva	Capa	Elemento	Compactación (%)
Jr. Peruanidad	Eje	00+065	Sub Base Granular	Estructura de Pavimento	98.1 %
Jr. Peruanidad	Izquierdo	00+025	Sub Base Granular	Estructura de Pavimento	98.0 %
Jr. 3 de Octubre	Derecho	00+263	Sub Base Granular	Estructura de Pavimento	100 %
Jr. 3 de Octubre	Derecho	00+332	Sub Base Granular	Estructura de Pavimento	100 %
Jr. Peruanidad	Eje	00+055	Sub Rasante	Terraplén de vía	95.1 %
Jr. Peruanidad	Eje	00+015	Sub Rasante	Terraplén de vía	96.6 %



VI. CONCLUSIONES

- A través de la mezcla de suelos 25% material excedente del terreno de fundación + 75% material granular no plástico de cantera, se logra mejorar el material excedente hasta alcanzar propiedades geotécnicas óptimas para la conformación de la capa sub base granular; alcanzando una granulometría idónea de 50% de grava, 43% de arena y 7% de finos, el límite líquido y el índice de plasticidad se logra reducir hasta un 22% y 2% respectivamente, y en lo que respecta a C.B.R. se logra mejorar hasta un 80%; Por tanto, las propiedades geomecánicas del material excedente del terreno de fundación incorporado con material granular no plástico de cantera mejoran considerablemente.
- El terreno de fundación del área de estudio está conformado por suelos que no reúnen las condiciones geomecánicas para conformar la capa sub base granular de la estructura del pavimento, debido a que presenta las siguientes características: 49.99% de grava, 23.57 de arena y 26.44 de finos en la totalidad del área de estudio, gravas arcillosas. A su vez, presenta un límite líquido de 30.54, un índice de plasticidad de 9.26% y una capacidad portante C.B.R. de 13.72%. Requiriendo así un mejoramiento del mismo.
- El material de la cantera Jacha Jahuira presenta en su composición un 57.35% de gravas, 41.87% de arenas y un 0.79% de arcillas, clasificado como un material de gravas-arenas con poco o sin nada de finos (GP), definiéndose como un material granular no plástico idóneo para mezcla de suelos con fines de mejoramiento.
- El material geológico que se encuentra en el área de estudio ha sido depositado en la morfología cóncava presente, está conformado por material cuaternario aluvial



con influencia directa de la Formación Ayabacas del Cretácico inferior, a su vez, la geomorfología que muestra el área es ideal para el discurrimento-evacuación de aguas pluviales, manteniendo una humedad natural favorable.



VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda alcanzar las proporciones más ideales en la mezcla de suelos para una óptima conformación de la capa sub base granular.
- Por las condiciones favorables que presenta el terreno de fundación se recomienda una estabilización mecánica correspondiente a la conformación de la sub rasante.
- Las características geológicas y las condiciones morfológicas del terreno son criterios relevantes en la realización de trabajos geotécnicos.
- En futuras obras de pavimentación se recomienda considerar el aprovechamiento del material excedente, previa evaluación de un especialista, para mitigar el impacto ambiental que trae consigo estas actividades.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azevedo, J. (2011). *Construcción de pavimentos rígidos*. Portugal.
- Barriga Dall'Orto. (2013). *Manual de suelos, geología, geotécnica y pavimentos*.
- Becker, E. (2019). *Usar o no usar pasadores en pavimentos urbanos de hormigón*. Vial.
- Callot, P. (2008). *La Formación Ayabacas (Limite Turonien-Coniacien, Sud-Pérou) collapse sous-marin en réponse à l'amorce de l'orogénèse andine*. Toulouse.
- Calo, D. (2012). *Diseño de pavimentos rígidos*. San Salvador de Jujuy, Argentina: Instituto del Cemento Portland Argentino.
- Das M., B. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México: Cengage Learning Editores.
- Duque Escobar, G., & Escobar Potes, C. (2016). *Geomecánica*. Bogota: unal.
- González de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería geológica*. Madrid, España: Pearson Educación.
- Jaramillo, D. (1987). *Apuntes sobre suelos: algunas relaciones roca-mineral-suelo*. Colombia: unal.
- Juárez Badillo, E. (1974). *Mecánica de Suelos*. Limusa.
- Lambe, W., & Whitman, R. (2004). *Mecánica de suelos*. México: Limusa.
- Manjriker, N. (2018). *Getechnical Aspects of Pavement Engineering*. New York, Estados Unidos: Momentum Press, Llc.
- Menéndez Acurio, J. R. (2009). *Ingeniería de Pavimentos*. Lima, Perú: Fondo editorial ICG.
- Nikolaides, A. (2015). *Highway Engineering: Paviments, Materials and Control of Quality*. Boca Ratón, Estados Unidos: CR Press.



- Paquita Merma, E. N. (2015). *Evaluación geológica y geotécnica de la carretera del circuito turístico Lago Sagrado de los Incas, tramo km. 00+000 al km. 10+000 Ccota-Charcas-Puno.*
- Rivera Mantilla, H. (2011). *Geología general.* Lima, Perú: Grupo Editorial Megabyte.
- Rodríguez Serquén, W. (2019). *Fundamentos de ingeniería geotécnica suelos y cimentaciones.*
- Rondón, H., & Reyes, F. (2015). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño.* Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones Ltda.
- Tarbuck, E., & Lutgens, F. (1999). *Ciencias de la tierra: una introducción a la geología física.* Madrid, España: ISBN.



ANEXOS

ANEXO 1. Certificados de los ensayos realizados en laboratorio

AGEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

RUC: 20406282075

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128; ASTM D-422; MTC E 107)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-01
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+085
PROF (m) : 0.00-0.80

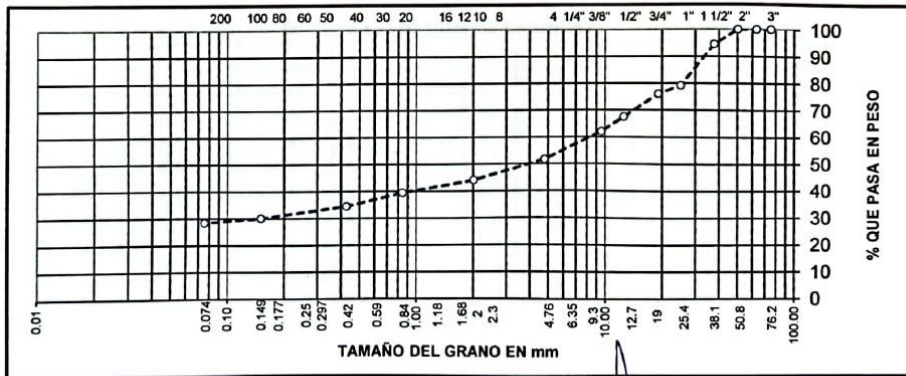
LADO : DER

TEC. RESP. : .
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 20/03/23

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 3963.0 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 428.0 Grs
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0		Grava : 48.40 %
1 1/2"	37.500	218.0	5.5	5.5	94.5		Arena : 23.27 %
1"	25.000	612.0	15.4	20.9	79.1		Fino : 28.33 %
3/4"	19.000	123.0	3.1	24.0	76.0		W natural : 6.96 %
1/2"	12.500	338.0	8.5	32.6	67.4		
3/8"	9.500	218.0	5.5	38.1	61.9		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	409.0	10.3	48.4	51.6		L.L. : 29.65 %
No.10	2.000	64.0	7.7	56.1	43.9		L.P. : 21.63 %
No.20	0.840	38.0	4.6	60.7	39.3		I.P. : 8.02 %
No.40	0.425	41.0	4.9	65.6	34.4		
No.100	0.150	36.0	4.3	70.0	30.0		CLASIFICACION
No.200	0.075	14.0	1.7	71.7	28.3		SUCS : GC
<No.200		1,122.8	28.3	100.0			AASHTO : A-2-4(0)

REPRESENTACION GRAFICA

TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



René R. Pineda Laricani
INGENIERO GEÓLOGO
C.O. 282534



LIMITES DE CONSISTENCIA
(NTP 339.129; ASTM D-4318; MTC E 110, 111)

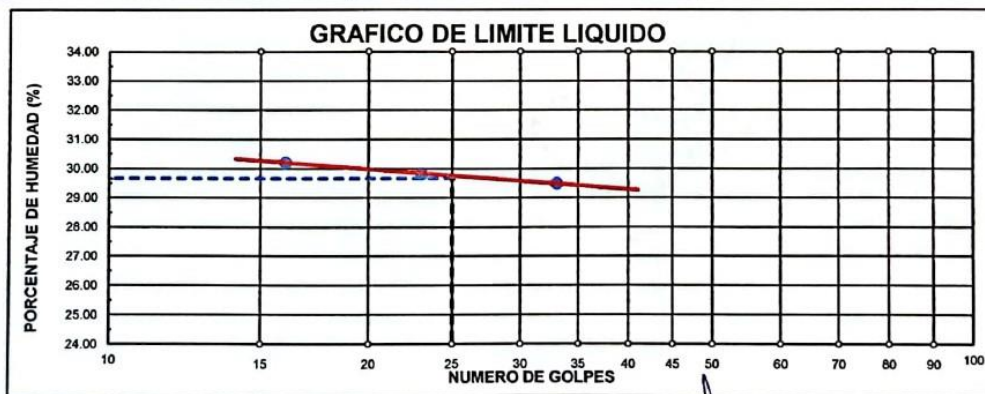
OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB
BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN
JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-01
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+085 **LADO :** DER
PROF (m) : 0.00-0.80

TEC. RESP : .
ING. RESP : RRPL
FECHA : 20/03/23

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO		
	33	23	16
01. N° de Golpes	33	23	16
02. Tara N°	20	12	90
03. Suelo Humedo + Tara	gr 15.75	15.33	17.35
04. Suelo Seco + Tara	gr 13.00	12.63	13.76
05. Peso del Agua	gr 2.75	2.70	3.59
06. Peso del Tarro	gr 3.67	3.57	1.87
07. Peso del Suelo Seco	gr 9.33	9.06	11.89
08. % de Humedad	% 29.47	29.80	30.19

DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO		
	10	7	
01. Tara N°	10	7	
02. Suelo Humedo + Tara	gr 8.96	13.25	
03. Suelo Seco + Tara	gr 7.64	11.86	
04. Peso del Agua	gr 1.32	1.39	
05. Peso del Tarro	gr 1.49	5.48	
06. Peso del Suelo Seco	gr 6.15	6.38	
07. % de Humedad	% 21.46	21.79	
LIMITE PLASTICO	21.63		



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
29.65	21.63	8.02



René R. Pomarico Laricano
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 282584



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

(NTP 339.127; ASTM D-2216; MTC E-108)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA

UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION

CALICATA : C-01

ESTRATO : E-01

PROG (Km) : 00+085

LADO : DER

TEC. RESP : .

ING. RESP. : RRPL

PROF (m) : 0.00-0.80

FECHA : 20/03/23

DESCRIPCION	HUMEDAD NATURAL		
N° de tara	14		
Peso tara + suelo húmedo (gr)	4239.0		
Peso tara + suelo seco (gr)	3963.0		
Peso tara (gr)	0.0		
Peso del agua (gr)	276.0		
Peso suelo seco (gr)	3963.0		
Humedad (%)	7.0		
Promedio (%)	7.0		

Rene R. Pomaresi Laricano
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 262584



LIMITES DE CONSISTENCIA
(NTP 339.129; ASTM D-4318; MTC E 110, 111)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB
BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN
JOSE - PUNO

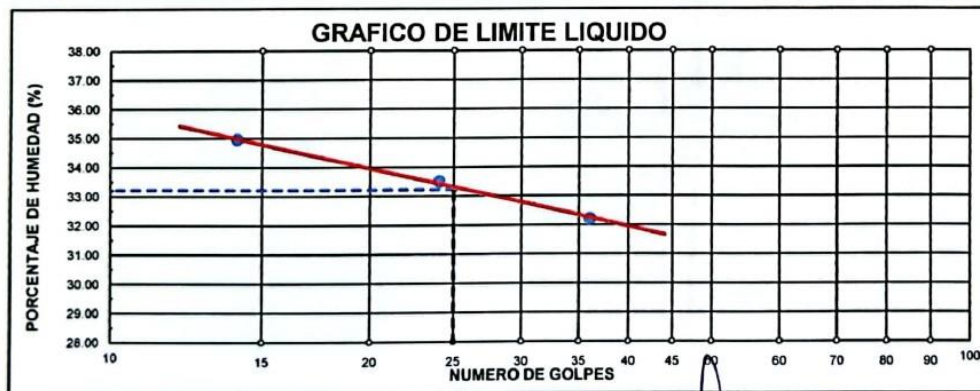
SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-01
ESTRATO : E-02
PROG (Km) : 00+085
PROF (m) : 0.80-1.50

LADO : DER

TEC. RESP :
ING. RESP : RRPL
FECHA : 20/03/23

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO		
01. N° de Golpes	36	24	14
02. Tara N°	18	80	90
03. Suelo Humedo + Tara gr	13.93	19.84	16.40
04. Suelo Seco + Tara gr	11.39	16.07	12.64
05. Peso del Agua gr	2.54	3.77	3.76
06. Peso del Tarro gr	3.50	4.81	1.88
07. Peso del Suelo Seco gr	7.89	11.26	10.76
08. % de Humedad %	32.19	33.48	34.94

DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO		
01. Tara N°	33	22	
02. Suelo Humedo + Tara gr	9.62	7.87	
03. Suelo Seco + Tara gr	8.26	6.59	
04. Peso del Agua gr	1.36	1.28	
05. Peso del Tarro gr	2.59	1.40	
06. Peso del Suelo Seco gr	5.67	5.19	
07. % de Humedad %	23.99	24.66	
LIMITE PLASTICO	24.32		



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
33.20	24.32	8.88



Rene R. Pomacasi Lozano
INGENIERO GEÓLOGO
CIP. 28754



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(NTP 339.127; ASTM D-2216; MTC E-108)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA

UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION

CALICATA : C-01

ESTRATO : E-02

PROG (Km) : 00+085

LADO : DER

TEC. RESP : .

