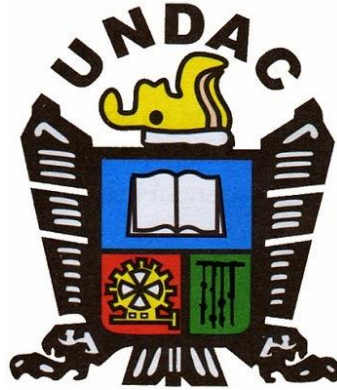


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Incorporación de arcilla en suelos de baja plasticidad para utilizar en
sub-base para pavimento rígido**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor: Bach. Robinson Raúl QUIQUIA CONDOR

Asesor: Arq. José German RAMÍREZ MEDRANO

Cerro de Pasco – Perú – 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Incorporación de arcilla en suelos de baja plasticidad para utilizar en sub-base para pavimento rígido

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Luis Villar REQUIS CARBAJAL
PRESIDENTE

Ing. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO

Ing. Pedro YARASCA CORDOVA
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis queridos padres, por su apoyo y esfuerzo
abnegado durante mi formación profesional.

RECONOCIMIENTO

Debo reconocer con profundo afecto a mis padres por el apoyo incondicional que brindado durante la realización de esta investigación. Asimismo, reconozco a los docentes de Ingeniería Civil por haberme dado su apoyo académico en el proceso de elaboración de la investigación, a mi asesor de tesis, por brindarme su orientación y préstamo de bibliografía especializada y a mi familia por darme su apoyo moral en todo momento.

El autor.

RESUMEN

Este trabajo de investigación está elaborado con el fin de evaluar el comportamiento de los suelos al incorporar una cierta cantidad de arcilla a suelos de baja plasticidad, todo esto con el fin de usar en bases o sub bases para pavimentos rígidos.

Actualmente en la ciudad de Pasco, no contamos con canteras que brinden suelos adecuados para base o sub base, estas solo se encuentran en canteras seleccionadas y que están fuera de la ciudad.

Para este proyecto de investigación se ha escogido la obra de construcción de pavimentos de la comunidad campesina de Cochamarca presentando los procedimientos usados para evaluar características que sufre cada tipo de suelo en base a la clasificación de suelos mediante el método de SUCS y AASHTO, de acuerdo a las especificaciones que indica el proyecto.

En el Capítulo I se presentara el Problema de investigación, en el Capítulo II indicaremos el marco teórico para entender la forma de clasificar el suelo y los procedimientos para usar los agregados en diferentes etapas de la construcción de pavimentos rígidos., en el Capítulo III se presentara la metodología y en el Capítulo IV se presentaran los resultados de la presente investigación

Palabras claves: Incorporación de arcilla, suelo, pavimento rígido.

ABSTRACT

This research work is prepared in order to evaluate the behavior of soils by incorporating a certain amount of clay into low plasticity soils, all this in order to use in bases or sub bases for rigid pavements.

Currently in the city of Pasco, we do not have quarries that provide adequate grounds for base or sub base, these are only found in selected quarries and that are outside the city.

For this research project, the pavement construction work of the rural community of Cochamarca has been chosen, presenting the procedures used to evaluate characteristics that each type of soil suffers based on the classification of soils through the SUCS and AASHTO method, according to the specifications indicated by the project.

In Chapter I the Research Problem will be presented, in Chapter II we will indicate the theoretical framework to understand how to classify the soil and the procedures for using aggregates at different stages of the construction of rigid pavements., In Chapter III, present the methodology and in Chapter IV the results of the present investigation will be presented.

Keywords: Clay incorporation, soil, rigid pavement.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el Perú viene creciendo de manera sistemática en la económica, uno de los factores que influyen en este crecimiento es a consecución del sector construcción.

Muchas de las construcciones consisten en la construcción de carreteras, siendo estas vías las que ayudan a mejorar la económica de las dos poblaciones que une.

La construcción de pavimentos rígidos se realiza a nivel mundial, el Perú no es ajeno a este tipo de construcción con concreto, pero una de las preguntas que se hace la mayoría de usuarios es: ¿Técnicamente están bien construida? Se ha evidenciado que la mayoría de contratista que ejecuta obras de esta naturaleza dentro de la localidad de Pasco no consiguen agregado que cumpla con las especificaciones técnicas, aun así, continúan ejecutando y los resultados son pésimos, es por ello que evidenciamos pavimentos con fisuras o grietas.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – SUCS, es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras, en relación al AASHTO es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos, estos dos sistemas de clasificación en nuestro proyecto de investigación nos ayudara a determinar si la combinación de suelos produce suelos técnicamente estables y que cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
RECONOCIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
INDICE	
CAPÍTULO I	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.3. Formulación del problema	3
1.3.1 Problema general	3
1.3.2 Problemas Específicos	3
1.4. Formulación de objetivos	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
1.5. Justificación del problema	4
1.6. Limitaciones de la investigación	4
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes de estudio	6
2.2. Bases teóricas – científicas	11
2.3. Definición de términos básicos	32
2.4. Formulación de hipótesis	33
2.4.1. Hipótesis general	33
2.4.2. Hipótesis Específicas	33
2.5. Identificación de las variables	33
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	34
CAPÍTULO III	35
METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	35
3.1. Tipo de investigación	35
3.2. Métodos de investigación	35

3.3. Diseño de la investigación	35
3.4. Población y muestra	36
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	36
3.7. Tratamiento estadístico	47
3.8. Selección validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	48
3.9. Orientación ética	48
CAPÍTULO IV	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.1. Descripción del trabajo de campo	50
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	51
4.3. Prueba de hipótesis	57
4.4. Discusión de resultados	58
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: RELACIÓN LIMITE LÍQUIDO, ÍNDICE DE PLASTICIDAD.....	25
---	-----------

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: TAMAÑO MÁXIMO DE PARTÍCULAS VS PEO MÍNIMO DE PARTÍCULAS	22
TABLA 2: GRANULOMETRÍA DE SUELO OXAPAMPA.....	37
TABLA 3: SUELO CON INCREMENTO DE ARCILLA AL 1%	39
TABLA 4: SUELO CON INCREMENTO DE ARCILLA AL 2%	39
TABLA 5: SUELO CON INCREMENTO DE ARCILLA AL 3%	40
TABLA 6: SUELO CON INCREMENTO DE ARCILLA AL 4%	40
TABLA 7: SUELO CON INCREMENTO DE ARCILLA AL 5%	40
TABLA 8: SUELO CON INCREMENTO DE ARCILLA AL 6%	41
TABLA 9: SUELO CON INCREMENTO DE ARCILLA AL 7%	41
TABLA 10: SUELO CON INCREMENTO DE ARCILLA AL 8%	42
TABLA 11: SUELO CON INCREMENTO DE ARCILLA AL 9%.....	42
TABLA 12: SUELO CON INCREMENTO DE ARCILLA AL 10%	43
TABLA 13: PROCTOR ESTÁNDAR PARA SUELOS CON 1 % DE INCREMENTO DE ARCILLA	43
TABLA 14: CÁLCULO DE DENSIDAD IN SITU.....	44
TABLA 15: RESULTADOS DE DENSIDAD AL 2% DE INCREMENTO DE ARCILLA.....	45
TABLA 16: RESULTADOS DE DENSIDAD AL 3% DE INCREMENTO DE ARCILLA.....	45
TABLA 17: RESULTADOS DE DENSIDAD AL 4% DE INCREMENTO DE ARCILLA.....	45
TABLA 18: RESULTADOS DE DENSIDAD AL 5% DE INCREMENTO DE ARCILLA.....	46
TABLA 19: RESULTADOS DE DENSIDAD AL 6% DE INCREMENTO DE ARCILLA.....	46
TABLA 20: RESULTADOS DE DENSIDAD AL 7% DE INCREMENTO DE ARCILLA.....	46
TABLA 21: RESULTADOS DE DENSIDAD AL 8% DE INCREMENTO DE ARCILLA.....	46
TABLA 22: RESULTADOS DE DENSIDAD AL 9% DE INCREMENTO DE ARCILLA.....	47
TABLA 23: RESULTADOS DE DENSIDAD AL 10% DE INCREMENTO DE ARCILLA.....	47
TABLA 23: RESULTADOS DE DENSIDAD AL 10%.....	48
TABLA 12: SUELO CON INCREMENTO DE ARCILLA AL 10%	48
TABLA 24: SUELO CON INCREMENTO DE ARCILLA AL 10%	58
TABLA 25: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SOLICITADO EN EXPEDIENTE TÉCNICO	58

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En la actualidad, la ingeniería vial viene avanzando a grandes pasos a nivel de investigación y aplicación de nuevas tecnologías y justo a ello el desarrollo de proyectos de infraestructura que buscan dar acceso a la población al transporte competitivo y sostenible, que permite que los diferentes centros urbanos y rurales se integren logrando el progreso de nuestro país.

La creciente ola de inmigrantes que cada día llegan a las diferentes ciudades del mundo por distintas circunstancias, es un fenómeno difícil de soportar en las diferentes capitales, ya que éstas deben albergar gran cantidad de población en terrenos cada vez más estrechos, vulnerables y desconocidos. En tal sentido la migración de personas es a consecuencia del uso de vías, ¿esto mejora la económica del país? Definitivamente mejora la economía del país es por ello que necesitamos construir pavimentos que cumplan con todas las especificaciones técnicas.

En Cerro de Pasco la mayoría de canteras no cumplen con las especificaciones técnicas sugeridas en los expedientes técnicos para la construcción de pavimentos,

sin embargo, los contratistas ejecutan estas obras con materiales fuera del requerimiento del consultor.

Entonces tenemos como problema el de no contar con canteras que cumplan al 100% las necesidades de los agregados.

1.2. Delimitación de la investigación

La presente investigación se encuentra enmarcada en el ámbito de la Ingeniería Civil dentro del área de geotecnia y pavimentos. En cuanto al desarrollo de la investigación se realizó un levantamiento topográfico, estudio de calicatas para determinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo, utilización de bolsas de polietileno con adición de porcentajes del 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7% 8%, 9% y 10% ; La condición física de la mezcla de suelo y agua está denotada por la Consistencia.

El presente trabajo de investigación se llevara a cabo en las canteras del distrito de Vicco de la provincia de Pasco – región Pasco.





1.3. Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Cómo Influye la incorporación de arcilla en suelos de baja plasticidad para utilizar en sub - base para pavimentos rígidos?