ING. RESP. : RRPL

PROF (m). : 0.80-1.50

FECHA : 20/03/23

DESCRIPCION	HUMEDAD NATURAL		
N° de tara	11		
Peso tara + suelo húmedo (gr)	1762.0		
Peso tara + suelo seco (gr)	1484.0		
Peso tara (gr)	0.0		
Peso del agua (gr)	278.0		
Peso suelo seco (gr)	1484.0		
Humedad (%)	18.7		
Promedio (%)	18.7		



Rene R. Laricano
INGENIERO GEOLOGO
C.M. 282584



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(NTP 339.128; ASTM D-422; MTC E 107)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

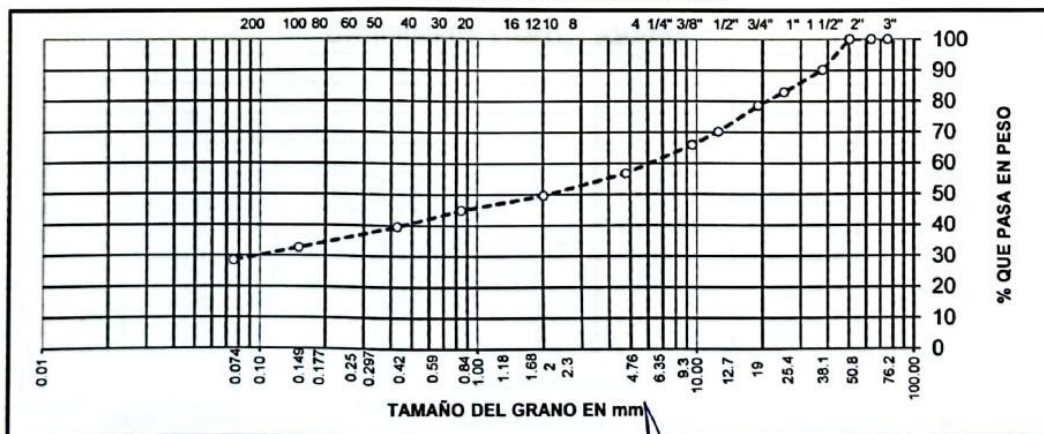
SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACION : Jr. 03 DE OCTUBRE
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-02
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+260
PROF (m) : 0.00-0.70

LADO : DER

TEC. RESP. :
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 22/03/23

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 3051.0 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 446.0 Grs
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0		Grava : 43.33 %
1 1/2"	37.500	301.0	9.9	9.9	90.1		Arena : 28.33 %
1"	25.000	221.0	7.2	17.1	82.9		Fino : 28.33 %
3/4"	19.000	134.0	4.4	21.5	78.5		W natural : 7.93 %
1/2"	12.500	258.0	8.5	30.0	70.0		
3/8"	9.500	129.0	4.2	34.2	65.8		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	279.0	9.1	43.3	56.7		L.L. : 32.70 %
No.10	2.000	57.0	7.2	50.6	49.4		L.P. : 22.71 %
No.20	0.840	37.0	4.7	55.3	44.7		I.P. : 9.99 %
No.40	0.425	42.0	5.3	60.6	39.4		
No.100	0.150	54.0	6.9	67.5	32.5		CLASIFICACION
No.200	0.075	33.0	4.2	71.7	28.3		SUCS : GC
<No.200		864.5	28.3	100.0			AASHTO : A-2-4(0)

REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



René Vilcaosi Laricano
Ingeniero GEÓLOGO
N.º 282584



LIMITES DE CONSISTENCIA
(NTP 339.129; ASTM D-4318; MTC E 110, 111)

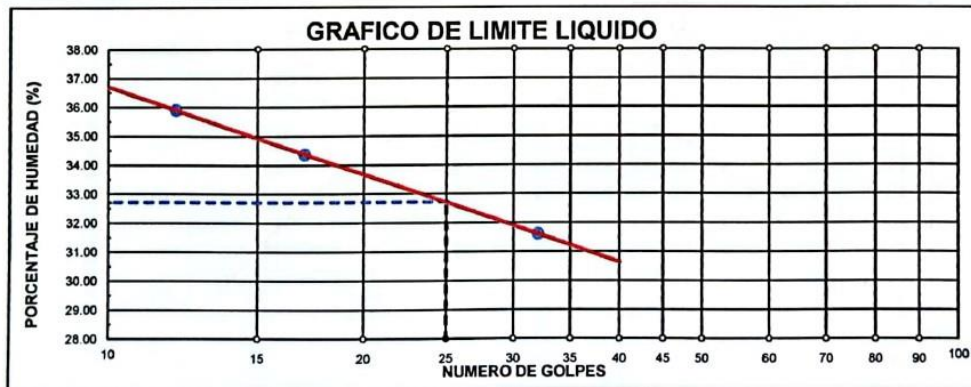
OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB
BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN
JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-02
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+260 **LADO** : DER
PROF (m) : 0.00-0.70

TEC. RESP :
ING. RESP : RRPL
FECHA : 22/03/23

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO		
01. N° de Golpes	32	17	12
02. Tara N°	32	19	21
03. Suelo Humedo + Tara gr	14.94	15.42	16.57
04. Suelo Seco + Tara gr	12.21	12.38	13.15
05. Peso del Agua gr	2.73	3.04	3.42
06. Peso del Tarro gr	3.57	3.53	3.62
07. Peso del Suelo Seco gr	8.64	8.85	9.53
08. % de Humedad %	31.60	34.35	35.89

DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO	
01. Tara N°	38	55
02. Suelo Humedo + Tara gr	7.32	8.93
03. Suelo Seco + Tara gr	6.19	7.76
04. Peso del Agua gr	1.13	1.17
05. Peso del Tarro gr	1.27	2.55
06. Peso del Suelo Seco gr	4.92	5.21
07. % de Humedad %	22.97	22.46
LIMITE PLASTICO	22.71	



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
32.70	22.71	9.99



Rene P. Padua Laricano
INGENIERO GEÓLOGO
CIP 102584



PROCTOR MODIFICADO
(NTP 339.141; ASTM D-1557; MTC E 115)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA

UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION

CALICATA : C-02

ESTRATO : E-01

PROG (Km) : 00+260

PROF (m) : 0.00-0.70

LADO : DER

TEC. RESP. :

ING. RESP. : RRPL

FECHA : 22/03/23

ENSAYO N°		1	2	3		
DETERMINACION DE DENSIDAD						
Peso Molde+Suelo	(gr)	10271	10396	10390		
Peso Molde	(gr)	5916	5916	5916		
Peso Suelo Compactado	(gr)	4355	4480	4474		
Volumen del Molde	(cc)	2061	2061	2061		
Densidad Humeda	(gr/cc)	2.110	2.170	2.170		
Recipiente N°		1	2	3		
Suelo Humedo + Recipiente	(gr)	500.0	500.0	500.0		
Suelo Seco + Recipiente	(gr)	449.0	442.5	438.0		
Peso Recipiente	(gr)	0.0	0.0	0.0		
Peso de Agua	(gr)	51.0	57.5	62.0		
Peso de Suelo Seco	(gr)	449.0	442.5	438.0		
Contenido de Humedad	(%)	11.4	13.0	14.2		
Densidad Seca	(gr/cc)	1.890	1.920	1.900		
MAX. DENSIDAD SECA					CONT. OPTIMO DE HUMEDAD	
1.920		gr/cm3			12.95 %	



Rene R. Pomacosi Laricano
INGENIERO GEOLOGO
C.P. 282584



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(NTP 339.127; ASTM D-2216; MTC E-108)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA

UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION

CALICATA : C-02

ESTRATO : E-01

PROG (Km) : 00+260

LADO : DER

TEC. RESP : .

ING. RESP. : RRPL

PROF (m). : 0.00-0.70

FECHA : 22/03/23

DESCRIPCION	HUMEDAD NATURAL		
N° de tara	3		
Peso tara + suelo húmedo (gr)	3293.0		
Peso tara + suelo seco (gr)	3051.0		
Peso tara (gr)	0.0		
Peso del agua (gr)	242.0		
Peso suelo seco (gr)	3051.0		
Humedad (%)	7.9		
Promedio (%)	7.9		



 Rene R. Pineda Liricano
 INGENIERO GEÓLOGO
 No. 292584



CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
(NTP 339.145; ASTM D-1883; MTC E 132)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA
SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL
BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-02
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+260 **LADO :** DER **TEC. RESP.**
PROF (m). : 0.00-0.70 **ING. RESP.** RRPL
FECHA 22/03/23

Molde N°	28	19	20			
Capa N°	5	5	5			
Golpes por capa N°	56	25	12			
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo gr.	13252	12330	12268			
Peso del molde gr.	8698	7674	7771			
Peso del suelo húmedo gr.	4554	4656	4497			
Volúmen del molde cc.	2087	2261	2272			
Densidad Humeda gr./cc	2.180	2.060	1.980			
Humedad %	12.90	12.60	13.10			
Densidad seca gr./cc	1.930	1.830	1.750			
Tarro N°	1	2	3			
Tarro suelo húmedo gr.	500.0	500.0	500.0			
Tarro suelo seco gr.	443.0	444.0	442.0			
Agua gr.	57.0	56.0	58.0			
Peso del Tarro gr.	0.0	0.0	0.0			
Peso del suelo seco gr.	443.0	444.0	442.0			
Humedad %	12.9	12.6	13.1			
Promedio de la humedad %						

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
22/03/23	15:20 PM	0	729	0.00	0.00	809	0.00	0.00	889	0.00	0.00
23/03/23	15:20 PM	24	779	0.50	0.43	880	0.71	0.61	981	0.92	0.79
24/03/23	15:20 PM	48	797	0.18	0.15	892	0.12	0.10	986	0.05	0.04
25/03/23	15:20 PM	72	804	0.07	0.06	895	0.03	0.03	986	0.00	0.00
26/03/23	15:20 PM	96			0.64			0.74			0.83

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Kg/cm ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Kg/cm ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Kg/cm ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.635	0.025	26	26	1.3	18	18	0.9	10	10	0.5
1.00	1.270	0.050	77	77	4.0	37	37	1.9	24	24	1.2
1.30	1.905	0.075	123	123	6.4	70	70	3.6	39	39	2.0
2.00	2.540	0.100	163	163	8.4	108	108	5.6	53	53	2.7
3.00	3.810	0.150	269	269	13.9	172	172	8.9	75	75	3.9
4.00	5.080	0.200	365	365	18.9	230	230	11.9	94	94	4.9
5.00	6.350	0.250	433	433	22.4	271	271	14.0	108	108	5.6
6.00	7.620	0.300	505	505	26.1	314	314	16.2	122	122	6.3
8.00	10.160	0.400									
10.00	12.700	0.500									

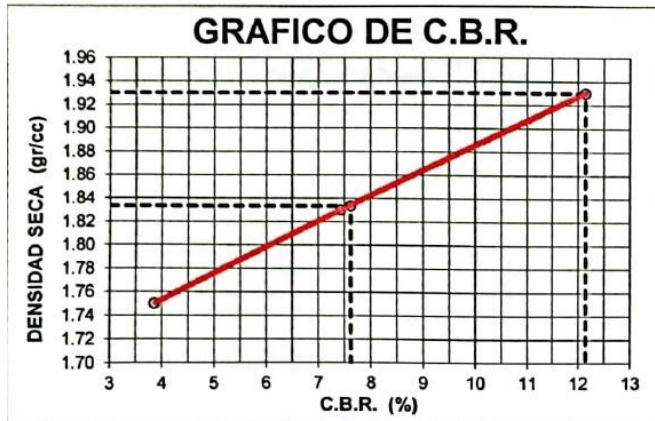
Renzo R. Villacusi Varicano
INGENIERO GEOLOGO
C.P. 282584



OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-02
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+260
PROF (m) : 0.00-0.70

LADO : DER
TEC. RESP. :
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 22/03/23 RRPL



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 12.14%
C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 7.62%

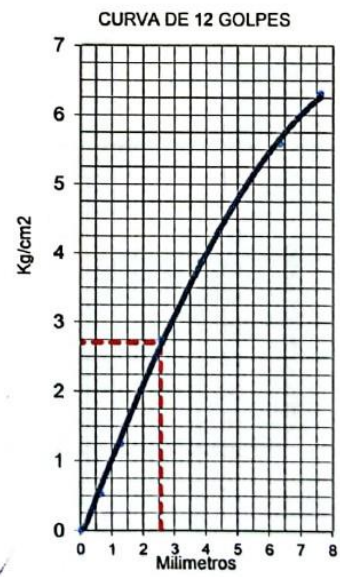
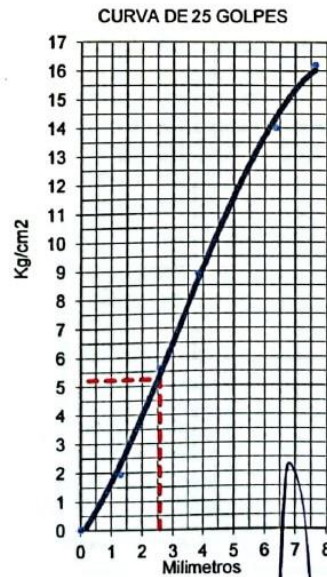
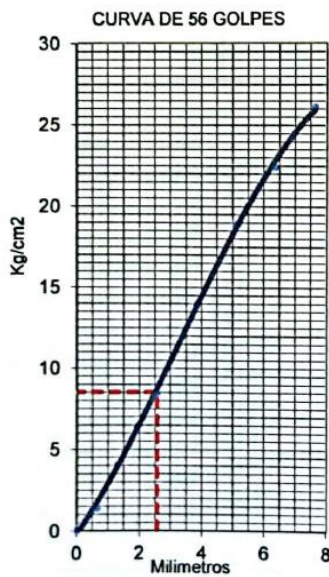
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 12.1%

C.B.R 0.1"= 7.4%

C.B.R 0.1"= 3.9%



Roberto Vinacón Laricano
INGENIERO GEÓLOGO
DIP. 282584



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(NTP 339.128; ASTM D-422; MTC E 107)

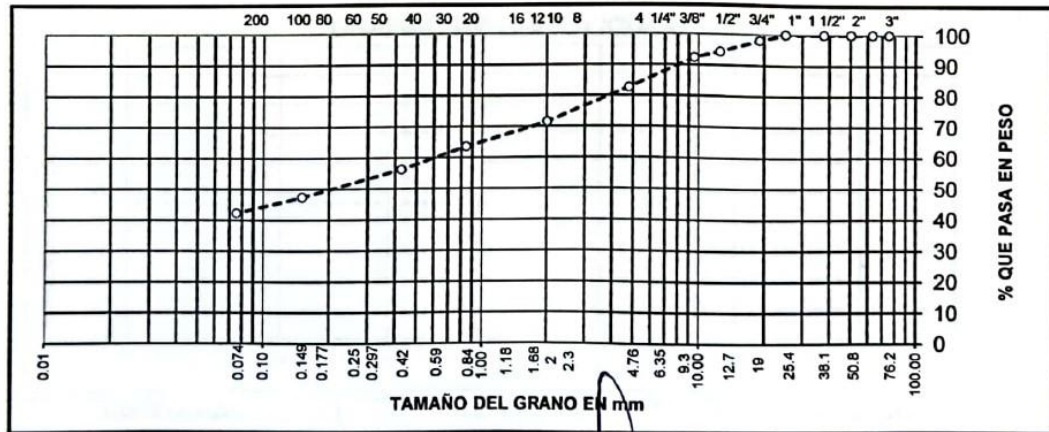
OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-02
ESTRATO : E-02
PROG (Km) : 00+260 LADO : DER
PROF (m) : 0.70-1.50

TEC. RESP. :
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 23/03/23

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 1530.0 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 452.0 Grs
2"	50.000						Grava : 17.45 %
1 1/2"	37.500						Arena : 40.36 %
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0		Fino : 42.19 %
3/4"	19.000	30.0	2.0	2.0	98.0		W natural : 13.92 %
1/2"	12.500	57.0	3.7	5.7	94.3		
3/8"	9.500	30.0	2.0	7.6	92.4		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	150.0	9.8	17.5	82.5		L.L. : 28.60 %
No.10	2.000	61.0	11.1	28.6	71.4		L.P. : 19.83 %
No.20	0.840	44.0	8.0	36.6	63.4		I.P. : 8.77 %
No.40	0.425	40.0	7.3	43.9	56.1		
No.100	0.150	48.0	8.8	52.7	47.3		CLASIFICACION
No.200	0.075	28.0	5.1	57.8	42.2		SUCS : SC
<No.200		645.5	42.2	100.0			AASHTO : A-4(1)

REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



René R. Poma Col Laricano
INGENIERO GEOLOGO
DIP. 282584



LIMITES DE CONSISTENCIA
(NTP 339.129; ASTM D-4318; MTC E 110, 111)

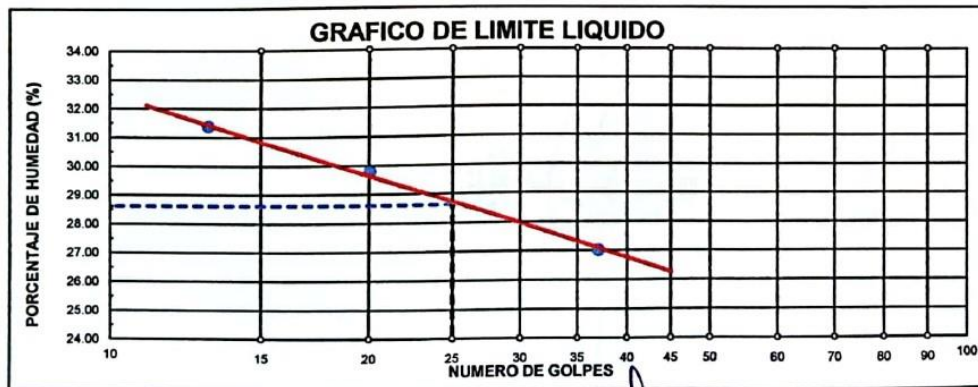
OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB
BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN
JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-02
ESTRATO : E-02
PROG (Km) : 00+260 **LADO** : **DER**
PROF (m) : 0.70-1.50

TEC. RESP :
ING. RESP : RRPL
FECHA : 23/03/23

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO		
01. N° de Golpes		37	20	13
02. Tara N°		10	6	13
03. Suelo Humedo + Tara	gr	18.54	22.28	20.44
04. Suelo Seco + Tara	gr	14.99	17.61	16.00
05. Peso del Agua	gr	3.55	4.67	4.44
06. Peso del Tarro	gr	1.84	1.93	1.84
07. Peso del Suelo Seco	gr	13.15	15.68	14.16
08. % de Humedad	%	27.00	29.78	31.36

DESCRIPCION		LIMITE PLASTICO		
01. Tara N°		55	38	
02. Suelo Humedo + Tara	gr	9.29	6.84	
03. Suelo Seco + Tara	gr	8.17	5.92	
04. Peso del Agua	gr	1.12	0.92	
05. Peso del Tarro	gr	2.51	1.29	
06. Peso del Suelo Seco	gr	5.66	4.63	
07. % de Humedad	%	19.79	19.87	
LIMITE PLASTICO		19.83		



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
28.60	19.83	8.77



Rene R. Pomposo Laricano
INGENIERO GEÓLOGO
C.O. 202584



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(NTP 339.127; ASTM D-2216; MTC E-108)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA

UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION

CALICATA : C-02

ESTRATO : E-02

PROG (Km) : 00+260

PROF (m) : 0.70-1.50

LADO : DER

TEC. RESP : .

ING. RESP. : RRPL

FECHA : 23/03/23

DESCRIPCION	HUMEDAD NATURAL		
N° de tara	7		
Peso tara + suelo húmedo (gr)	1743.0		
Peso tara + suelo seco (gr)	1530.0		
Peso tara (gr)	0.0		
Peso del agua (gr)	213.0		
Peso suelo seco (gr)	1530.0		
Humedad (%)	13.9		
Promedio (%)	13.9		



 **R. P. Macosi Laricano**
INGENIERO GEOLOGO
C.P. 282584



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(NTP 339.128; ASTM D-422; MTC E 107)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

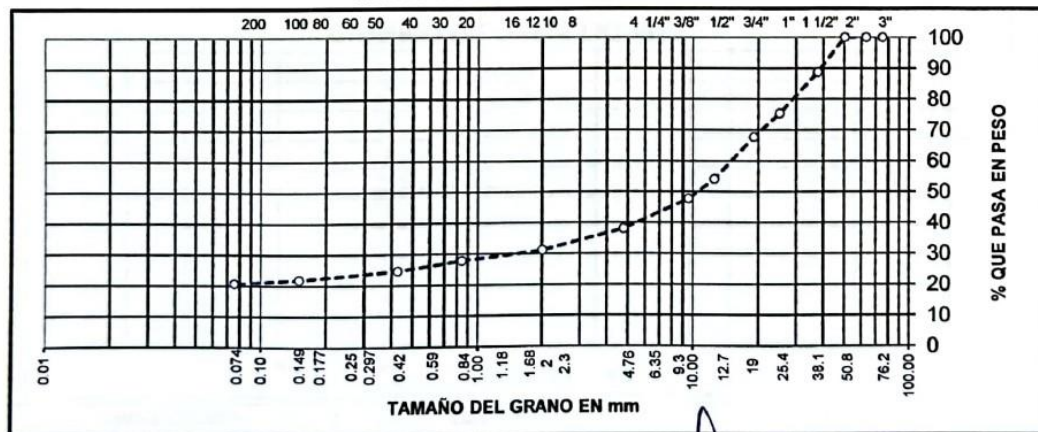
SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. PERUANIDAD
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-03
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+040
PROF (m) : 0.00-1.50

LADO : IZQ

TEC. RESP. : .
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 24/03/23

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 6345.0 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 516.0 Grs
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0		Grava : 62.06 %
1 1/2"	37.500	720.0	11.3	11.3	88.7		Arena : 17.42 %
1"	25.000	851.0	13.4	24.8	75.2		Fino : 20.51 %
3/4"	19.000	484.0	7.6	32.4	67.6		W natural : 5.50 %
1/2"	12.500	864.0	13.6	46.0	54.0		
3/8"	9.500	404.0	6.4	52.4	47.6		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	615.0	9.7	62.1	37.9		LL. : 29.30 %
No.10	2.000	95.0	7.0	69.0	31.0		L.P. : 19.91 %
No.20	0.840	45.0	3.3	72.4	27.6		I.P. : 9.39 %
No.40	0.425	43.0	3.2	75.5	24.5		
No.100	0.150	38.0	2.8	78.3	21.7		CLASIFICACION
No.200	0.075	16.0	1.2	79.5	20.5		SUCS : GC
<No.200		1,301.5	20.5	100.0			AASHTO : A-2-4(0)

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Rene R. Pomarcan Luyicuno
INGENIERO GEOLÓGO
CIP 162564



LIMITES DE CONSISTENCIA
(NTP 339.129; ASTM D-4318; MTC E 110, 111)

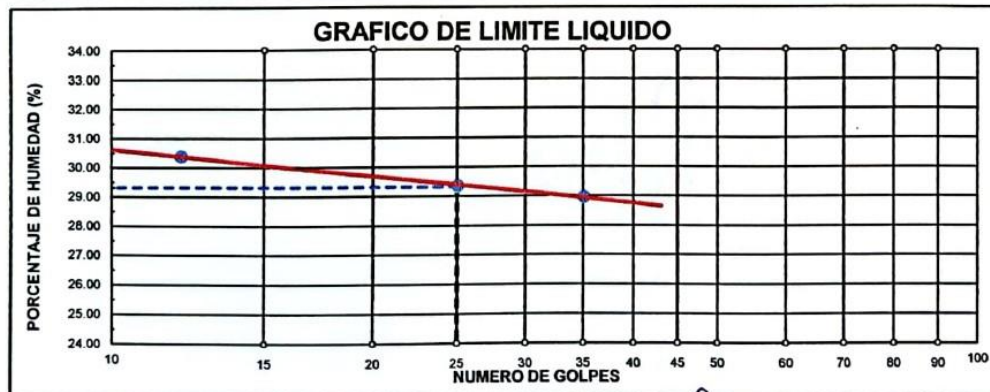
OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB
BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN
JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACION : Jr. PERUANIDAD
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-03
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+040 **LADO** : IZQ
PROF (m) : 0.00-1.50

TEC. RESP :
ING. RESP : RRPL
FECHA : 24/03/23

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			
01. N° de Golpes	35	25	12	
02. Tara N°	80	4	41	
03. Suelo Humedo + Tara gr	20.12	18.10	18.01	
04. Suelo Seco + Tara gr	16.69	14.80	14.64	
05. Peso del Agua gr	3.43	3.30	3.37	
06. Peso del Tarro gr	4.84	3.55	3.54	
07. Peso del Suelo Seco gr	11.85	11.25	11.10	
08. % de Humedad %	28.95	29.33	30.36	

DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO			
01. Tara N°	33	22		
02. Suelo Humedo + Tara gr	8.55	8.39		
03. Suelo Seco + Tara gr	7.55	7.24		
04. Peso del Agua gr	1.00	1.15		
05. Peso del Tarro gr	2.59	1.39		
06. Peso del Suelo Seco gr	4.96	5.85		
07. % de Humedad %	20.16	19.66		
LIMITE PLASTICO	19.91			



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
29.30	19.91	9.39

Rene R. Pomares Laricano
INGENIERO GEOLOGO
C.O.P. 282584



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(NTP 339.127; ASTM D-2216; MTC E-108)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA

UBICACIÓN : Jr. PERUANIDAD

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION

CALICATA : C-03

ESTRATO : E-01

PROG (Km) : 00+040

LADO : IZQ

TEC. RESP : .