1.3.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo Influye la incorporación de arcilla en la granulometría del suelo para utilizar en sub - base para pavimentos rígidos?
- ¿Cómo Influye la incorporación de arcilla en la Plasticidad del suelo para utilizar en sub - base para pavimentos rígidos?
- ¿Cómo Influye la incorporación de arcilla en la densidad máxima del suelo para utilizar en sub - base para pavimentos rígidos?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Determinar la influencia al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la influencia al incorporar arcilla en la granulometría del suelo para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos.
- Determinar la influencia al incorporar arcilla en la plasticidad del suelo para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos.
- Determinar la influencia al incorporar arcilla en la densidad máxima del suelo para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos.

1.5. Justificación del problema

- Es necesario conocer cuál es la influencia de incorporar arcilla en los suelos para determinar si cumple las especificaciones técnicas sugeridas por el consultor, para garantizar la durabilidad e los pavimentos de concreto. Todo esto en base a las recomendaciones y necesidades que indica nuestro reglamento nacional de edificaciones

1.6. Limitaciones de la investigación

- Espacial

El presente trabajo de investigación se desarrollará en la ciudad de Pasco específicamente en el distrito de Vicco.

- Ubicación Política

- Región: Pasco
- Provincia: Pasco
- Distrito: Vicco

- Temporal

Las condiciones climatológicas como la temperatura, velocidad de viento, humedad relativa y las bajas temperaturas no influyen en las propiedades del suelo, estos parámetros tienen diversas variaciones durante todo el año en la ciudad de Pasco, por lo que la presente investigación se desarrolló y evaluó durante los meses de enero de 2017 – agosto de 2017.

- Conceptual

La presente investigación se encuentra enmarcada en el ámbito de la Ingeniería Civil, específicamente en el área de Mecánica de suelos, análisis estructural y diseño sismo resistente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Estudio De La Calidad De Los Agregados De Las Principales Canteras De La Ciudad De Andahuaylas Y Su Influencia En La Resistencia Del Concreto Empleado En La Construcción De Obras Civiles elaborado por: BACH. ZULY OLARTE BULEJE

La presente tesis, “ESTUDIO DE LA CALIDAD DE LOS AGREGADOS DE LAS PRINCIPALES CANTERAS DE LA CIUDAD DE ANDAHUAYLAS Y SU INFLUENCIA EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EMPLEADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES.”, se realizó estudiando tres canteras o minas que son explotadas en la ciudad de Andahuaylas, para producir concreto, las mismas que son: Cantera ALTAMIRANO, cantera SANTA LUCIA y la cantera ESPINOZA, las mismas que abastecen de material pétreo para la construcción de obras civiles en la ciudad de Andahuaylas y sus alrededores. La investigación consistió en acudir a las minas antes nombradas y obtener material pétreo con el

consentimiento de los propietarios de las mismas, estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Materiales de CONSTRUCTORES Y CONSULTORES GENERALES “JFA” Andahuaylas. En donde pasaron por diversos ensayos con la finalidad de obtener sus propiedades mecánicas. Una vez obtenidas las propiedades mecánicas de las muestras en estudio se procedió a realizar el cálculo de la dosificación para el concreto de diferentes resistencias a compresión y asentamientos, mediante el método A.C.I. (American Concrete Institute), con la norma A.C.I. 211.1, basada en la norma ASTM C33, donde se explica el procedimiento para optimizar la granulometría en las mezclas de concreto; con estas dosificaciones se elaboraron probetas de concreto de diferentes resistencias a compresión y todos para un asentamiento de 6 a 9 cm que es el tipo de concreto más común empleado en obras civiles. Finalmente estos cilindros fueron ensayados a compresión para obtener su respectiva resistencia y comprobar si cumplían con lo establecido por la dosificación aplicada

Zonificación mediante el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) y la capacidad portante del suelo, para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del anexo Lucmacucho Alto - Sector Lucmacucho, distrito de Cajamarca.

Autor: Briones Alva, María Emérita, Irigoín Gonzales, Nelson Ulices

La presente tesis tuvo como objetivo zonificar el Anexo Lucmacucho Alto mediante la clasificación de suelos (SUCS) y la capacidad portante del suelo para viviendas unifamiliares en la expansión urbana del sector. Hoy en día las diferentes ciudades experimentan un acelerado proceso de urbanización, cuyos habitantes construyen sus viviendas en zonas inestables, debido a que no se realizan estudios que garanticen la estabilidad de suelo de fundación; realidad que se vive en el Sector Lucmacucho Alto y situación que se pretende mejorar con la presente tesis,

es por ello que se decidió investigar la zonificación del Anexo Lucmacucho Alto. La investigación se basó fundamentalmente en obtener la capacidad portante del suelo existente en la zona, haciendo uso de la fórmula de Terzaghi y los parámetros característicos del suelo, mediante tablas se determinó la cohesión y ángulo de fricción interna de los tipos de suelos, encontrados en función a la clasificación de los suelos mediante el Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (SUCS), en las 17 calicatas distribuidas por el método de la cuadrícula en un área aproximada de 6 hectáreas, considerando además como datos asumidos para el cálculo una profundidad de 1.50 m y un ancho de 0.80 m de cimiento corrido, cimentación más común en la construcción de viviendas unifamiliares. Como resultado se obtuvo que, el suelo de la zona en estudio a una profundidad de 1.50 m presenta una capacidad portante admisible de diseño que varía de 0.19 Kg/cm² a 2.03 Kg/cm², y los siguientes tipos de suelos: Limo arenoso (ML), arcilla ligera arenosa (CL), arena limosa (SM), limo elástico arenoso (MH), arenas arcillosas (SC), arcillas limosas orgánicas con baja plasticidad (OL), suelo orgánico con arena (OH), gravas arcillosas (GC) y arenas densas arenosas (CH).

ABSTRACT This thesis aimed Annex Lucmacucho Alto zoning by classifying soils (USCS) and the bearing capacity for single family homes in the urban expansion of the sector. Today the different cities experiencing rapid urbanization, where people build their houses on unstable areas, because no studies to ensure the stability of soil foundation are made; reality that exists in the Sector Lucmacucho Alto and situation to be improved with this thesis, which is why we decided to investigate the zoning of Annex Lucmacucho Alto. The research was based primarily on getting the bearing capacity of the existing soil in the area, using the formula of Terzaghi and characteristic soil parameters, using tables cohesion

and angle of internal friction of soil types were determined Found according to the classification of soils by the Unified System of Soil Classification (USCS), in the 17 pits distributed by the grid method in an area of approximately 6 hectares, as well as considering data assumed for calculation depth 1.50 m and a width of 0.80 m run foundation, common foundation in the construction of houses. As a result it was found that the soil of the study area to a depth of 1.50 m has an allowable bearing capacity of design ranging from 0.19 Kg / cm² to 2.03 kg / cm², and the following soil types: sandy silt (ML), light sandy clay (CL), silty sand (SM), sandy stretch limo (MH), clayey sands (SC), organic silty clays with low plasticity (OL), organic soil with sand (OH), clayey gravels (GC) thick and sandy arenas (CH).

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO -MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN UNA VÍA AFIRMADA DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL DE LA REGIÓN JUNÍN MEDIANTE LA ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON ÓXIDO DE CALCIO - 2016

La presente investigación parte del problema general ¿Cómo influye la estabilización química mediante la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio en el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la Red Vial Departamental de la Región Junín?; por consiguiente se formuló el objetivo general: “Determinar la influencia de la estabilización química mediante la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio en el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la Red Vial Departamental de la Región Junín”; y la hipótesis general que debe contrastarse es: “La estabilización química mediante la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio influye positivamente

mejorando las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la Red Vial Departamental de la Región Junín”.

El método general de la investigación es el CIENTÍFICO, el tipo de investigación es APLICADA Y TECNOLÓGICA, el nivel de carácter DESCRIPTIVO – EXPLICATIVO, el diseño EXPERIMENTAL y el Enfoque de investigación CUANTITATIVA; que permitió describir y explicar la influencia del óxido de calcio como estabilizante químico de suelos y determinar el óptimo porcentaje de óxido de calcio, además de determinar las mejoras que produce la estabilización química mediante su uso, asimismo analizar y comparar los costos entre la estabilización física y química. La población fue la Red Vial Departamental Ruta JU108, Tramo: C.P. Pariahuanca – C.P. Ojaro, en el Distrito de Pariahuanca y la muestra fue de tipo NO PROBABILÍSTICO, DIRIGIDO O POR CONVENIENCIA, conformado por un grupo de ensayos de mecánica de suelos y procedimientos de Ingeniería; para el efecto se aplicaron las Normas del MTC vigentes, se realizó los estudios de tráfico vehicular y además cuatro calicatas a cielo abierto para su análisis y experimentación con la adición de diversos porcentajes de óxido de calcio.

Se concluyó que la estabilización química con Óxido de Calcio influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, obteniendo como porcentaje óptimo la adición del 3% de óxido de calcio en peso de suelo, reduciendo el índice de plasticidad de un suelo natural con un IP de 19.08% a un IP de 4.17% posterior a su estabilización, así mismo aumenta significativamente el valor de C.B.R. de un 4.85% para suelo natural a un valor de C.B.R de 15.64% posterior a su estabilización, además se demostró una ventaja económica de la estabilización química con óxido de calcio frente a la estabilización física por el

método de combinación de suelos, con una considerable reducción de costos de un 44.41%.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)) es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Cada letra es descrita debajo (con la excepción de Pt). Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros. También se le denomina clasificación modificada de Casagrande.

Si el suelo tiene entre un 5-12% de finos, pasantes del tamiz #200 se considera que ambas distribuciones de granos tienen un efecto significativo para las propiedades ingenieriles del material. Estaríamos hablando por ejemplo de gravas bien graduadas, pero con limos. En esos casos se recomienda usar doble notación, por ejemplo: GW-GM correspondiente a "grava bien graduada" y "grava con limo"

Si el suelo tiene más del 15% del peso retenido por el tamiz #4 ($R_{\#4} > 15\%$), hay una cantidad significativa de grava, y al sufijo "con grava" se le puede añadir el nombre del grupo, pero el símbolo del grupo no cambia. Por ejemplo, SP-SM con grava se refiere a "Arena pobremente graduada con limo y grava"

Si el suelo tiene entre un 5-12% de finos, pasantes del tamiz #200 se considera que ambas distribuciones de granos tienen un efecto significativo para las propiedades ingenieriles del material. Estaríamos hablando por ejemplo de gravas bien graduadas pero con limos. En esos casos se recomienda usar doble notación, por ejemplo: GW-GM correspondiente a "grava bien graduada" y "grava con limo"

Si el suelo tiene más del 15% del peso retenido por el tamiz #4 ($R_{\#4} > 15\%$), hay una cantidad significativa de grava, y al sufijo "con grava" se le puede añadir el nombre del grupo, pero el símbolo del grupo no cambia. Por ejemplo, SP-SM con grava se refiere a "Arena pobremente graduada con limo y grava"

El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla No 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

Se describirán a continuación los diferentes grupos referentes a suelos gruesos.