ING. RESP. : RRPL

PROF (m) : 0.00-1.50

FECHA : 24/03/23

DESCRIPCION	HUMEDAD NATURAL		
N° de tara	3		
Peso tara + suelo húmedo (gr)	6694.0		
Peso tara + suelo seco (gr)	6345.0		
Peso tara (gr)	0.0		
Peso del agua (gr)	349.0		
Peso suelo seco (gr)	6345.0		
Humedad (%)	5.5		
Promedio (%)	5.5		



 Rene R. Pomales Laricano
 INGENIERO GEOLOGO
 S.N. 222584



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(NTP 339.128; ASTM D-422; MTC E 107)

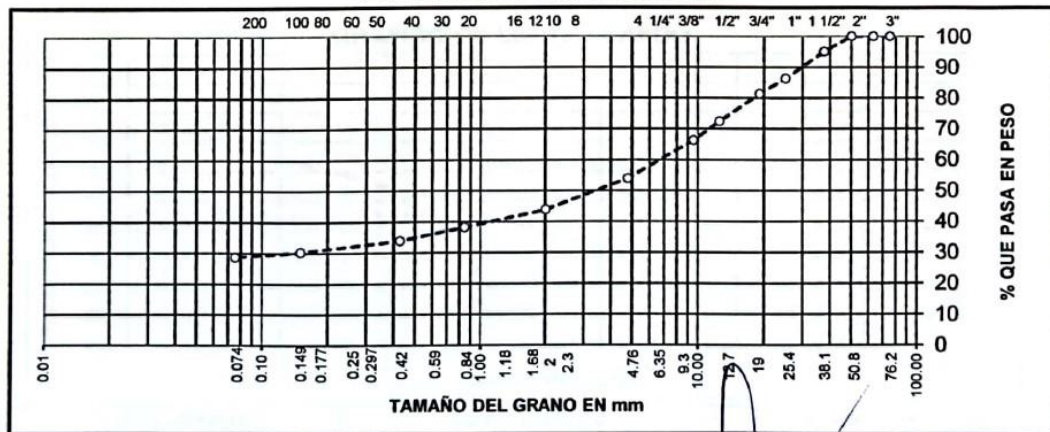
OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO


SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. SACSAYHUAMAN
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-04
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+050 LADO : DER
PROF (m) : 0.00-1.50

TEC. RESP. : .
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 24/03/23

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 4665.0 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : 518.0 Grs
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0		Grava : 46.17 %
1 1/2"	37.500	231.0	5.0	5.0	95.0		Arena : 25.25 %
1"	25.000	409.0	8.8	13.7	86.3		Fino : 28.58 %
3/4"	19.000	234.0	5.0	18.7	81.3		W natural : 7.65 %
1/2"	12.500	417.0	8.9	27.7	72.3		
3/8"	9.500	286.0	6.1	33.8	66.2		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	577.0	12.4	46.2	53.8		L.L. : 30.50 %
No.10	2.000	97.0	10.1	56.3	43.7		L.P. : 20.87 %
No.20	0.840	55.0	5.7	62.0	38.0		I.P. : 9.63 %
No.40	0.425	41.0	4.3	66.2	33.8		
No.100	0.150	35.0	3.6	69.9	30.1		CLASIFICACION
No.200	0.075	15.0	1.6	71.4	28.6		SUCS : GC
<No.200		1,333.1	28.6	100.0			AASHTO : A-2-4(0)

REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD




Rene R. Pantoja Laricano
INGENIERO GEOLOGO
C.O. 287584



LIMITES DE CONSISTENCIA
(NTP 339.129; ASTM D-4318; MTC E 110, 111)

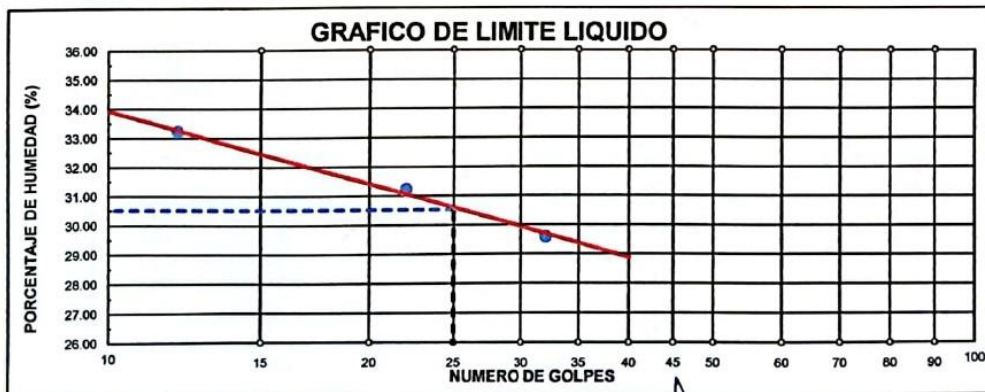
OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB
BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN
JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. SACSAYHUAMAN
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-04
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+050 **LADO** : DER
PROF (m) : 0.00-1.50

TEC. RESP :
ING. RESP : RRPL
FECHA : 24/03/23

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO		
01. N° de Golpes		32	22	12
02. Tara N°		18	12	2
03. Suelo Humedo + Tara	gr	15.44	16.93	18.48
04. Suelo Seco + Tara	gr	12.72	13.75	14.77
05. Peso del Agua	gr	2.72	3.18	3.71
06. Peso del Tarro	gr	3.52	3.56	3.60
07. Peso del Suelo Seco	gr	9.20	10.19	11.17
08. % de Humedad	%	29.57	31.21	33.21

DESCRIPCION		LIMITE PLASTICO		
01. Tara N°		38	35	
02. Suelo Humedo + Tara	gr	9.39	9.65	
03. Suelo Seco + Tara	gr	7.99	8.42	
04. Peso del Agua	gr	1.40	1.23	
05. Peso del Tarro	gr	1.29	2.52	
06. Peso del Suelo Seco	gr	6.70	5.90	
07. % de Humedad	%	20.90	20.85	
LIMITE PLASTICO		20.87		



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICIDAD
30.50	20.87	9.63



Rene R. Pacheco Laricano
INGENIERO GEOLOGO
DPT. 282584



PROCTOR MODIFICADO
(NTP 339.141; ASTM D-1557; MTC E 115)

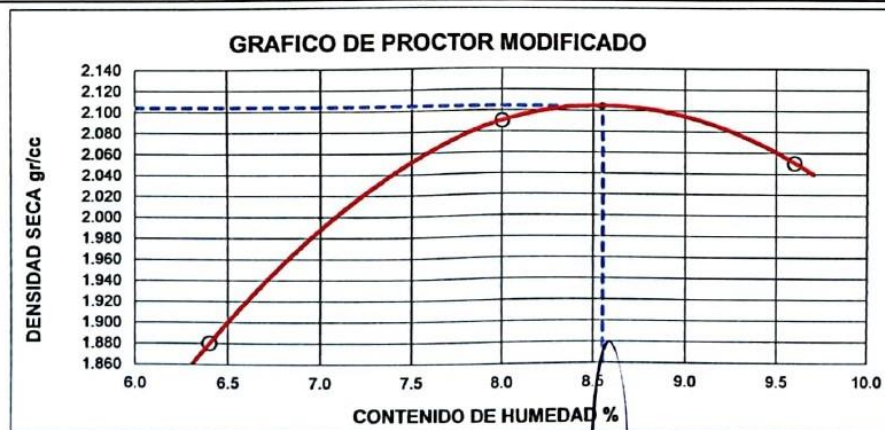
OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB
BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN
JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. SACSAYHUAMAN
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-04
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+050
PROF (m) : 0.00-1.50

LADO : DER

TEC. RESP. : .
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 24/03/23

ENSAYO N°		1	2	3		
DETERMINACION DE DENSIDAD						
Peso Molde+Suelo	(gr)	10046	10575	10552		
Peso Molde	(gr)	5916	5916	5916		
Peso Suelo Compactado	(gr)	4130	4659	4636		
Volumen del Molde	(cc)	2061	2061	2061		
Densidad Humeda	(gr/cc)	2.000	2.260	2.250		
Recipiente N°		1	2	3		
Suelo Humedo + Recipiente	(gr)	500.0	500.0	500.0		
Suelo Seco + Recipiente	(gr)	470.0	463.0	456.0		
Peso Recipiente	(gr)	0.0	0.0	0.0		
Peso de Agua	(gr)	30.0	37.0	44.0		
Peso de Suelo Seco	(gr)	470.0	463.0	456.0		
Contenido de Humedad	(%)	6.4	8.0	9.6		
Densidad Seca	(gr/cc)	1.880	2.090	2.050		
MAX. DENSIDAD SECA			CONT. OPTIMO DE HUMEDAD			
2.104			8.55 %			
gr/cm3						




 Rene B. Pineda Cusi Laricano
 INGENIERO GEOLOGO
 N° 282584



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL
(NTP 339.127; ASTM D-2216; MTC E-108)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA

UBICACIÓN : Jr. SACSAYHUAMAN

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION

CALICATA : C-04

ESTRATO : E-01

PROG (Km) : 00+050

PROF (m) : 0.00-1.50

LADO : DER

TEC. RESP : .

ING. RESP : RRPL

FECHA : 24/03/23

DESCRIPCION	HUMEDAD NATURAL		
N° de tara	3		
Peso tara + suelo húmedo (gr)	5022.0		
Peso tara + suelo seco (gr)	4665.0		
Peso tara (gr)	0.0		
Peso del agua (gr)	357.0		
Peso suelo seco (gr)	4665.0		
Humedad (%)	7.7		
Promedio (%)	7.7		



Rene R. Pineda Laricano
INGENIERO GEOLOGO
282564



CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
(NTP 339.145; ASTM D-1883; MTC E 132)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. SACSAYHUAMAN
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-04
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+050
PROF (m) : 0.00-1.50

LADO : DER

TEC. RESP. :
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 24/03/23

	24	23	21
Molde N°	24	23	21
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo gr.	12793	11900	12370
Peso del molde gr.	7633	7247	7669
Peso del suelo húmedo gr.	5160	4653	4701
Volúmen del molde cc.	2254	2138	2272
Densidad Humeda gr./cc	2.290	2.180	2.070
Humedad %	8.70	8.50	8.90
Densidad seca gr./cc	2.110	2.010	1.900
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo gr.	500.0	500.0	500.0
Tarro suelo seco gr.	460.0	461.0	459.0
Agua gr.	40.0	39.0	41.0
Peso del Tarro gr.	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco gr.	460.0	461.0	459.0
Humedad %	8.7	8.5	8.9
Promedio de la humedad %			

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
24/03/23	13:40 PM	0	910	0.00	0.00	545	0.00	0.00	180	0.00	0.00
25/03/23	13:40 PM	24	954	0.44	0.38	609	0.64	0.55	263	0.83	0.71
26/03/23	13:40 PM	48	957	0.03	0.03	612	0.03	0.03	266	0.03	0.03
27/03/23	13:40 PM	72	957	0.00	0.00	614	0.02	0.02	271	0.05	0.04
28/03/23	13:40 PM	96			0.40			0.59			0.78

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	corregida	Kg/cm ²	Dial	corregida	Kg/cm ²	Dial	corregida	Kg/cm ²
0.30	0.635	0.025	35	35	1.8	22	22	1.1	9	9	0.5
1.00	1.270	0.050	78	78	4.0	48	48	2.5	18	18	0.9
1.30	1.905	0.075	134	134	6.9	78	78	4.0	31	31	1.6
2.00	2.540	0.100	209	209	10.8	126	126	6.5	42	42	2.2
3.00	3.810	0.150	398	398	20.6	231	231	11.9	63	63	3.3
4.00	5.080	0.200	578	578	29.9	331	331	17.1	83	83	4.3
5.00	6.350	0.250	694	694	35.9	398	398	20.5	101	101	5.2
6.00	7.620	0.300	819	819	42.3	470	470	24.3	121	121	6.3
8.00	10.160	0.400									
10.00	12.700	0.500									



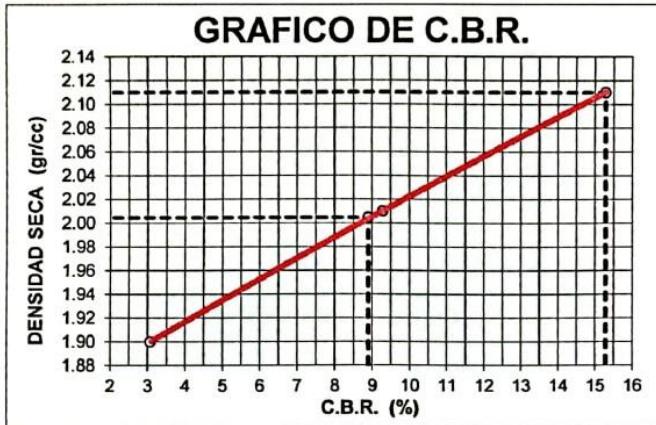
Rene R. P. Pucosi Laricano
INGENIERO GEOLOGO
C.P. 287584



OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. SACSAYHUAMAN
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION
CALICATA : C-04
ESTRATO : E-01
PROG (Km) : 00+050
PROF (m) : 0.00-1.50

LADO : DER
TEC. RESP. :
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 24/03/23 RRPL



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 15.29%
C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 8.90%

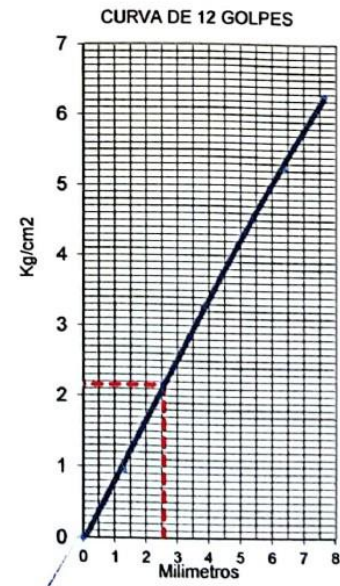
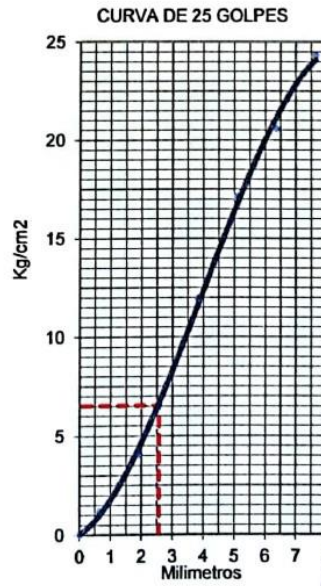
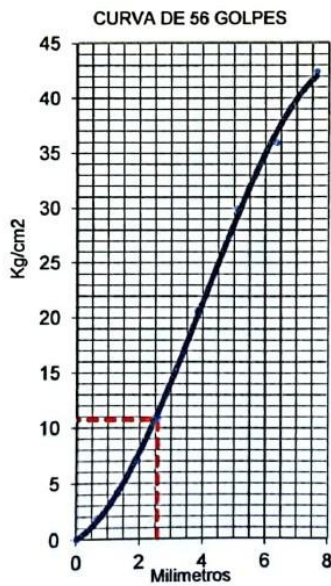
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1"= 15.3%

C.B.R. 0.1"= 9.3%

C.B.R. 0.1"= 3.1%



Rene R. V. Lucasi Laricano
INGENIERO GEOLOGO
O.N. 182584



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(NTP 339.128 ASTM D-422; MTC E-107)

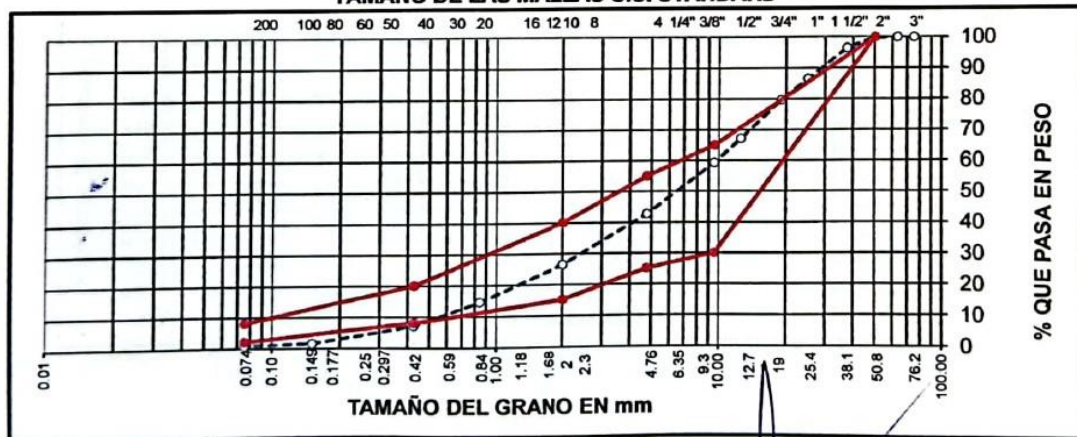
OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MATERIAL DE CANTERA, PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : JACHA JAHUIRA, SECTOR LARAQUERI
CALICATA : MUESTRA TOMADO EN ACOPIO
PROG (Km) : - **LADO :** -
ACCESO : -

TEC. RESP. : RRPL
ING. RESP. : .
FECHA : 10/04/23

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					GRADACION	Peso inicial : 7601.0 Grs
2 1/2"	63.000					"A"	Peso fracción : 868.0 Grs
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100 - 100	Grava : 57.35 %
1 1/2"	37.500	273.0	3.6	3.6	96.4		Arena : 41.87 %
1"	25.000	754.0	9.9	13.5	86.5		Fino : 0.79 %
3/4"	19.000	526.0	6.9	20.4	79.6		W natural : - %
1/2"	12.500	945.0	12.4	32.9	67.1		
3/8"	9.500	601.0	7.9	40.8	59.2	30 - 65	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	1260.0	16.6	57.3	42.7	25 - 55	L.L. : NP %
No.10	2.000	333.0	16.4	73.7	26.3	15 - 40	L.P. : NP %
No.20	0.840	241.0	11.8	85.6	14.4		I.P. : NP %
No.40	0.425	153.0	7.5	93.1	6.9	8 - 20	
No.100	0.150	112.0	5.5	98.6	1.4		CLASIFICACION
No.200	0.075	13.0	0.6	99.2	0.8	2 - 8	SUCS : GP
<No.200		59.8	0.8	100.0			AASHTO : A-1-a(0)

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Rene R. P. P. P. P.
INGENIERO GEÓLOGO
N.º 282584



LIMITES DE CONSISTENCIA
(NTP 339.129 ASTM D-4318; MTC E-110, 111)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MATERIAL DE CANTERA, PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : JACHA JAHUIRA, SECTOR LARAQUERI
CALICATA : MUESTRA TOMADO EN ACOPIO
PROG (Km) : - **LADO** : -
ACCESO : -

TEC. RESP. RRPL
ING. RESP.
FECHA 10/04/23

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO		
01. N° de Golpes				
02. Tara N°				
03. Suelo Humedo + Tara	gr			
04. Suelo Seco + Tara	gr			
05. Peso del Agua	gr			
06. Peso del Tarro	gr			
07. Peso del Suelo Seco	gr			
08. % de Humedad	%	NP	NP	NP

DESCRIPCION		LIMITE PLASTICO		
01. Tara N°				
02. Suelo Humedo + Tara	gr			
03. Suelo Seco + Tara	gr			
04. Peso del Agua	gr			
05. Peso del Tarro	gr			
06. Peso del Suelo Seco	gr			
07. % de Humedad	%			
LIMITE PLASTICO	%	NP		



LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE PLASTICIDAD (%)
NP	NP	NP



Rene R. Vinosi Caricano
INGENIERO GEOLOGO
C.P. 182584



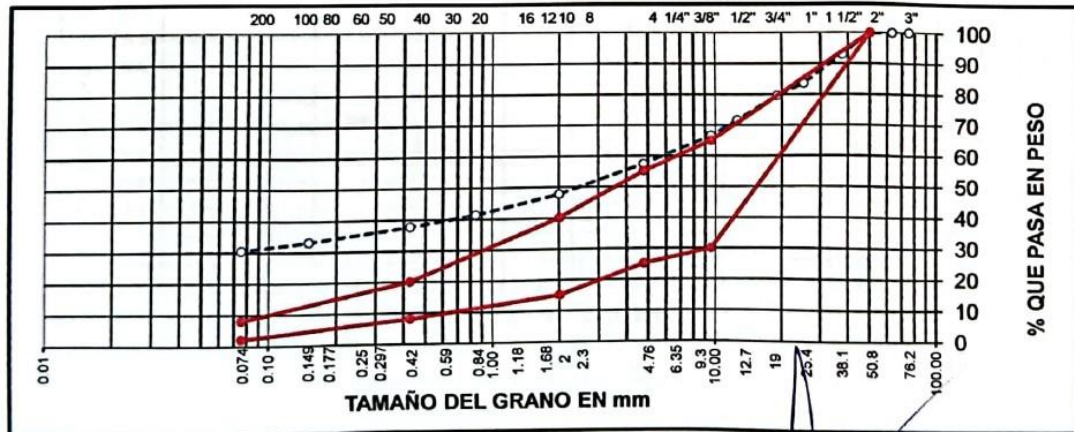
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128 ASTM D-422; MTC E-107)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR
PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE, BARRIO SAN JOSE
MUESTRA : MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE
CANTERA : PRESTAMO PROPIO
CALICATA : MUESTRA TOMADO EN ACOPIO (Jr. 03 DE OCTUBRE)
PROG (Km) : 00+270 LADO : EJE
ACCESO : -
TEC. RESP. : -
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 14/03/23

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					GRADACION	Peso inicial : 5272.0 Grs
2 1/2"	63.000					"A"	Peso fracción : 656.0 Grs
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100 - 100	Grava : 42.70 %
1 1/2"	37.500	372.0	7.1	7.1	92.9		Arena : 26.90 %
1"	25.000	498.0	9.4	16.5	83.5		Fino : 30.40 %
3/4"	19.000	205.0	3.9	20.4	79.6		W natural : - %
1/2"	12.500	421.0	8.0	28.4	71.6		
3/8"	9.500	270.0	5.1	33.5	66.5	30 - 65	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	485.0	9.2	42.7	57.3	25 - 55	LL. : 34.50 %
No.10	2.000	111.0	9.7	52.4	47.6	15 - 40	L.P. : 22.46 %
No.20	0.840	73.0	6.4	58.8	41.2		I.P. : 12.04 %
No.40	0.425	41.0	3.6	62.4	37.6	8 - 20	
No.100	0.150	52.0	4.5	66.9	33.1		CLASIFICACION
No.200	0.075	31.0	2.7	69.6	30.4	2 - 8	SUCS : GC
<No.200		1,602.6	30.4	100.0			AASHTO : A-2-6(0)

REPRESENTACION GRAFICA
TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



Rene R. Pacosi Paricano
INGENIERO GEOLOGO
C.P. 252584



LIMITES DE CONSISTENCIA
(NTP 339.129 ASTM D-4318; MTC E-110, 111)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : Jr. 03 DE OCTUBRE, BARRIO SAN JOSE
MUESTRA : MATERIAL EXCEDENTE DE CORTE
CANERA : PRESTAMO PROPIO
CALICATA : MUESTRA TOMADO EN ACOPIO (Jr. 03 DE OCTUBRE)
PROG (Km) : 00+270 **LADO** : EJE
ACCESO : -
TEC. RESP. : -
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 14/03/23

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO		
	33	20	14
01. N° de Golpes	33	20	14
02. Tara N°	7	14	34
03. Suelo Humedo + Tara gr	21.30	21.15	21.51
04. Suelo Seco + Tara gr	16.45	16.16	16.20
05. Peso del Agua gr	4.85	4.99	5.31
06. Peso del Tarro gr	1.99	2.01	1.83
07. Peso del Suelo Seco gr	14.46	14.15	14.37
08. % de Humedad %	33.54	35.27	36.95

DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO		
	13	18	
01. Tara N°	13	18	
02. Suelo Humedo + Tara gr	7.84	10.62	
03. Suelo Seco + Tara gr	6.74	9.31	
04. Peso del Agua gr	1.10	1.31	
05. Peso del Tarro gr	1.83	3.49	
06. Peso del Suelo Seco gr	4.91	5.82	
07. % de Humedad %	22.40	22.51	
LIMITE PLASTICO %	22.46		



LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE PLASTICIDAD (%)
34.50	22.46	12.04