2.2.1.1. Suelos Gruesos

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo.

El significado es:

- Gravas y suelos en que predominan estas. Símbolo genérico, G (gravel).
- Arenas y suelos arenosos. Símbolo genérico S (sand).

Las gravas y las arenas se separan con la malla No 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla No 200) no pasa la malla No 4, y es del grupo genérico S, en caso contrario.

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos.

Grupos GW y SW. Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo W (well graded). Para cumplir con los requisitos de estos grupos se garantiza en la práctica especificando que el contenido de partículas finas no sea mayor de un 5% en peso.

La graduación se juzga por medio de los coeficientes de uniformidad y curvatura. Para considerar una grava bien graduada se exige que su coeficiente de uniformidad sea mayor que 4; mientras que el de curvatura debe estar comprendido entre 1 y 3. En el caso de las arenas bien graduadas, el coeficiente de uniformidad será mayor que 6, en tanto el de curvatura debe estar entre los mismos límites anteriores.

Grupos GP y SP. Material prácticamente limpio de finos, mal graduado. Símbolo P (poorly graded).

Son de apariencia uniforme o presentan predominio de un tamaño o de un margen de tamaños, faltando algunos intermedios; deben satisfacer los requisitos señalados, en lo referente al contenido de partículas finas (máximo 5%), pero no cumplen los requisitos de graduación indicados para su consideración como bien graduados.

Dentro de esos grupos están comprendidas las gravas uniformes, tales como las que se depositan en los lechos de los ríos, las arenas uniformes, de

médanos y playas y las mezclas de gravas y arenas finas, provenientes de estratos diferentes obtenidas durante un proceso de excavación.

Grupos GM y SM. Material con cantidad apreciable de finos no plásticos.

Símbolo M (del sueco mo y mjala).

En estos grupos el contenido de finos afecta las características de resistencia y esfuerzo – deformación y la capacidad de drenaje libre de la fracción gruesa; en la práctica se ha visto que esto ocurre para porcentajes de finos superiores a 12%, en peso, por lo que esa cantidad se toma como frontera inferior de dicho contenido de partículas finas. La plasticidad de los finos en estos grupos varía entre nula y media; es decir, es requisito que los límites de plasticidad localicen a la fracción que pase la malla No 40 abajo de la línea A o bien que su índice de plasticidad sea menor que 4.

Grupos GC y SC. Material con cantidad apreciable de finos plásticos.

Símbolo C (clay).

Como en el grupo anterior, el contenido de finos debe ser mayor que 12%, en peso, y por las mismas razones expuestas para los grupos GM y SM. Sin embargo, en estos casos, los finos son de media a alta plasticidad; es ahora requisito que los límites de plasticidad sitúen a la fracción que pasa la malla No 40 sobre la línea A, teniéndose además, la condición que el índice plástico sea mayor que 7.

A los suelos gruesos con contenido de finos comprendido entre 5% y 12%, en peso, el sistema unificado los considera casos de frontera, adjudicándoles un símbolo doble. Por ejemplo, un símbolo GP-GC indica una grava mal graduada, con un contenido entre 5% y 12% de finos plásticos (arcillosos).

Cuando un material no cae claramente dentro de un grupo, deberán usarse también símbolos dobles, correspondientes a casos de frontera. Por ejemplo, el símbolo GW-SW se usará para un material bien graduado, con menos de 5% de finos y formada su fracción gruesa por iguales proporciones de grava y arena.

2.2.1.2. Suelos Finos.

También en este caso el sistema considera a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, escogidas por un criterio similar al usado para los suelos gruesos y dando lugar a las siguientes divisiones:

- Limos inorgánicos, de símbolo genérico M (del sueco mo y mjala)
- Arcillas inorgánicas, de símbolo genérico C (clay)
- Limos y arcillas orgánicas, de símbolo genérico O (organic)

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdividen, según su límite líquido en dos grupos. Si éste es menor de 50%, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra L (low compressibility). Los suelos finos con límite líquido mayor de 50%, o sea los de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra H (high compressibility).

Los suelos altamente orgánicos, usualmente fibrosos, tales como turbas y suelos pantanosos, extremadamente compresibles, forman un grupo independiente de símbolo Pt (del inglés peat: turba).

Grupos CL y CH. El grupo CL comprende a la zona sobre la línea A de la carta de plasticidad, definida por $LL < 50\%$ e $IP > 7\%$, donde:

- LL: límite líquido

- IP: índice de plasticidad

El grupo CH corresponde a la zona arriba de la línea A, definida por $LL > 50\%$.

Grupos ML y MH. El grupo ML comprende la zona abajo de la línea A, definida por $LL < 50\%$ y la porción sobre la línea A con $IP < 4$. El grupo MH corresponde a la zona abajo de la línea A, definida por $LL > 50\%$.

En estos grupos quedan comprendidos los limos típicos inorgánicos y limos arcillosos, los tipos comunes de limos inorgánicos y limos arcillosos. Los tipos comunes de limos inorgánicos y polvo de roca, con $LL < 30\%$, se localizan en el grupo ML. Los depósitos eólicos, del tipo loess, con $25\% < LL < 35\%$ usualmente, caen también en este grupo.

Los suelos finos que caen sobre la línea A y con $4\% < IP < 7\%$ se consideran como casos de frontera, asignándoles el símbolo doble CL-ML.

Grupos OL y OH. Las zonas correspondientes a estos dos grupos son los mismos que la de los grupos ML y MH, respectivamente, si bien los orgánicos están siempre en lugares próximos a la línea A.

Una pequeña adición de materia orgánica coloidal hace que el límite líquido de una arcilla crezca sin apreciable cambio de su índice plástico; esto hace que el suelo se desplace hacia la derecha de plasticidad, pasando una posición más alejada de la línea A.

Grupos Pt. Las pruebas de límites pueden ejecutarse en la mayoría de suelos turbosos, después de un completo remoldeo. El límite líquido de estos suelos puede estar entre 300% y 500% , quedando su posición en la carta de plasticidad netamente abajo de la línea A; el índice plástico normalmente varía entre 100% y 200% .

2.2.2. Límite de Plasticidad

La plasticidad no es una propiedad permanente sino circunstancial y dependiente del contenido de agua. Una arcilla muy seca puede tener la consistencia de un ladrillo, con plasticidad nula, y esa misma arcilla, con gran cantidad de agua, puede presentar las propiedades de un lodo semilíquido o inclusive, las de una suspensión líquida.

Entre ambos extremos, existe un intervalo del contenido de agua en el que la arcilla se comporta plásticamente. La plasticidad de un suelo exige, para ser expresada en forma conveniente, la utilización de dos parámetros en lugar de uno solo.

Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico, puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definidos por Atterberg.

- Estado líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión.
- Estado semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
- Estado plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.
- Estado semisólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aun disminuye de volumen al estar sujeto a secado.
- Estado sólido, en el que el volumen del suelo no varía con el secado.

Los anteriores estados son fases generales por los que pasa el suelo al irse secando y no existen criterios exactos para distinguir sus fronteras. El establecimiento de estas ha de hacerse en forma puramente convencional.

Atterberg estableció las primeras convenciones para ello, bajo el nombre general de Límites de Consistencia.

La frontera convencional entre los estados semilíquido y plástico fue llamada por Atterberg Límite Líquido. Atterberg lo definió en términos de una técnica de laboratorio que consistía en colocar el suelo remoldeado en una cápsula, formando en él una ranura y en hacer cerrar la ranura golpeando secamente la cápsula contra una superficie dura; el suelo tenía el contenido de agua correspondiente al límite líquido, según Atterberg cuando los bordes inferiores de la ranura se tocaban, sin mezclarse, al cabo de un cierto número de golpes.

La frontera convencional entre los estados plástico y semisólido fue llamada por Atterberg Límite Plástico y también en términos de una manipulación de laboratorio. Atterberg rolaba un fragmento de suelo hasta convertirlo en un cilindro de espesor no especificado; el agrietamiento y desmoronamiento del rollito, en un cierto momento, indicaba que se había alcanzado el límite plástico y el contenido de agua en tal momento era la frontera deseada.

A las fronteras anteriores que definen el intervalo plástico del suelo se les ha llamado Límites de Plasticidad.

Atterberg consideraba que la plasticidad del suelo quedaba determinada por el límite líquido y por la cantidad máxima de una cierta arena, que podía ser agregada al suelo, estando este con el contenido de agua correspondiente al límite líquido, sin que perdiera por completo su plasticidad. Además, encontró que la diferencia entre los valores de los límites de plasticidad, llamada Índice Plástico, se relacionaba fácilmente con la cantidad de arena añadida, siendo de más fácil determinación, por lo que sugirió su uso, en lugar de la arena, como segundo parámetro para definir la plasticidad.

$$I_p = LL - LP$$

Dónde:

Ip: Índice de Plasticidad

LL: Límite Líquido

LP: Límite Plástico

Los elementos esenciales del sistema de clasificación fueron propuestos inicialmente por Arturo Casagrande (1942) y adoptados posteriormente por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos para la construcción de aeropuertos. Actualmente, este sistema se utiliza con modificaciones mínimas en la mayoría de los países fuera de los Estados Unidos. Dentro de los Estado Unidos el sistema es ampliamente utilizado por organizaciones tales como el Cuerpo de Ingenieros, la Oficina de Reclamos, y con pequeñas modificaciones por la mayoría de las firmas consultoras.

Los suelos se consideran de grano fino cuando más del 50% pasa en tamiz No 200, y son:

ML, OL o CL: si los límites líquidos son menores que 50%, M= Limo, O= Suelos Orgánicos, C= Arcilla.

MH, OH o CH: si los límites líquidos son superiores a 50%, H= Alta compresibilidad, L= Baja compresibilidad.

Para poder identificar un suelo fino entonces, es preciso realizar los ensayos de Límites de Plasticidad o Límites de Atterberg.