Rene R. Macosi Laricano
INGENIERO GEOLOGO
C.I. 282284



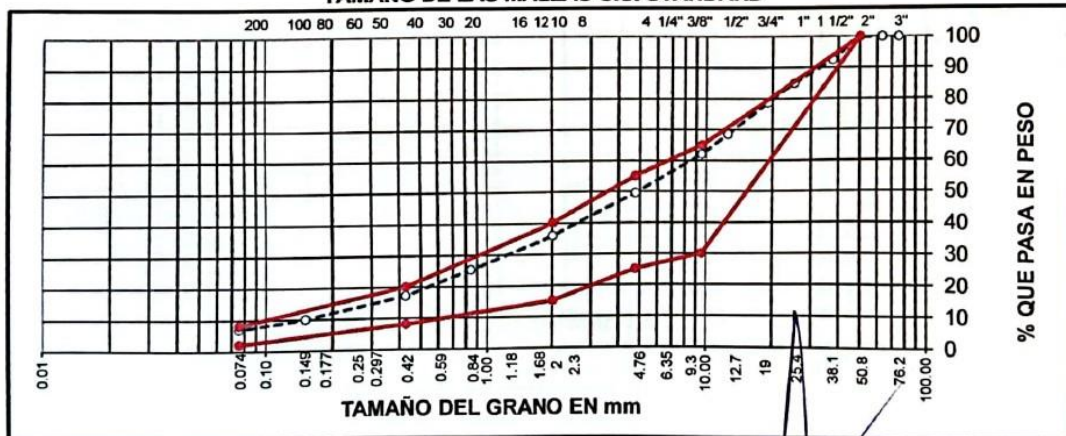
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128 ASTM D-422; MTC E-107)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : 75% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 25% MAT. EXCEDENTE DE CORTE.(Jr. 3 DE OCT.)
CALICATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Km) :- LADO :-
ACCESO :-
TEC. RESP. : .
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 10/04/23

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					GRADACION	Peso inicial : 8192.0 Grs
2 1/2"	63.000					"A"	Peso fracción : 584.0 Grs
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100 - 100	Grava : 50.51 %
1 1/2"	37.500	621.0	7.6	7.6	92.4		Arena : 42.62 %
1"	25.000	615.0	7.5	15.1	84.9		Fino : 6.86 %
3/4"	19.000	518.0	6.3	21.4	78.6		W natural : - %
1/2"	12.500	828.0	10.1	31.5	68.5		
3/8"	9.500	528.0	6.4	38.0	62.0	30 - 65	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	1028.0	12.5	50.5	49.5	25 - 55	L.L. : 22.40 %
No.10	2.000	161.0	13.6	64.2	35.8	15 - 40	L.P. : 20.44 %
No.20	0.840	125.0	10.6	74.7	25.3		I.P. : 1.96 %
No.40	0.425	96.0	8.1	82.9	17.1	8 - 20	
No.100	0.150	85.0	7.2	90.1	9.9		CLASIFICACION
No.200	0.075	36.0	3.1	93.1	6.9	2 - 8	SUCS : GP-GM
<No.200		562.3	6.9	100.0			AASHTO : A-1-a(0)

REPRESENTACION GRAFICA
TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



R. P. Pacosi Aricano
INGENIERO GEÓLOGO
C.I. 182584



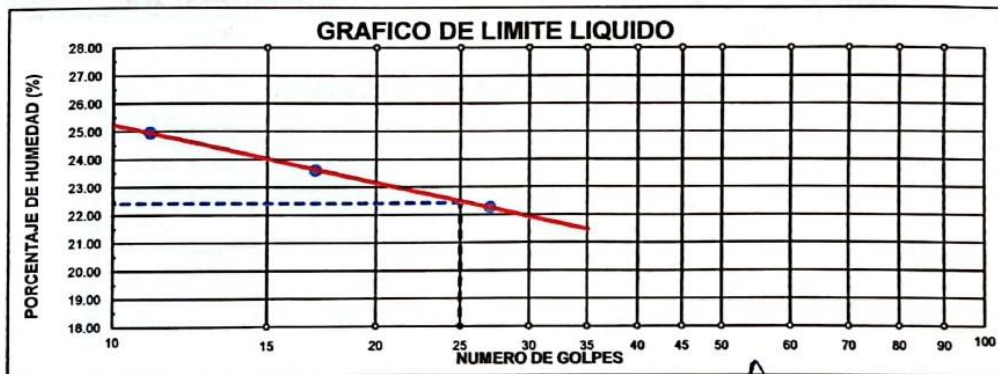
LIMITES DE CONSISTENCIA
(NTP 339.129 ASTM D-4318; MTC E-110, 111)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : 75% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 25% MAT. EXCEDENTE DE CORTE(Jr. 3 DE OCT.)
CALICATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Km) : - **LADO** : - **TEC. RESP.** :
ACCESO : - **ING. RESP.** : RRPL
FECHA : 10/04/23

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO		
01. N° de Golpes	27	17	11
02. Tara N°	34	14	7
03. Suelo Humedo + Tara gr	19.58	17.73	17.61
04. Suelo Seco + Tara gr	16.35	14.73	14.49
05. Peso del Agua gr	3.23	3.00	3.12
06. Peso del Tarro gr	1.83	2.01	1.98
07. Peso del Suelo Seco gr	14.52	12.72	12.51
08. % de Humedad %	22.25	23.58	24.94

DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO		
01. Tara N°	4	13	
02. Suelo Humedo + Tara gr	8.36	6.79	
03. Suelo Seco + Tara gr	7.39	6.09	
04. Peso del Agua gr	0.97	0.70	
05. Peso del Tarro gr	2.68	2.64	
06. Peso del Suelo Seco gr	4.71	3.45	
07. % de Humedad %	20.59	20.29	
LIMITE PLASTICO %	20.44		



LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE PLASTICIDAD (%)
22.40	20.44	1.96

Rene B. P. Macosí Varicano
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP 282584

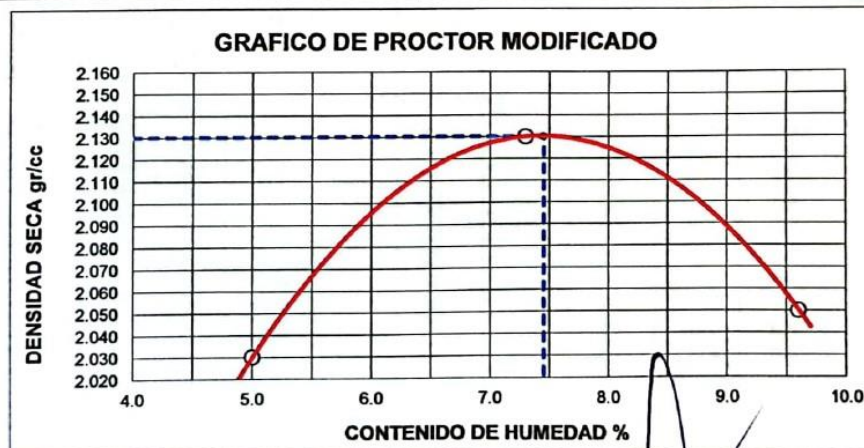


PROCTOR MODIFICADO
(NTP 339.141; ASTM D-1557; MTC E-115)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA
SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL
BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : 75% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 25% MAT. EXCEDENTE DE CORTE(Jr. 3 DE OCT.)
CALICATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Km) : - **LADO** : - **TEC. RESP.** :
ACCESO : - **ING. RESP.** : RRPL
FECHA : 10/04/23

ENSAYO N°		1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD						
Peso Molde+Suelo	(gr)	10301	10634	10548		
Peso Molde	(gr)	5916	5916	5916		
Peso Suelo Compactado	(gr)	4385	4718	4632		
Volumen del Molde	(cc)	2061	2061	2061		
Densidad Humeda	(gr/cc)	2.130	2.290	2.250		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°		1	2	3		
Suelo Humedo + Recipiente	(gr)	500.0	500.0	500.0		
Suelo Seco + Recipiente	(gr)	476.0	466.0	456.0		
Peso Recipiente	(gr)	0.0	0.0	0.0		
Peso de Agua	(gr)	24.0	34.0	44.0		
Peso de Suelo Seco	(gr)	476.0	466.0	456.0		
Contenido de Humedad	(%)	5.00	7.30	9.60		
Densidad Seca	(gr/cc)	2.030	2.130	2.050		
MAX. DENSIDAD SECA		CONT. OPTIMO DE HUMEDAD				
2.130 gr/cm3		7.45 %				



 **Rene R. Pucacasi Laricano**
INGENIERO GEOLOGO
CIP 222584



CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
(NTP 339 145; ASTM D-1883; MTC E-132)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACION : BARRIO SAN JOSE DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : 75% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 25% MAT. EXCEDENTE DE CORTE(Jr. 3 DE OCT.)
CALICATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Km) : - LADO : -
ACCESO : -
TEC. RESP : -
ING. RESP : RRPL
FECHA : 10/04/23

Molde N°	30	29	28
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr. 13385	13150	13018
Peso del molde	gr. 8608	8604	8699
Peso del suelo húmedo	gr. 4777	4546	4319
Volúmen del molde	cc. 2074	2074	2066
Densidad Humeda	gr./cc. 2.300	2.190	2.090
Humedad	% 7.80	7.50	7.50
Densidad seca	gr./cc. 2.130	2.040	1.940
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr. 500.0	500.0	500.0
Tarro suelo seco	gr. 464.0	465.0	465.0
Agua	gr. 36.0	35.0	35.0
Peso del Tarro	gr. 0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	gr. 464.0	465.0	465.0
Humedad	% 7.8	7.5	7.5
Promedio de la humedad	%		

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
10/04/23	14:30 PM	0	791	0.00	0.00	479	0.00	0.00	735	0.00	0.00
11/04/23	14:30 PM	24	791	0.00	0.00	479	0.00	0.00	736	0.01	0.01
12/04/23	14:30 PM	48	791	0.00	0.00	479	0.00	0.00	736	0.00	0.00
13/04/23	14:30 PM	72	791	0.00	0.00	479	0.00	0.00	736	0.00	0.00
14/04/23	14:30 PM	96			0.00			0.00			0.01

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Kg/cm ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Kg/cm ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Kg/cm ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.635	0.025	178	178	9.2	119	119	6.1	60	60	3.1
1.00	1.270	0.050	519	519	26.8	327	327	16.9	134	134	6.9
1.30	1.905	0.075	775	775	40.0	498	498	25.7	220	220	11.4
2.00	2.540	0.100	1068	1068	55.2	694	694	35.8	319	319	16.5
3.00	3.810	0.150	1714	1714	88.6	1102	1102	56.9	490	490	25.3
4.00	5.080	0.200	2272	2272	117.4	1472	1472	76.0	671	671	34.7
5.00	6.350	0.250	2903	2903	150.0	1862	1862	96.2	821	821	42.4
6.00	7.620	0.300	3548	3548	183.3	2272	2272	117.4	996	996	51.5
8.00	10.160	0.400									
10.00	12.700	0.500									


René P. Arias Laricani
INGENIERO GEOLOGO
CIP 182584



OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : 75% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 25% MAT. EXCEDENTE DE CORTE(Jr. 3 DE OCT.)
CALICATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Km) : - **LADO** : -
ACCESO : -
TEC. RESP :
ING. RESP : RRPL
FECHA : 10/04/23



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 80.0%
 C.B.R. 01" AL 95% M.C = 46.8%

LEYENDA

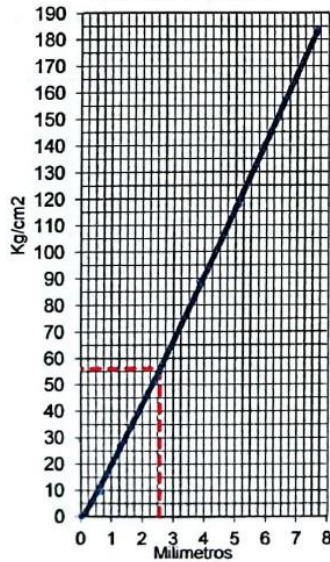
— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 80.0%

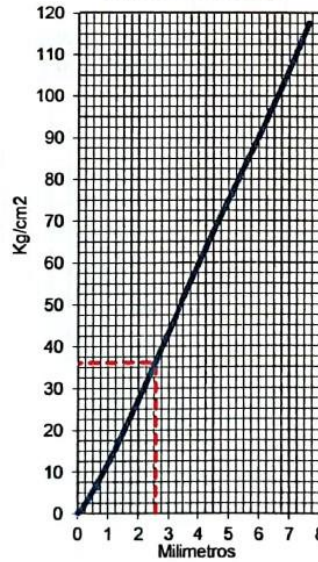
C.B.R 0.1"= 51.4%

C.B.R 0.1"= 22.9%

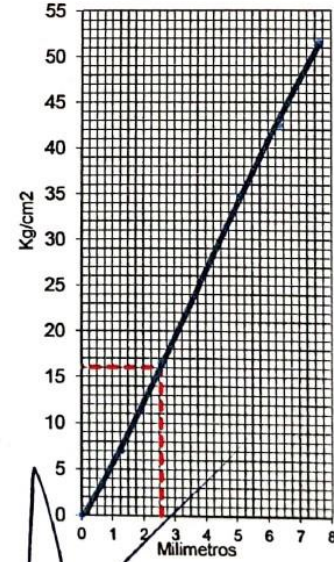
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



Rube R. P. Páncosi Laricani
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP 202584