Los límites líquido y plástico se ejecutan sobre material correspondiente a la fracción menor del Tamiz No 40 de todos los suelos, incluyendo gravas, arenas y suelos finos. Estos límites se utilizan con la Carta de Plasticidad (Cuadro A de Casagrande) para determinar el prefijo M, O ó C, dependiendo

de la localización de las coordenadas de plasticidad del suelo dentro de la carta.

Una descripción visual del suelo debe siempre incluirse conjuntamente con el símbolo unificado para complementar la clasificación.

2.2.3. Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, además describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 μm (No.200).

2.2.3.1. Equipos para análisis granulométrico

- Dos balanzas. Una con sensibilidad de 0.01 g para pesar material que pase el tamiz de 2 mm (No.10). Otra con sensibilidad 0.1 % del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 2 mm (No.10).
- Tamices de malla cuadrada : 75 mm (3"), 50 mm (2"), 37.5 mm(1-1/2"), 25 mm (1"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4), 2.00 mm (No.10) 850 μm (No.20), 425 μm (No.40), 250 μm (No.60), 106 μm (No.140) y 75 μm (No.200). Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes: 75 mm (3"), 37.5 mm (1-1/2"), 19.0 mm (3/4"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4), 2.36 mm (No.8), 1.10 mm (No.16), 600 μm (No.30), 300 μm (No.50), 150 μm (No.100), 75 μm (No.200).

- Horno, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$).
- Envases, adecuados para el manejo y secado de las muestras.
- Cepillo y brocha, para limpiar las mallas de los tamices.

2.2.3.2. La muestra en el análisis granulométrico

Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices, se puede efectuar sin previo lavado.

Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico Norma INV E-106, la cual estará constituida por dos fracciones: Una retenida sobre el tamiz de 2 mm (No.10) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayarán por separado.

El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en la Norma INV E-106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:

- Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 2 mm (No.10) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla No.1.

Tabla 1: Tamaño máximo de partículas vs peso mínimo de partículas

Díámetro Nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción Gramos, g
9.5 (3/8")	500
19.0 (3/4")	1000
25.0 (1")	2000
37.5 (1 1/2")	3000
50.0 (2")	4000
75.0 (3")	5000

- El tamaño de la porción que pasa tamiz de 2 mm (No.10) será aproximadamente de 115 g, para suelos arenosos, y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

2.2.4. Sistema de clasificación AASHTO

El sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) (Designación ASTM D-3282; método AASHTO M145) es uno de los primeros sistemas de clasificación de suelos, desarrollado por Terzaghi y Hogentogler en 1928. Este sistema pasó por varias revisiones y actualmente es usado para propósitos ingenieriles enfocados más en el campo de las carreteras como la construcción de los terraplenes, subrasantes, subbases y bases de las carreteras. Sin embargo es necesario recordar que un suelo que es bueno para el uso de subrasantes de carreteras puede ser muy pobre para otros propósitos.

Este sistema de clasificación está basado en los resultados de la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño de partículas, el límite líquido y el límite plástico.

La evaluación de los suelos dentro de cada grupo se realiza por medio de un índice de grupo, que es un valor calculado a partir de una ecuación empírica. El comportamiento geotécnico de un suelo varía inversamente con su índice de grupo, es decir que un suelo con índice de grupo igual a cero indica que

es material “bueno” para la construcción de carreteras, y un índice de grupo igual a 20 o mayor, indica un material “muy malo” para la construcción de carreteras.

Los suelos clasificados dentro los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares de los cuales 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz N° 200. Los suelos que tienen más del 35% de partículas que pasan a través del tamiz N° 200 se clasifican dentro de los grupos de material fino A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos suelos son principalmente limo y materiales de tipo arcilla.

El sistema de clasificación AASHTO presenta las siguientes características:

- Características del sistema de clasificación AASHTO (ASTM D-3282).
- Procedimiento de clasificación AASHTO
- Cálculo del índice de grupo

2.2.4.1. Características del sistema de clasificación AASHTO (ASTM D-3282).

Clasifica a los suelos en tres principales categorías:

- Suelos granulares. Son suelos cuyo porcentaje que pasa el tamiz N° 200 es menor o igual al 35% del total de la muestra. Estos suelos constituyen los grupos A-1, A-2 y A-3.
- Suelos limo-arcilla o material fino. Son suelos cuyo porcentaje que pasa el tamiz N° 200 es mayor al 35% del total de la muestra. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.
- Suelos orgánicos. Son los suelos que están constituidos principalmente por materia orgánica. Este tipo de suelos constituye el grupo A-8.

Adopta el siguiente rango de tamaño de partículas:

- Cantos rodados. Son fragmentos de roca, usualmente redondeados por abrasión, que son retenidos en el tamiz de 3" (75 mm).
- Grava. Es la fracción que pasa el tamiz de 3" (75 mm) y es retenido en el tamiz N° 10 (2 mm).
- Arena. Es la fracción que pasa el tamiz N° 10 (2 mm) y es retenido en el tamiz N° 200 (0.075 mm).
- El limo y la arcilla. Son partículas que pasan el tamiz N° 200 (0.075 mm).

Establece un rango del índice de plasticidad que diferencia a los suelos limosos de los suelos arcillosos.

- El término limoso es aplicado a la fracción fina del suelo que tiene un índice de plasticidad de 10 o menos.
- El término arcilloso es aplicado cuando la fracción fina tiene un índice de plasticidad de 11 o más.

Considera solo la porción de suelo que pasa a través del tamiz de 75 mm. Si existieran partículas mayores (guijarros y cantos rodados), estas son excluidas de la muestra de suelo que será clasificado, sin embargo, el porcentaje de ese material debe ser medido y anotado junto con el resultado de la clasificación.

2.2.4.2. Procedimiento de Clasificación AASHTO

- Clasificar el suelo en un grupo o subgrupo, apropiado, o en ambos, de acuerdo con las Tablas 2.7(a) y 2.7(b), a partir de los resultados de los ensayos determinados. Para saber que tabla usar, se necesita conocer, que porcentaje de suelo de la muestra pasa a través del tamiz N° 200, en la parte superior de cada tabla se especifica un porcentaje, que es un requisito que debe cumplir la muestra de suelo para poder utilizar la tabla.

- Una vez elegida la tabla correcta se deben aplicar los datos de los ensayos requeridos de izquierda a derecha mediante un proceso de eliminación, el primer grupo en que los datos se ajusten adecuadamente es la clasificación correcta. Debido a esto es que en la Tabla 2.7(a), el grupo A-3 va primero que el A-2, esto no quiere decir que el grupo A-3 sea mejor que el A-2.
- La siguiente figura es una forma más fácil y rápida de clasificar aproximadamente los materiales limo-arcillas, en base a los valores de LL y de IP. Todos los valores de los límites de consistencia se presentan como números enteros. Si aparecen números fraccionarios en los informes del ensayo, aproxímelos al número entero más próximo para utilizarlo en la clasificación.

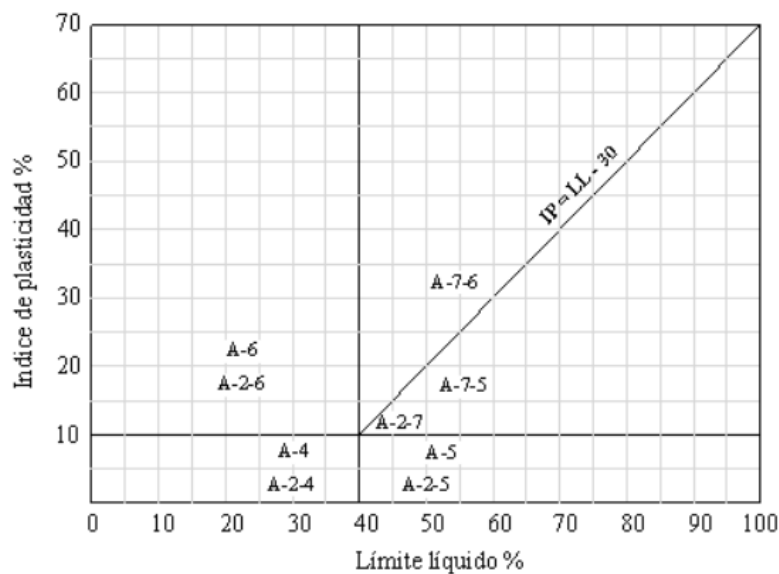


Ilustración 1: Relación Límite líquido, índice de plasticidad

Ilustración anterior: Variación del límite líquido e índice de plasticidad para los suelos de los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7 (Norma ASTM, 2003).

- En la Figura se muestra el gráfico del rango de límite líquido y el índice de plasticidad para suelos que caen dentro de los grupos A-2, A-4, A-5,

A-6 y A-7, esto da una aproximación importante para clasificar el suelo.

No hay que olvidar que el Suelo A-2 contiene menos del 35% de finos que pasan por el tamiz N° 200, es decir que esta tabla no es solo para material fino.

2.2.4.3. ¿Qué es una calicata?

La calicata permite la inspección visual del contenido de humedad de suelo en la zona de raíces del cultivo, lo que entrega una idea de la disponibilidad de agua para las plantas y con ello decidir cuándo y cuánto regar, permite ver grado de compactación del terreno, profundidad del suelo, presencia o no de capas impermeables, ver estructura y textura, y al tomar muestra de cada horizonte del suelo, y enviarlas a un laboratorio, permite recopilar información química acerca de ese suelo. Es un ejercicio de vital importancia que se debe realizar antes de sembrar o plantar por primera vez en un terreno, en zonas representativas del mismo; así mismo, las calicatas se deben realizar anualmente para ver la evolución del perfil suelo.

Las muestras de suelo pueden obtenerse de dos formas, de acuerdo con el tipo de ensayo que se va a realizar. Estas son:

- Muestras alteradas, que no reflejan exactamente como se encontraba el suelo en su estado natural antes del muestreo;
- Muestras no alteradas, que reflejan exactamente como se encontraba el suelo en su estado natural antes del muestreo.

Las muestras alteradas se utilizan para los ensayos más sencillos y en particular para los que usted mismo realizará en el terreno. Las muestras no alteradas son necesarias para los ensayos más complejos que es menester efectuar en el laboratorio para obtener análisis físicos y químicos más

pormenorizados. Las muestras no alteradas es preciso tomarlas con mayor cuidado, ya que deben reflejar exactamente la naturaleza del suelo. Para que un estudio de los suelos del sitio sea completo, se necesitará muestras alteradas y no alteradas.

2.2.4.4. ¿A qué profundidad debe tomarse las muestras de suelo?

Las muestras de suelo para la acuicultura normalmente se toman a una profundidad de 2 metros, de modo que debe examinarse cada horizonte del suelo hasta esa profundidad. Si la capa freática se encuentra a menos de 2 metros de profundidad, las muestras de suelo siempre se deben tomar a la mayor profundidad posible.

2.2.4.5. ¿Qué precauciones debe observarse al tomar las muestras de suelo?

- Realice un muestreo de todos los horizontes del suelo de más de 10 cm de espesor; todas las muestras deben representar los horizontes naturales o estratificaciones del suelo; las muestras no deben tomarse a profundidades arbitrarias.
- Si tiene que examinar y comparar las muestras de suelo, al tomarlas, agrúpelas cuidadosamente en pilas separadas para evitar que se mezclen muestras diferentes y coloque las pilas sobre láminas de material plástico u hojas de periódico, para que no se mezclen con materias tales como hojas, estiércol o grava que puedan encontrarse en el terreno.
- Si no tiene intención de examinar y comparar las muestras de suelo cuando las tome, colóquelas inmediatamente en bolsas resistentes de material plástico o de lona con revestimiento plástico; ate todas las bolsas fuertemente.

- Marque todas las bolsas de muestras de manera cuidadosa y pormenorizada; escriba claramente en el rótulo el número de identificación del lugar donde se tomó la muestra, los límites superior e inferior del horizonte muestreado, y la fecha.

2.2.4.6. Muestras de suelo para el análisis químico

- Cada muestra que se tome con miras al análisis químico debe pesar aproximadamente un kilogramo, excepto cuando se trate de suelos gravosos; en ese caso la muestra debe ser lo suficientemente grande como para contener al menos 100 gramos de tierra fina (partículas de menos de 2 mm de diámetro);
- Extraiga las piedras y cualquier fragmento grande de materia orgánica como hojas y raíces de las muestras de superficie;
- Evite que se mezclen las muestras de diferentes horizontes;
- Para obtener muestras de un perfil de suelo en una calicata, siga las indicaciones que figuran en la Sección 2.2.

2.2.4.7. ¿Qué hacer con sus muestras de suelo?

- Usted mismo puede realizar ensayos sencillos en el terreno. Esto se hace en el sitio del muestreo del modo que se describe más adelante en este manual;
- Puede tomar las muestras de suelo y llevarlas a un laboratorio especializado en la materia para efectuar análisis físicos y químicos más minuciosos; esos laboratorios existen en algunas universidades (en las facultades de ciencias agrícolas o en los departamentos de ingeniería civil, por ejemplo) en los órganos de la administración pública que se ocupan de la agricultura, la silvicultura o las obras públicas.

2.2.4.8. Métodos de muestreo de suelos

Las muestras de suelo pueden tomarse siguiendo tres métodos que requieren excavar, taladrar o perforar huecos en el lugar donde usted ha decidido tomar muestras de distintas profundidades. Estos son:

2.2.4.9. Método de la calicata

La calicata es el único medio disponible que realmente permite ver y examinar un perfil de suelo en su estado natural. Puede excavar a mano o con equipos especiales, como una excavadora de zanjas. De ser necesario, podrá obtener muestras no alteradas de horizontes seleccionados de una calicata.

2.2.4.10. Los pasos fundamentales que se deben seguir al excavar una calicata son:

- Excave una calicata con paredes muy rectas de 0,80 x 1,50 m y 2 m de profundidad, o, si ésta es menor, hasta alcanzar la roca madre; la parte superior de la calicata deberá ser lo suficientemente amplia como para que pueda ver el fondo fácilmente (en la ilustración se indica cómo hacerlo);
- Si ha seleccionado un sitio con suelo aluvial, es posible que encuentre aguas subterráneas antes de alcanzar los 2 metros. Si encuentra agua, será imposible seguir excavando, pero tome muestras del suelo del fondo de la calicata a la mayor profundidad posible;
- Cuando haya terminado de excavar, examine cuidadosamente una de las paredes bien expuestas de la calicata para determinar los distintos horizontes del suelo: esto se denomina perfil del suelo y debe examinarse nada más acabar de excavar. Haga un dibujo del perfil del suelo de cada

calicata que excave y mida y anote las profundidades de cada horizonte.

Anote cuidadosamente en su dibujo el lugar en que tomó cada muestra.

Ahora está listo para comenzar a tomar las muestras de suelo alterado o no alterado que necesita, o bien para las pruebas de campo o bien para los análisis de laboratorio. Para obtener muestras para análisis químicos, haga lo siguiente:

- Limpie cuidadosamente todo el perfil vertical;
- Tome muestras de cada horizonte de abajo hacia arriba; comience por el horizonte inferior y continúe hacia arriba;
- Para el muestreo de los horizontes superiores, que quizás fueron alterados al excavar la calicata, busque una zona no alterada que esté lo más cerca posible de la calicata, excave un hueco poco profundo y tome la muestra en él.

2.2.4.11. Método de la barrena de sondeo

El método de la barrena de sondeo es un modo para obtener muestras de suelo de distintas profundidades mediante la perforación, sin tener que excavar una calicata. Con este método se puede tomar una serie continua de muestras de suelo y así juntar un testigo de perforación* que muestre los horizontes del suelo. El método de la barrena de sondeo es barato y rápido; le permite revisar el suelo en varios lugares de su terreno, aunque sólo proporciona muestras alteradas. La barrena de sondeo puede utilizarse en la mayoría de los suelos que cubren la capa freática y en los suelos cohesivos que están debajo de ésta. Si no posee una barrena de sondeo, quizás puedan prestársela en una estación agrícola o en una granja experimental cercana.

2.2.4.12. Dos tipos comunes de barrena de sondeo

Existen muchos tipos de barrenas de sondeo, pero los más corrientes son la barrena hueca y la barrena helicoidal.

La barrena hueca corriente es un cilindro de metal de unos 16 cm de longitud y de 8 a 10 cm de diámetro. Tiene un filo cortante en el borde inferior, que le permite atravesar fácilmente casi todos los suelos. La mayoría de las barrenas huecas están dotadas de un barreno y una empuñadura que le permiten tomar muestras a mayores profundidades, a menudo hasta 1,1 m. Las muestras que se toman con barrena hueca se alteran algo, pero son aceptables para la mayor parte de los fines del muestreo y brindan una muestra suficientemente amplia para otros análisis de laboratorio. La barrena hueca con un diámetro de 10 cm es adecuada, en especial, para las pruebas de permeabilidad local.

Algunas de las limitaciones de la barrena hueca son:

- Es menos eficiente en los suelos que contengan mucha arena y grava;
- Es difícil de utilizar en los suelos arcillosos;
- La profundidad del muestreo se limita a poco más de un metro a lo sumo.

La barrena helicoidal es una espiral metálica de unos 30 cm de longitud y de 3,5 a 4 cm de diámetro. La barrena helicoidal está dotada de varios barrenos, por lo general de 30 cm de longitud, que pueden ensamblarse uno a uno para tomar muestras a mayores profundidades. Algunas de las limitaciones de la barrena helicoidal son:

- Las muestras de suelo se alteran severamente;

- No es eficaz en suelos que contengan mucha arena y grava;
- Es difícil de usar en arcilla dura.

2.2.4.13. Pasos fundamentales que debe seguir para tornar muestras con una barrena de sondeo:

- Introduzca la barrena en el suelo hasta una profundidad de 10 a 15 cm
- Extraiga la barrena cuidadosamente para mantener el suelo en su lugar, tal como estaba en el terreno, y coloque la muestra en una lámina de material plástico o una hoja de periódico.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Arcilla

Es una roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados procedentes de la descomposición de rocas que contiene feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura.

2.3.2. Plasticidad en suelos

La plasticidad es, en este sentido, una propiedad tan evidente que ha servido para clasificar suelos en forma puramente descriptiva. Al tratar de definir en términos simples la plasticidad de un suelo, no resulta suficiente decir que un suelo plástico puede deformarse y remodelarse sin agrietamiento.

2.3.3. Sub –base

Esta norma contiene los requisitos de requisitos de calidad que cumplirán los materiales que se utilicen en la construcción de la capa de subbase para los

pavimentos. Son materiales granulados, que se colocan normalmente sobre la subrasante, para formar una capa de apoyo para la base pavimentos.

2.3.4. Pavimentos regidos

Pavimento rígido es el que se ejecuta teniendo como material fundamental el hormigón, bien sea en la base o en toda su estructura. Estos pavimentos se clasifican de acuerdo al tipo de hormigón que se emplee.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora las características del suelo para usar en sub – base para pavimentos rígidos

2.4.2. Hipótesis Específicas

III. Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora la plasticidad del suelo para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos.

IV. Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora la granulometría del suelo para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos.

V. Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora la densidad máxima del suelo para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

Factor que influyen en la clasificación de suelos

- a) Plasticidad
- b) Granulometría
- c) Densidad máxima

2.5.2. Variable dependiente

La variable dependiente es: Asentamiento

Dimensiones

- a) Resultados Alcanzados
- b) Recursos Utilizado

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Factor que influyen en la clasificación de suelos <ul style="list-style-type: none"> a) Plasticidad b) Granulometría c) Densidad máxima ➤ Asentamiento <ul style="list-style-type: none"> <u>Dimensiones</u> <ul style="list-style-type: none"> a) Resultados Alcanzados b) Recursos Utilizados 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizado de la combinación de agregados en porcentajes. • Análisis de cada una de los agregados. • Comparación de los resultados a través de cuadros estadísticos. • Análisis y confirmación del resultado óptimo de porcentaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mallas estándar • Balanza de 2 kilogramos de capacidad • Horno de secado • Cepillo para mallas • Partidor de muestras • Cucharón metálico • Pala de punta cuadrada • Sacudidor de muestra.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada porque se enfoca en dar solución a un problema existente, para este caso es determinar si podemos mejorar el suelo incrementando porcentajes de arcilla, así podemos mejorar la plasticidad para el uso en sub bases en proyectos de pavimentos.

Es una investigación descriptiva de enfoque mixto. Descriptiva porque describe la situación actual de las características del suelo sin incrementar arcilla. Mixto porque junta tipos de investigación, cualitativa que considera las recomendaciones para la combinación de agregados.

3.2. Métodos de investigación

Cuantitativo-Cualitativo de datos estadístico.

3.3. Diseño de la investigación

Diseño de Investigación descriptivo:

En un diseño de investigación descriptivo, nuestra investigación sólo está interesado en describir la situación o caso bajo su estudio de investigación. Es un

diseño de investigación basado en la teoría que se crea mediante la recopilación, análisis y presentación de los datos recopilados (estudio de suelos). Al implementar un diseño de investigación en profundidad como este, un investigador puede proporcionar información sobre el porqué y el cómo de la investigación.

3.4. Población y muestra

Población: Proyectos de construcción de pavimentos

Muestra: Proyecto de ejecución de pavimentos de la comunidad campesina de Cochamarca.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Análisis Documental

Mediante esta técnica se han recortado datos de fuentes secundarias: Libros, boletines, revistas, folletos, y periódicos, dichos datos fueron las fórmulas para determinar los asentamientos, datos como el módulo de elasticidad y otros.

3.5.2. Observación De Campo No Experimental

Se ha utilizado este tipo de recolección con la finalidad de profundizar en el conocimiento del comportamiento del suelo cuando realizamos la combinación de agregados.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

De acuerdo al análisis y estudio de suelos de la Cantera Oxapampa ubicado en la localidad de ninacaca se observa los siguientes resultados.

- | | |
|---------------------------------------|--------|
| 2. Limite Líquido (ASTM D-423) | : 12 % |
| 3. Índice Plástico (ASTM D-424) | : 1 % |
| 4. Equivalente de Arena (ASTM D-2419) | : 5 % |

- 5. Abrasión Los Ángeles (ASTM C-131) : 48 %
- 6. Durabilidad (ASTM C-88) : 18 %
- 7. Partículas chatas y alargadas (ASTM D-693) : 20 %
- 8. Valor relativo de soporte, C.B.R. 2 días inmersión en agua (ASTM D-1883)
92%
- 9. Densidad Maxima : 2.24

Tabla 2: Granulometría de Suelo Oxapampa

Nº DE MALLA	% que pasa
2"	100
1 1/2"	94
1"	75
3/4"	69
3/8"	49
Nº 4	30
Nº 10	20
Nº 30	10
Nº 40	9
Nº 80	2
Nº 200	1

Como se evidencia el suelo no cumple con lo solicitado en las especificaciones técnicas ni con lo que indica en las normas de suelos, siendo:

- 10. Limite Líquido (ASTM D-423) : Máximo 25%
- 11. Índice Plástico (ASTM D-424) : Máximo 6%
- 12. Equivalente de Arena (ASTM D-2419) : Máximo 1%
- 13. Abrasión Los Ángeles (ASTM C-131) : Máximo 40%
- 14. Durabilidad (ASTM C-88) : Máximo 12%
- 15. Granulometría

Nº DE MALLA	PORCENTAJE QUE PASA			TOLERANCIA
	GRADACION A	GRADACION B	GRADACION C	
	100	100	100	-2

1 1/2"	90 – 100	90 – 100	95 – 100	+/- 5
1"	80 – 95	80 – 95	80 – 95	+/- 5
3/4"	70 – 85	70 – 85	70 – 92	+/- 8
3/8"	40 – 75	40 – 70	50 – 70	+/- 8
Nº 4	30 – 60	25 – 55	35 – 55	+/- 8
Nº 10	20 – 45	15 – 40	25 – 42	+/- 8
Nº 30	16 – 33	10 – 25	12 – 25	+/- 5
0Nº 40	15 – 30	8 – 20	10 – 22	+/- 5
Nº 80	10 – 22	5 – 15	4 – 14	+/- 5
Nº 200	5 – 15	8 – 2	0 – 8	+/- 3

16. Partículas chatas y alargadas (ASTM D-693) Máximo 20%

17. Valor relativo de soporte, C.B.R. 2 días inmersión en agua (ASTM D-1883)95% MDS Mínimo 8%, Sales solubles totales Máximo 1%

Considerando que en la misma cantera cuenta con material de arcilla pura, donde se realizó su análisis granulométrico con el siguiente resultado:

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
3"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	100.0
3/4"	100.0
1/2"	100.0
3/8"	100.0
Nº 4	100.0
Nº 8	99.8
Nº 10	99.7
Nº 16	99.1
Nº 20	98.6
Nº 30	98.0
Nº 40	97.3
Nº 50	96.6
Nº 80	95.8
Nº 100	95.4
Nº 200	94.4
< Nº 200	0.0

Donde se evidencia claramente que la materia de las partículas es fina y tienen una gran cantidad de arcilla, en tal sentido procede a la combinación de agregados para cumplir con lo requerido en el expediente técnico.

3.6.1. Análisis Granulométrico

A. Incrementando Suelo con Arcilla a 1%

Se ha realizado la combinación de agregados con 1% del peso total del suelo de baja plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 3: Suelo con incremento de arcilla al 1%

Nº DE MALLA	%
2"	100
1 1/2"	94
1"	75
3/4"	69
3/8"	49
Nº 4	30
Nº 10	20
Nº 30	10
Nº 40	9
Nº 80	3
Nº 200	1

B. Incrementando Suelo con Arcilla a 2%

Se ha realizado la combinación de agregados con 2% del peso total del suelo de baja plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 4: Suelo con incremento de arcilla al 2%

Nº DE MALLA	%
2"	100
1 1/2"	94
1"	75
3/4"	69
3/8"	49
Nº 4	30
Nº 10	20
Nº 30	10
Nº 40	9
Nº 80	3
Nº 200	2

C. Incrementando Suelo con Arcilla a 3%

Se ha realizado la combinación de agregados con 3% del peso total del suelo de baja plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 5: Suelo con incremento de arcilla al 3%

N° DE MALLA	%
2"	100
1 1/2"	94
1"	75
3/4"	69
3/8"	49
N° 4	30
N° 10	20
N° 30	10
N° 40	9
N° 80	3
N° 200	2

D. Incrementando Suelo con Arcilla a 4%

Se ha realizado la combinación de agregados con 4% del peso total del suelo de baja plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 6: Suelo con incremento de arcilla al 4%

N° DE MALLA	%
2"	100
1 1/2"	94
1"	75
3/4"	69
3/8"	49
N° 4	30
N° 10	20
N° 30	10
N° 40	9
N° 80	3
N° 200	2

E. Incrementando Suelo con Arcilla al 5%

Se ha realizado la combinación de agregados con 5% del peso total del suelo de baja plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 7: Suelo con incremento de arcilla al 5%

N° DE MALLA	%
2"	100
1 1/2"	94
1"	75
3/4"	69

3/8"	49
N° 4	30
N° 10	20
N° 30	10
N° 40	9
N° 80	3
N° 200	2

F. Incrementando Suelo con Arcilla al 6%

Se ha realizado la combinación de agregados con 6% del peso total del suelo de baja plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 8: Suelo con incremento de arcilla al 6%

N° DE MALLA	%
2"	100
1 1/2"	96
1"	80
3/4"	70
3/8"	51
N° 4	34
N° 10	26
N° 30	12
N° 40	9
N° 80	5
N° 200	4

G. Incrementando Suelo con Arcilla al 7%

Se ha realizado la combinación de agregados con 7% del peso total del suelo de baja plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 9: Suelo con incremento de arcilla al 7%

N° DE MALLA	%
2"	100
1 1/2"	96
1"	80
3/4"	70

3/8"	51
Nº 4	34
Nº 10	26
Nº 30	13
Nº 40	10
Nº 80	6
Nº 200	4

H. Incrementando Suelo con Arcilla al 8%

Se ha realizado la combinación de agregados con 8% del peso total del suelo de baja plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 10: Suelo con incremento de arcilla al 8%

Nº DE MALLA	%
2"	100
1 1/2"	96
1"	80
3/4"	70
3/8"	51
Nº 4	34
Nº 10	27
Nº 30	14
Nº 40	11
Nº 80	7
Nº 200	4

I. Incrementando Suelo con Arcilla al 9%

Se ha realizado la combinación de agregados con 9% del peso total del suelo de baja plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 11: Suelo con incremento de arcilla al 9%.

Nº DE MALLA	%
2"	100
1 1/2"	96
1"	80

3/4"	70
3/8"	51
Nº 4	34
Nº 10	28
Nº 30	15
Nº 40	12
Nº 80	7
Nº 200	5

J. Incrementando Suelo con Arcilla al 10%

Se ha realizado la combinación de agregados con 10% del peso total del suelo de baja plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 12: Suelo con incremento de arcilla al 10%

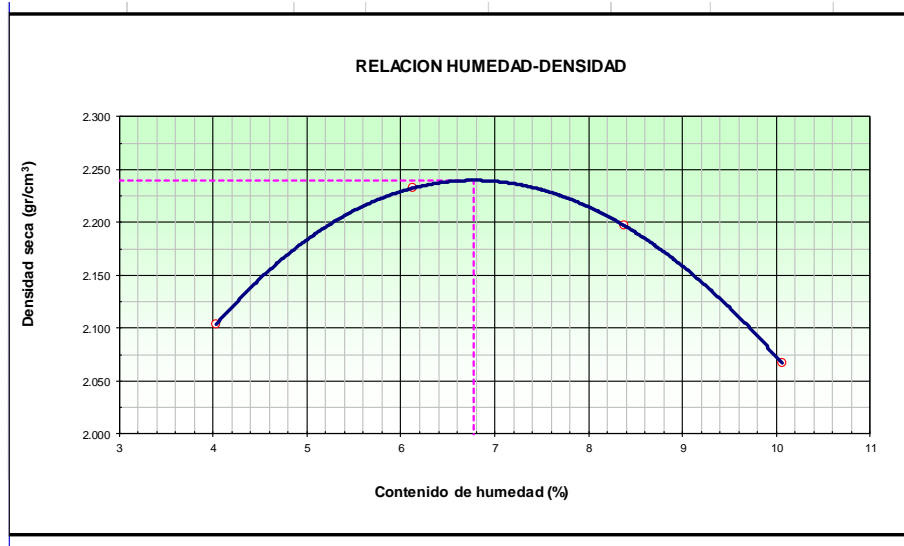
Nº DE MALLA	%
2"	100
11/2"	96
1"	80
3/4"	70
3/8"	51
Nº 4	34
Nº 10	28
Nº 30	15
Nº 40	12
Nº 80	7
Nº 200	6

3.6.2. Análisis del Ensayo Proctor Estándar

A. Incremento suelo con arcilla al 1%

Tabla 13: Proctor estándar para suelos con 1 % de incremento de arcilla

Peso suelo + molde	gr	11302	11687	11712	11486	
Peso molde	gr	6657.00	6657.00	6657.00	6657.00	
Peso suelo húmedo compactado	1566	4645.00	5030.00	5055.00	4829.00	
Volumen del molde	825	2123.00	2123.00	2123.00	2123.00	
Peso volumétrico húmedo	1066	2.19	2.37	2.38	2.27	
Recipiente Nº	899					
Peso del suelo húmedo+tara	1212	632.0	686.0	692.0	598.0	
Peso del suelo seco + tara	987	607.5	646.4	638.5	543.3	
Tara	1598	0.00	0.00	0.00	0.00	
Peso de agua	gr	24.48	39.62	53.51	54.66	
Peso del suelo seco	302	607.52	646.38	638.49	543.34	
Contenido de agua	%	4.03	6.13	8.38	10.06	
Peso volumétrico seco	gr/cm3	2.103	2.232	2.197	2.067	
				Densidad máxima (gr/cm		2.240
	441			Humedad óptima (%)		6.8



Como se evidencia para el primer incremento de arcilla con 1% de arcilla, la densidad máxima resulta a 2.24 gr/cm² con una humedad óptima de 6.8%, se realizado en campo la verificación de la densidad mediante el ensayo de cono obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 14: Cálculo de Densidad in situ

Peso del frasco + arena	G	8092
Peso del frasco + arena que queda	G	2723
Peso de arena empleada	G	5369
Peso de arena en el cono	G	1815
Peso de arena en la excavación	G	3554
Densidad de la arena	g/cm ³	1.48
Volumen del material extraído	cm ³	2401
Peso del recipiente + suelo + grava	G	5921
Peso del recipiente	G	205
Peso del suelo + grava	G	5716
Peso retenido en la malla 3/4"	G	1320
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.60
Volumen de la grava	cm ³	508
Peso de finos	G	4396
Volumen de finos	cm ³	1894
Densidad Húmeda	g/cm ³	2.321
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Peso recipiente + suelo húmedo	G	700
Peso recipiente + suelo seco	G	620
Peso de agua	G	80
Peso de recipiente	G	SPEEDY

Peso de suelo seco	G	620
Contenido de humedad	%	7.5
RESULTADOS		
Densidad húmeda	g/cm ³	2.32
Contenido de humedad	%	7.5
Densidad seca	g/cm ³	2.16
Máxima densidad seca	g/cm ³	2.240
Óptimo contenido de humedad	%	6.8
Grado de compactación	%	96.4

En las especificaciones técnicas del proyecto es necesario que el porcentaje o grado de compactación supere el 100%, esto depende de la acción mecánica que sufre el suelo al momento de la compactación, pero a medida que se incremente la plasticidad, la trabajabilidad del agregado será mejor con la ayuda de la humedad óptima.

B. Incremento suelo con arcilla al 2%

Tabla 15: Resultados de Densidad al 2% de incremento de arcilla

Densidad Máxima	2.235 gr/cm ³
Humedad Optima	6.9 %
Grado de Compactación en Campo, con el mismo número de pasada de compactación (Rodillo 2 tn)	96.8 %

C. Incremento suelo con arcilla al 3%

Tabla 16: Resultados de Densidad al 3% de incremento de arcilla

Densidad Máxima	2.230 gr/cm ³
Humedad Optima	6.9 %
Grado de Compactación en Campo, con el mismo número de pasada de compactación (Rodillo 2 tn)	97.1 %

D. Incremento suelo con arcilla al 4%

Tabla 17: Resultados de Densidad al 4% de incremento de arcilla

Densidad Máxima	2.229 gr/cm ³
Humedad Optima	6.9 %
Grado de Compactación en Campo, con el mismo número de pasada de compactación (Rodillo 2 tn)	97.3 %

E. Incremento suelo con arcilla al 5%

Tabla 18: Resultados de Densidad al 5% de incremento de arcilla

Densidad Máxima	2.225 gr/cm ³
Humedad Optima	7.1 %
Grado de Compactación en Campo, con el mismo número de pasada de compactación (Rodillo 2 tn)	98.1 %

F. Incremento suelo con arcilla al 6%

Tabla 19: Resultados de Densidad al 6% de incremento de arcilla

Densidad Máxima	2.215 gr/cm ³
Humedad Optima	7.2 %
Grado de Compactación en Campo, con el mismo número de pasada de compactación (Rodillo 2 tn)	98.6 %

G. Incremento suelo con arcilla al 7%

Tabla 20: Resultados de Densidad al 7% de incremento de arcilla

Densidad Máxima	2.209 gr/cm ³
Humedad Optima	7.3 %
Grado de Compactación en Campo, con el mismo número de pasada de compactación (Rodillo 2 tn)	99.1 %

H. Incremento suelo con arcilla al 8%

Tabla 21: Resultados de Densidad al 8% de incremento de arcilla

Densidad Máxima	2.204 gr/cm ³
Humedad Optima	7.3 %
Grado de Compactación en Campo, con el mismo número de pasada de compactación (Rodillo 2 tn)	100.2 %

I. Incremento suelo con arcilla al 9%

Tabla 22: Resultados de Densidad al 9% de incremento de arcilla

Densidad Máxima	2.201 gr/cm ³
Humedad Optima	7.3 %
Grado de Compactación en Campo, con el mismo número de pasada de compactación (Rodillo 2 tn)	100.8 %

J. Incremento suelo con arcilla al 10%

Tabla 23: Resultados de Densidad al 10% de incremento de arcilla

Densidad Máxima	2.195 gr/cm ³
Humedad Optima	7.4 %
Grado de Compactación en Campo, con el mismo número de pasada de compactación (Rodillo 2 tn)	101.5 %

3.7. Tratamiento estadístico

En el ítem 3.6 se encuentra el desarrollo del tratamiento estadístico para analizar, interpretar los datos del trabajo paso a paso y los resultados que se han tenido de acuerdo a cada una de los incrementos de arcilla que se ha dado de forma proporcional.

Para poder obtener cada uno de los resultados se realizaron dos tipos de análisis que son:

- Análisis Granulométrico
- Análisis del Ensayo Proctor Estándar

La realización de los análisis fue con el objeto de poder verificar el porcentaje óptimo para poder llegar al rendimiento efectivo y a su vez que se puedan mejorar las características del suelo, dentro de las pruebas que se realizaron a base del incremento de arcilla se pudo llegar a un resultado donde el óptimo porcentaje de incremento es de 10%. Los cuadros que continuación se muestran es de los dos tipos de análisis que se realizaron.

✓ Análisis Granulométrico

Tabla 24: Resultados de Densidad al 10%
de incremento de arcilla

Densidad Máxima	2.195 gr/cm ³
Humedad Optima	7.4 %
Grado de Compactación en Campo, con el mismo número de pasada de compactación (Rodillo 2 tn)	101.5 %

✓ Análisis del Ensayo Proctor Estándar

Tabla 25: Suelo con incremento de arcilla al 10%

Nº DE MALLA	%
2"	100
1 1/2"	96
1"	80
3/4"	70
3/8"	51
Nº 4	34
Nº 10	28
Nº 30	15
Nº 40	12
Nº 80	7
Nº 200	6

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Para el presente trabajo de investigación hemos utilizado varios instrumentos y equipos de investigación, dichos equipos sirvieron para realizar una prueba que consiste en hacer pasar la muestra a través de dichas mallas y se determina el porcentaje de material que se retiene en cada una, de esta manera las respuestas han sido procesadas, sistematizadas y mostradas a partir de gráficos, análisis e interpretación de los datos.

3.9. Orientación ética

Gracias al presente trabajo de investigación se puede mejorar las canteras aledañas a la región de Pasco, para de esa manera ejemplarlas en los trabajos de pavimento rígido y garantizar que estas cumplan con los parámetros de calidad y de conservación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El análisis granulométrico de la arena tiene por objeto determinar las cantidades en que están presentes partículas de ciertos tamaños en el material.

La distribución de los tamaños de las partículas se realiza mediante el empleo de mallas de aberturas cuadradas, de los tamaños siguientes:

3/8", Números 4, 8, 16, 30, 50 y 100 respectivamente.

La prueba consiste en hacer pasar la muestra a través de dichas mallas y se determina el porcentaje de material que se retiene en cada una.

Los resultados de la prueba se grafican junto con los límites que especifican los porcentajes aceptables para cada tamaño, a fin de verificar si la distribución de tamaños es adecuada.

En la norma de la ASTM C 33 se estipulan los requisitos que permiten una relativa amplitud de variación en la granulometría del agregado fino.

La granulometría más conveniente para el agregado fino depende del tipo de trabajo, riqueza de la mezcla (contenido de cemento) y tamaño máximo del agregado grueso.

En mezclas pobres o cuando se usan agregados gruesos de tamaño pequeño, es conveniente una granulometría que se aproxime al porcentaje máximo recomendado que pasa por cada criba, para lograr un aumento de manejabilidad.

En mezclas ricas, por economía, son más convenientes las granulometrías gruesas. Agua – cemento y eligiendo correctamente la relación agregado - fino agregado grueso, puede emplearse agregado fino con una amplia variación granulométrica, sin que se produzca un efecto apreciable en la resistencia.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

La muestra para agregado fino cuyo análisis se va a efectuar, deberá ser mezclada completamente y reducida a una cantidad apropiada para la prueba, utilizando un partidador de muestras o por cuarteo.

El agregado deberá humedecerse antes de la reducción para minimizar la segregación y la pérdida de partículas finas. La muestra para la prueba deberá ser aproximadamente del peso deseado cuando este seca y será el resultado final del método de reducción. La muestra de agregado deberá pesar después del secado, las cantidades siguientes, aproximadamente:

- 100 gramos, si al menos el 95% del agregado pasa la malla número 8.
- 500 gramos, si al menos el 85% pasa la malla número 4 y más del 5% se retiene en la malla número 8.

4.2.1. Equipos

Los equipos que se utilizaran para realizar la muestra son los siguientes:

- Mallas estándar

- Balanza de 2 kilogramos de capacidad
- Horno de secado
- Cepillo para mallas
- Partidor de muestras
- Cucharón metálico
- Pala de punta cuadrada
- Sacudidor de muestra

4.2.2. Procedimiento

- Secar la muestra a peso constante a una temperatura de 110 más menos 5 grados centígrados.
- Pesar la cantidad necesaria de muestra
- Acoplar los tamices en forma manual o mediante algún aparato mecánico (sacudidor de mallas) por un periodo suficiente, hasta que no más del 1% en peso del retenido en el tamiz pase por este en un minuto de cribado manual continuo.
- Efectuar cálculos y gráficas.
- Comparar resultados con las especificaciones

4.2.3. En relación a la plasticidad

4.2.4.1 Significado Físico de la Plasticidad de un Suelo

La plasticidad es atribuible al contenido de partículas escamosas de tamaño coloidal presentes en los suelos. Las partículas escamosas además son responsables de la alta compresibilidad y la baja permeabilidad de los suelos. En relación con la plasticidad de los suelos, durante un proceso de deformación, el volumen de una arcilla permanece constante. Por el contrario el volumen de una arena cambia continuamente durante el mismo. Si se

intenta deformar una masa de arena húmeda rápidamente, esta se desagrega (la arena es friable). En virtud de esto, puede definirse la plasticidad como la propiedad de un material que permite resistir deformaciones rápidas, sin cambiar de volumen y sin agrietarse ni desagregarse.

Las investigaciones de Goldschmidt abordaron a la hipótesis que considera que las partículas escamosas actúan como condensadores, que orientan las moléculas de agua distintamente en forma bipolar. El campo eléctrico que rodea cada partícula influencia muchas moléculas de agua. Las propiedades del bajo campo eléctrico del agua cambian en semejante magnitud que puede llamarse apropiadamente, como sugirió Terzaghi, "solidificación del agua". Las primeras capas de moléculas de agua cercanas a la superficie sólida, están particularmente ligadas tan fuertemente que no se pueden mover en absoluto. Goldschmidt supone que el espesor relativamente grande de la capa de agua influenciada por el campo eléctrico de una partícula es responsable de la plasticidad.

Si la hipótesis de Goldschmidt es correcta, otros líquidos que tengan moléculas bipolares también deberían producir plasticidad si se mezclaran con arcilla en polvo, mientras que líquidos con moléculas mono-polares no deberían producir este efecto.

Los experimentos de Atterberg demostraron que el cuarzo molido de tamaño menor de 2 micrones no presenta plasticidad en absoluto, mientras que la mica molida del mismo tamaño, presenta cierta plasticidad que se incrementa con el decrecimiento del tamaño de los granos. Este hecho muestra la influencia de las partículas escamosas en la plasticidad de los suelos.

Casagrande (1938) sugirió que el responsable de la plasticidad de los suelos es el agua de adsorción, cuya viscosidad es semejante a la de una goma líquida.

La plasticidad de una arcilla es consecuencia de varios parámetros: la morfología; la cual es generalmente laminar, el tamaño extremadamente pequeño que aumenta el área superficial, la capacidad de hinchamiento que se asocia a la cantidad de deficiencia de carga de la estructura de la arcilla que controla la habilidad de ella de atraer iones y agua (también asociado a la capacidad de intercambio catiónico).

La plasticidad de un suelo es controlada por el contenido de minerales arcillosos: el tipo de mineral y la cantidad presente.

En mecánica de suelos se define la plasticidad como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

4.2.4. Plasticidad en los Suelos

La plasticidad es la propiedad que expresa la magnitud de las fuerzas de las películas de agua dentro del suelo ya que éstas permiten que el suelo sea moldeado sin romperse hasta un determinado punto. Es el efecto resultante de una presión y una deformación.

La magnitud de la deformación que puede soportar un suelo con un determinado contenido de humedad está dada por la distancia que las partículas pueden moverse sin perder su cohesión. La presión que se requiere para producir una deformación específica es un índice de la magnitud de las fuerzas de cohesión que mantienen las partículas juntas. Estas fuerzas varían

con el espesor de las películas de agua entre partículas. Puesto que la deformación total que puede ser producida varía con el tamaño y forma de las partículas, es evidente que la superficie total presente determina el número de películas de agua contribuyentes a la cohesión.

4.2.5. Factores que Afectan la Plasticidad de los Suelos y las Constantes de Atterberg

Contenido de Arcilla

Como la plasticidad es función de las fracciones más finas del suelo, los distintos suelos tendrán diferente plasticidad de acuerdo con la cantidad de arcilla que contengan. Atterberg observó que un incremento en el porcentaje de arcilla produce un aumento en ambos límites de plasticidad en la escala de humedad y consecuente aumento en el número de plasticidad.

Naturaleza de los Minerales del Suelo

Atterberg investigó en qué magnitud los diferentes minerales de los cuales derivan los suelos afectan la plasticidad. Sus estudios muestran que solamente los minerales que tienen una estructura laminar, muestran plasticidad cuando son pulverizados. Cuarzo y feldspatos, no tienen estructura laminar y por lo tanto no desarrollan plasticidad. Talco, muscovita, biotita y otros minerales cuyas artificiales tienen forma laminar presentan plasticidad. Estas diferencias son atribuidas a la mayor superficie e incremento de las superficies de contacto en las partículas laminares.

Aunque en realidad son pocos los suelos que contienen suficientes cantidades de minerales primarios como para afectar la plasticidad considerablemente, el hecho de que las partículas minerales secundarias tienen estructura laminar similar a los minerales atrás mencionados, ayudan a explicar la plasticidad

de los suelos. En algunos casos la presencia de mica en la fracción limo puede causar plasticidades más altas que la que son de esperar debido al contenido de arcilla solamente.

Contenido de Materia Orgánica

La materia orgánica ejerce un efecto interesante sobre la plasticidad del suelo. Medidas de las constantes de plasticidad de diferentes suelos, usualmente muestran que los límites de plasticidad en los horizontes superficiales son más altos en la escala de humedad que los de los horizontes inferiores. Este efecto está aparentemente asociado con la presencia de materia orgánica en el horizonte superficial. La oxidación de la materia orgánica con el agua causa un descenso de ambos límites (es decir se vuelve plástico con menos agua).

El suelo I en la figura 3, con un contenido de materia orgánica de 3,5%, se vuelve plástico a una humedad de 36.5%. La remoción de la materia orgánica baja este límite a 19.8% de humedad. Además, el suelo oxidado fluye a 25.1% de humedad, mientras que el suelo con materia orgánica es aún friable hasta un contenido de 36.5% de humedad. El número de plasticidad no ha sido cambiado por la oxidación de la materia orgánica. La oxidación natural de la materia orgánica en el campo produce efectos similares a la oxidación artificial en laboratorio.

La causa del descenso de los límites de plasticidad sobre la escala de humedad (en los oxidados) sin un efecto realmente significativo sobre el número de plasticidad, es perfectamente comprensible sobre la base de la teoría de la película de agua. La materia orgánica tiene una alta capacidad de absorción de agua. La hidratación de la materia orgánica debe ser

suficientemente completa antes que suficiente agua sea disponible para formar una película alrededor de las partículas minerales. En consecuencia, el límite inferior de plasticidad ocurre a un contenido relativamente alto de humedad. Después que las películas están formadas, prácticamente toda el agua adicional funciona solamente para aumentarlos hasta que se produzca el flujo. La presencia de materia orgánica tiene pequeño efecto sobre este tipo de agua y entonces no influye sobre el número de plasticidad.

La presencia de materia orgánica extiende la zona de friabilidad hasta un mayor contenido de humedad. La plasticidad del suelo genera mayor trabajabilidad y compactación en el suelo considerando que en nuestro caso se ha incrementado al suelo de baja plasticidad arcilla hasta un 10% del total de su volumen y se ha conseguido densidades de hasta 2.195 gr/cm³, además con la misma cantidad y fuerza de compactación se ha conseguido un grado de compactación de hasta 101.5% lo que significa que la compactación se encuentra optima.

Para nuestro caso el supervisor de obra autorizó la colocación de material de subbase granular propuesta en el análisis.

4.3. Prueba de hipótesis

La hipótesis planteada es el siguiente “Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora las características del suelo para usar en sub – base para pavimentos rígidos”. Creemos que los resultados obtenidos en la combinación de agregados en forma porcentual se inclinan más para confirmar que la hipótesis planteada se cumple, ya que frente a la baja plasticidad que tienen los suelos, la incorporación de arcilla en un porcentaje adecuado en la combinación de agregados podrá mejorar la calidad y a su vez las características del suelo para usar en sub-

base para pavimentos regidos, de allí que nuestra primera intuición planteada en la hipótesis se cumple.

4.4. Discusión de resultados

Sobre la comparación de lo solicitado en las especificaciones técnicas del proyecto y el presente trabajo de investigación se ha cumplido con el suelo que se incorporó hasta el 10% de arcilla, cumpliendo al 100% con lo solicitado siendo:

Tabla 26: Suelo con incremento de arcilla al 10%

Nº DE MALLA	%
2"	100
1 1/2"	96
1"	80
3/4"	70
3/8"	51
Nº 4	34
Nº 10	28
Nº 30	15
Nº 40	12
Nº 80	7
Nº 200	6

En comparación al siguiente cuadro:

Tabla 27: Análisis granulométrico solicitado en expediente técnico

Nº DE MALLA	PORCENTAJE QUE PASA			TOLERANCIA
	GRADACION A	GRADACION B	GRADACION C	
	100	100	100	-2
1 1/2"	90 – 100	90 – 100	95 – 100	+/- 5
1"	80 – 95	80 – 95	80 – 95	+/- 5
3/4"	70 – 85	70 – 85	70 – 92	+/- 8
3/8"	40 – 75	40 – 70	50 – 70	+/- 8
Nº 4	30 – 60	25 – 55	35 – 55	+/- 8
Nº 10	20 – 45	15 – 40	25 – 42	+/- 8
Nº 30	16 – 33	10 – 25	12 – 25	+/- 5
0Nº 40	15 – 30	8 – 20	10 – 22	+/- 5
Nº 80	10 – 22	5 – 15	4 – 14	+/- 5
Nº 200	5 – 15	8 – 2	0 – 8	+/- 3

CONCLUSIONES

La condición física de la mezcla de suelo y agua está denotada por la Consistencia. La Consistencia se define como la resistencia al flujo, que está relacionado con la fuerza de atracción entre partículas y es más fácil de sentir físicamente que de describir cuantitativamente, si en los suelos no existe esa consistencia esta no podrá trabajar de manera eficiente en la construcción de pavimentos como base o sub base, es por ello que necesariamente debemos conseguir y cumplir con lo solicitado en las especificaciones técnicas y los manuales de suelos que nos brinda el ministerio de trasportes y comunicaciones. Para nuestro caso en estudio, se ha verificado que la cantera más conocida que brinda material de relleno no cumple con lo solicitado en las especificaciones técnicas, ¿se hace algo para mejorarlo?

Definitivamente no se evidencia una técnica en contratistas de nuestra región, sin