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

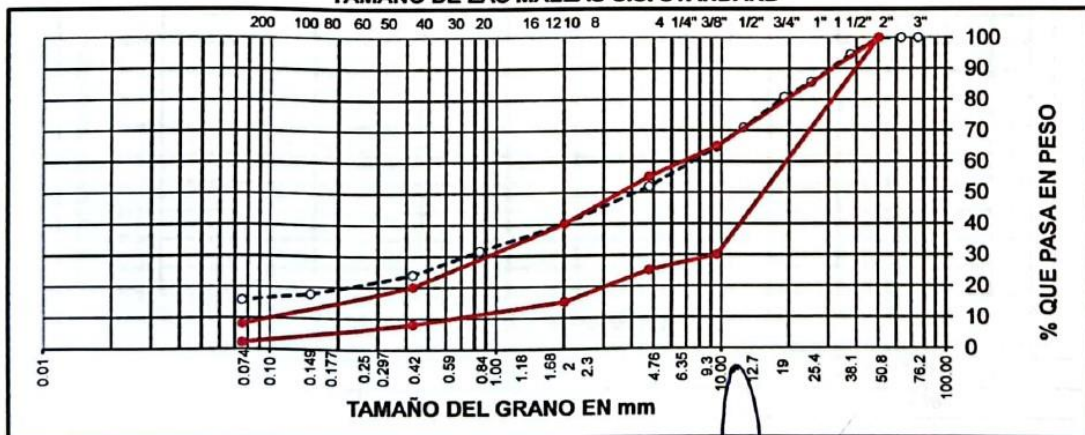
(NTP 339.128 ASTM D-422; MTC E-107)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : 50% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 50% MAT. EXCEDENTE DE CORTE(Jr. 3 DE OCT.)
CALICATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Km) : - **LADO** : - **TEC. RESP.** : .
ACCESO : - **ING. RESP.** : RRPL
FECHA : 14/04/23

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					GRADACION	Peso inicial : 8550.0 Grs
2 1/2"	63.000					"A"	Peso fracción : 550.0 Grs
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100 - 100	Grava : 48.16 %
1 1/2"	37.500	458.9	5.4	5.4	94.6		Arena : 36.20 %
1"	25.000	771.7	9.0	14.4	85.6		Fino : 15.65 %
3/4"	19.000	405.9	4.7	19.1	80.9		W natural : - %
1/2"	12.500	852.6	10.0	29.1	70.9		
3/8"	9.500	541.0	6.3	35.4	64.6	30 - 65	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	1087.2	12.7	48.2	51.8	25 - 55	LL : 25.60 %
No.10	2.000	125.7	11.8	60.0	40.0	15 - 40	L.P. : 20.01 %
No.20	0.840	90.9	8.6	68.6	31.4		I.P. : 5.59 %
No.40	0.425	80.5	7.6	76.2	23.8	8 - 20	
No.100	0.150	64.9	6.1	82.3	17.7		CLASIFICACION
No.200	0.075	22.1	2.1	84.4	15.6	2 - 8	SUCS : GM-GC
<No.200		1,337.7	15.6	100.0			AASHTO : A-1-b(0)

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Reke A. Pandozi Laricano
INGENIERO GEOLOGO
C.N. 282584



LIMITES DE CONSISTENCIA
(NTP 339.129 ASTM D-4318; MTC E-110, 111)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANtera : 50% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 50% MAT. EXCEDENTE DE CORTE(Jr. 3 DE OCT.)
CALICATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Krm) : - **LADO** : - **TEC. RESP.** : RRPL
ACCESO : - **ING. RESP.** : RRPL
FECHA : 14/04/23

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO		
	37	24	14
01. N° de Golpes	37	24	14
02. Tara N°	11	3	8
03. Suelo Humedo + Tara	57.18	48.70	58.85
04. Suelo Seco + Tara	51.64	44.67	53.01
05. Peso del Agua	5.54	4.03	5.84
06. Peso del Tarro	29.46	28.97	30.95
07. Peso del Suelo Seco	22.18	15.70	22.06
08. % de Humedad	24.98	25.67	26.47

DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO		
	4	5	
01. Tara N°	4	5	
02. Suelo Humedo + Tara	22.63	21.00	
03. Suelo Seco + Tara	21.07	19.76	
04. Peso del Agua	1.56	1.24	
05. Peso del Tarro	13.40	13.46	
06. Peso del Suelo Seco	7.67	6.30	
07. % de Humedad	20.34	19.68	
LIMITE PLASTICO	20.01		



LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE PLASTICIDAD (%)
25.60	20.01	5.59

Rene R. Paracosi Larciano
INGENIERO GEOLOGO
C.F. 462584

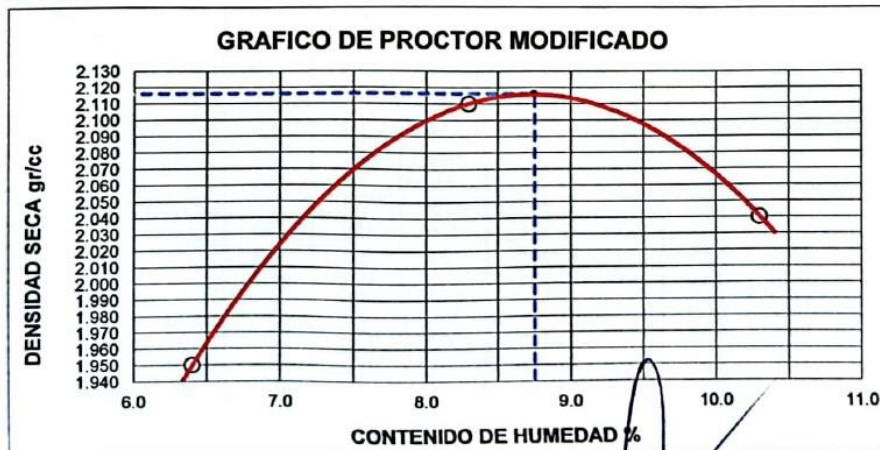


PROCTOR MODIFICADO
(NTP 339.141; ASTM D-1557; MTC E-115)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : 50% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 50% MAT. EXCEDENTE DE CORTE(Jr. 3 DE OCT.)
CALICATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Km) : - **LADO** : - **TEC. RESP.** :
ACCESO : - **ING. RESP.** : RRPL
FECHA : 14/04/23

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
Peso Molde+Suelo (gr)	10175	10635	10553		
Peso Molde (gr)	5916	5916	5916		
Peso Suelo Compactado (gr)	4259	4719	4637		
Volumen del Molde (cc)	2061	2061	2061		
Densidad Humeda (gr/cc)	2.070	2.290	2.250		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
Recipiente N°	1	2	3		
Suelo Humedo + Recipiente (gr)	300.0	300.0	300.0		
Suelo Seco + Recipiente (gr)	282.0	277.0	272.0		
Peso Recipiente (gr)	0.0	0.0	0.0		
Peso de Agua (gr)	18.0	23.0	28.0		
Peso de Suelo Seco (gr)	282.0	277.0	272.0		
Contenido de Humedad (%)	6.40	8.30	10.30		
Densidad Seca (gr/cc)	1.950	2.110	2.040		
MAX. DENSIDAD SECA			CONT. OPTIMO DE HUMEDAD		
2.116 gr/cm3			8.75 %		




Rene R. Pacheco Laricano
INGENIERO GEÓLOGO
N° 202584



CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)
(NTP 339 145; ASTM D-1883; MTC E-132)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : 50% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 50% MAT. EXCEDENTE DE CORTE(Jr. 3 DE OCT.)
CALICATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Km) : - **LADO :** - **TEC. RESP :** -
ACCESO : - **ING. RESP :** RRPL
FECHA : 14/04/23

Molde N°	29	21	24
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr. 13417	12640	12387
Peso del molde	gr. 8604	7671	7689
Peso del suelo húmedo	gr. 4813	4969	4698
Volúmen del molde	cc. 2074	2236	2224
Densidad Humeda	gr./cc. 2.320	2.220	2.110
Humedad	% 8.70	8.70	8.90
Densidad seca	gr./cc. 2.130	2.040	1.940
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr. 500.0	500.0	500.0
Tarro suelo seco	gr. 460.0	460.0	459.0
Agua	gr. 40.0	40.0	41.0
Peso del Tarro	gr. 0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	gr. 460.0	460.0	459.0
Humedad	% 8.7	8.7	8.9
Promedio de la humedad	%		

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
14/04/23	14:30 PM	0	612	0.00	0.00	392	0.00	0.00	614	0.00	0.00
15/04/23	14:30 PM	24	617	0.05	0.04	397	0.05	0.04	619	0.05	0.04
16/04/23	14:30 PM	48	623	0.06	0.05	401	0.04	0.03	622	0.03	0.03
17/04/23	14:30 PM	72	627	0.04	0.03	405	0.04	0.03	625	0.03	0.03
18/04/23	14:30 PM	96			0.13			0.11			0.09

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Kg/cm ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Kg/cm ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Kg/cm ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.635	0.025	134	134	6.9	82	82	4.3	31	31	1.6
1.00	1.270	0.050	387	387	20.0	228	228	11.8	69	69	3.6
1.30	1.905	0.075	657	657	33.9	379	379	19.6	101	101	5.2
2.00	2.540	0.100	893	893	46.1	514	514	26.5	134	134	6.9
3.00	3.810	0.150	1259	1259	65.0	719	719	37.1	179	179	9.2
4.00	5.080	0.200	1578	1578	81.6	892	892	46.1	206	206	10.6
5.00	6.350	0.250	1850	1850	95.6	1097	1097	56.7	240	240	12.4
6.00	7.620	0.300	2109	2109	109.0	1221	1221	63.1	265	265	13.7
8.00	10.160	0.400									
10.00	12.700	0.500									



Gene R. Pomales Laricano
INGENIERO GEOLOGO
RUC 202584



OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANtera : 50% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 50% MAT. EXCEDENTE DE CORTE(Jr. 3 DE OCT.)
CALICATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Km) : -- **LADO :** --
ACCESO : --

TEC. RESP : .
ING. RESP. : RRPL
FECHA : 14/04/23



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 62.9%
 C.B.R. 01" AL 95% M.I = 32.7%

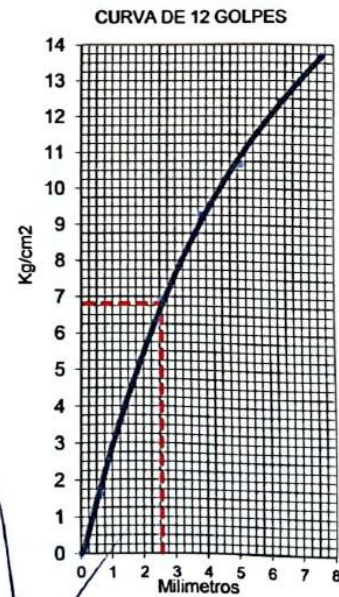
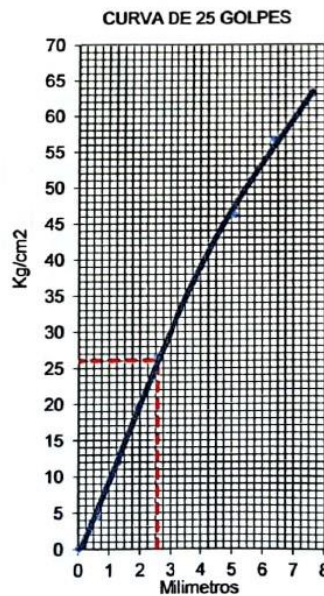
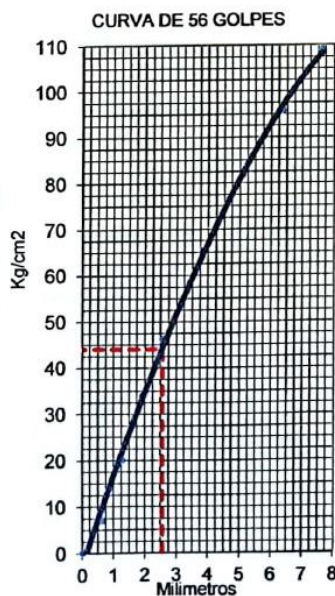
LEYENDA

— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 62.9%

C.B.R 0.1"= 37.1%

C.B.R 0.1"= 9.7%



RENE R. PINACOSI LARICANO
 INGENIERO GEOLOGO
 C.P. 222584



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

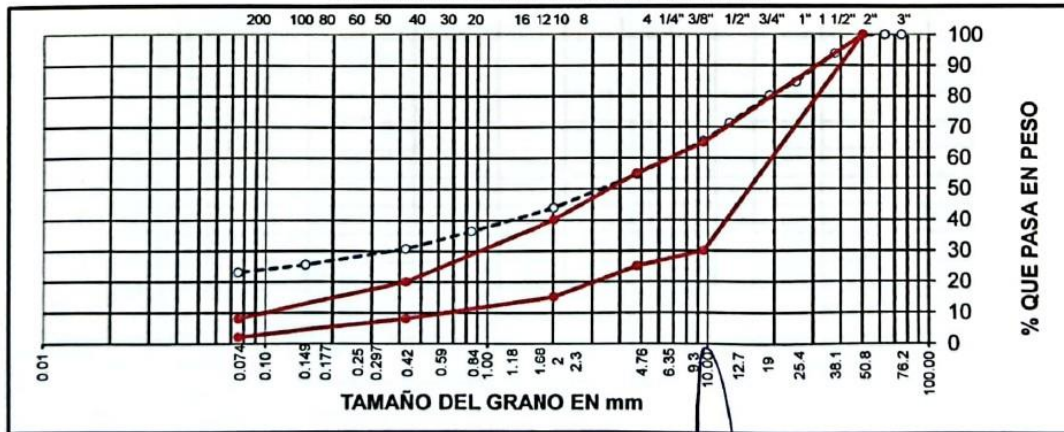
(NTP 339.128 ASTM D-422; MTC E-107)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : 25% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 75% MAT. EXCEDENTE DE CORTE(Jr. 3 DE OCT.)
CALIGATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Km) : - **LADO** : - **TEC. RESP.** : .
ACCESO : - **ING. RESP.** : RRPL
FECHA : 18/04/23

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido(gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000					GRADACION	Peso inicial : 7489.0 Grs
2 1/2"	63.000					"A"	Peso fracción : 612.0 Grs
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100 - 100	Grava : 45.43 %
1 1/2"	37.500	465.2	6.2	6.2	93.8		Arena : 31.55 %
1"	25.000	691.7	9.2	15.4	84.6		Fino : 23.02 %
3/4"	19.000	323.4	4.3	19.8	80.2		W natural : - %
1/2"	12.500	672.4	9.0	28.7	71.3		
3/8"	9.500	428.7	5.7	34.5	65.5	30 - 65	LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	820.6	11.0	45.4	54.6	25 - 55	L.L. : 29.80 %
No.10	2.000	120.8	10.8	56.2	43.8	15 - 40	LP. : 21.02 %
No.20	0.840	83.8	7.5	63.7	36.3		IP. : 8.78 %
No.40	0.425	62.6	5.6	69.3	30.7	8 - 20	
No.100	0.150	59.8	5.3	74.6	25.4		CLASIFICACION
No.200	0.075	26.8	2.4	77.0	23.0	2 - 8	SUCS : GM-GC
<No.200		1,724.1	23.0	100.0			AASHTO : A-1-b(0)

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Gene R. Arcoy Laricano
INGENIERO GEÓLOGO
282584



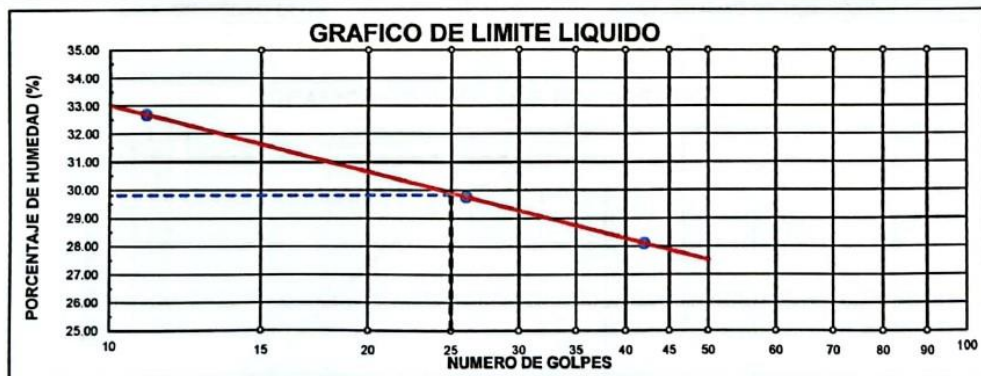
LIMITES DE CONSISTENCIA
(NTP 339.129 ASTM D-4318; MTC E-110, 111)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : 25% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 75% MAT. EXCEDENTE DE CORTE(Jr. 3 DE OCT.)
CALICATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Km) : - **LADO** : - **TEC. RESP.** :
ACCESO : - **ING. RESP.** : RRPL
FECHA : 18/04/23

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO		
01. Nº de Golpes	42	26	11
02. Tara Nº	3	7	6
03. Suelo Humedo + Tara gr	57.60	50.80	51.17
04. Suelo Seco + Tara gr	51.70	44.78	44.42
05. Peso del Agua gr	5.90	6.02	6.75
06. Peso del Tarro gr	30.70	24.54	23.76
07. Peso del Suelo Seco gr	21.00	20.24	20.66
08. % de Humedad %	28.10	29.74	32.67

DESCRIPCION	LIMITE PLASTICO		
01. Tara Nº	6	1	
02. Suelo Humedo + Tara gr	25.34	23.25	
03. Suelo Seco + Tara gr	23.63	21.72	
04. Peso del Agua gr	1.71	1.53	
05. Peso del Tarro gr	15.86	14.08	
06. Peso del Suelo Seco gr	7.77	7.64	
07. % de Humedad %	22.01	20.03	
LIMITE PLASTICO %	21.02		



LIMITE LIQUIDO (%)	LIMITE PLASTICO (%)	INDICE PLASTICIDAD (%)
29.80	21.02	8.78

René R. Domínguez Laricano
INGENIERO GEÓLOGO
CIP: 204584

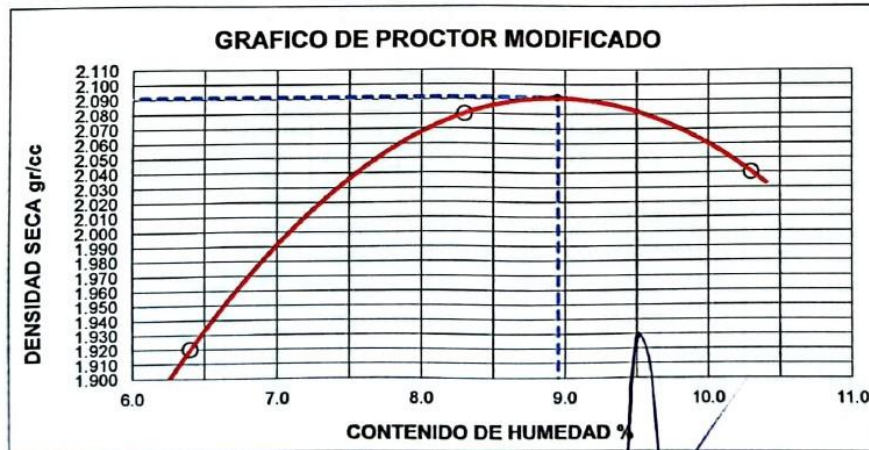


PROCTOR MODIFICADO
(NTP 339.141; ASTM D-1557; MTC E-115)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANtera : 25% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 75% MAT. EXCEDENTE DE CORTE(Jr. 3 DE OCT.)
CALICATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO **TEC. RESP.** :
PROG (Km) : - **LADO** : - **ING. RESP.** RRPL
ACCESO : - **FECHA** 18/04/23

ENSAYO N°		1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD						
Peso Molde+Suelo	(gr)	10127	10562	10543		
Peso Molde	(gr)	5916	5916	5916		
Peso Suelo Compactado	(gr)	4211	4646	4627		
Volumen del Molde	(cc)	2061	2061	2061		
Densidad Humeda	(gr/cc)	2.040	2.250	2.250		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD						
Recipiente N°		1	2	3		
Suelo Humedo + Recipiente	(gr)	300.0	300.0	300.0		
Suelo Seco + Recipiente	(gr)	282.0	277.0	272.0		
Peso Recipiente	(gr)	0.0	0.0	0.0		
Peso de Agua	(gr)	18.0	23.0	28.0		
Peso de Suelo Seco	(gr)	282.0	277.0	272.0		
Contenido de Humedad	(%)	6.40	8.30	10.30		
Densidad Seca	(gr/cc)	1.920	2.080	2.040		
MAX. DENSIDAD SECA		CONT. OPTIMO DE HUMEDAD				
2.091 gr/cm3		8.95 %				




 Ret. **Donacosi Laricani**
 INGENIERO GEOLOGO
 CIP. 282584



GEOPOL EIRL

Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

RUC: 20406282075

CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.)

(NTP 339 145; ASTM D-1883; MTC E-132)

OBRA : MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACION DE LA CAPA SUB BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTO RIGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

SOLICITANTE : Bach. GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
UBICACIÓN : BARRIO SAN JOSÉ DE LA CIUDAD DE PUNO
MUESTRA : MEZCLA DE SUELOS PARA SUB BASE GRANULAR
CANTERA : 25% MAT. GRANULAR, NO PLASTICO(HORMIGON) + 75% MAT. EXCEDENTE DE CORTE.(Jr. 3 DE OCT.)
CALIGATA : MEZCLA DE SUELOS REALIZADA EN LABORATORIO
PROG (Km) : - **LADO :** - **TEC. RESP :** -
ACCESO : - **ING. RESP :** RRPL **FECHA :** 18/04/23

	30	29	28
Molde N°	30	29	28
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr. 13233	13050	12919
Peso del molde	gr. 8608	8604	8699
Peso del suelo húmedo	gr. 4625	4446	4220
Volúmen del molde	cc. 2074	2074	2066
Densidad Humeda	gr./cc 2.230	2.140	2.040
Humedad	% 8.90	9.20	9.20
Densidad seca	gr./cc 2.050	1.960	1.870
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr. 500.0	500.0	500.0
Tarro suelo seco	gr. 459.0	458.0	458.0
Agua	gr. 41.0	42.0	42.0
Peso del Tarro	gr. 0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	gr. 459.0	458.0	458.0
Humedad	% 8.9	9.2	9.2
Promedio de la humedad	%		

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
18/04/23	15:45 PM	0	151	0.00	0.00	597	0.00	0.00	484	0.00	0.00
19/04/23	15:45 PM	24	175	0.24	0.21	621	0.24	0.21	512	0.28	0.24
20/04/23	15:45 PM	48	182	0.07	0.06	637	0.16	0.14	530	0.18	0.15
21/04/23	15:45 PM	72	185	0.03	0.03	640	0.03	0.03	535	0.05	0.04
22/04/23	15:45 PM	96			0.29			0.37			0.44

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Kg/cm ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Kg/cm ²	Lectura Dial	Lectura corregida	Presiones Kg/cm ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.635	0.025	95	95	4.9	45	45	2.3	9	9	0.5
1.00	1.270	0.050	195	195	10.1	89	89	4.6	17	17	0.9
1.30	1.905	0.075	288	288	14.9	160	160	8.3	32	32	1.7
2.00	2.540	0.100	384	384	19.8	214	214	11.1	44	44	2.3
3.00	3.810	0.150	492	492	25.4	280	280	14.4	67	67	3.5
4.00	5.080	0.200	596	596	30.8	357	357	18.4	87	87	4.5
5.00	6.350	0.250	682	682	35.2	405	405	20.9	99	99	5.1
6.00	7.620	0.300	787	787	40.7	430	430	22.2	112	112	5.8
8.00	10.160	0.400									
10.00	12.700	0.500									



Rene R. Pinucosi Varicano
INGENIERO GEOLOGO
C.A. 282384

ANEXO 2. Panel fotográfico

Fotografía N° 01



Descripción: Trabajos de corte y relleno en los jirones a pavimentar.

Fotografía N° 02



Descripción: Trabajos de corte y acarreo de material excedente en el Jr. 3 de Octubre.

Fotografía N° 03



Descripción: Toma de muestra del material de cantera Jacha Jahuira para el ensayo de granulometría.

Fotografía N° 04



Descripción: Toma de muestra del material excedente del terreno de fundación para los ensayos de mecánica de suelos.

Fotografía N° 05



Descripción: Elaboración de calicatas para la caracterización del terreno de fundación en los jirones a pavimentar.

Fotografía N° 06



Descripción: Ensayo de C.B.R. de la mezcla de suelos 25% material excedente + 75% material de cantera.

Fotografía N° 07



Descripción: Pruebas de densidad de campo para el control de compactación en el Jr. Peruanidad.

Fotografía N° 08



Descripción: Conformación de la capa sub base granular en el Jr. 3 de Octubre.

Fotografía N° 09



Descripción: Pavimentación sobre la capa sub base granular conformada por la mezcla de suelos 25% material excedente - 75% material de cantera.

ANEXO 3. Planos

- Plano geológico y ubicación
- Plano geomorfológico y ubicación
- Perfil longitudinal del terreno de fundación



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo GINO DUGLIO CHALCO CONSTANCIA
, identificado con DNI 74966356 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"MEDICIÓN DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACIÓN DE LA CAPA SOBRE

BASE GRANULAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN EL BARRIO SAN JOSE - PUNO

" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 16 de noviembre del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo GINO DUELIO CHALCO CONSTANCIA
, identificado con DNI 74966356 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"MEJORAMIENTO DEL MATERIAL EXCEDENTE EN LA CONFORMACIÓN DE LA CAPA SUB BASE
GRANULAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN EL BARRIO SAN JOSÉ - PUNO

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 16 de noviembre del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella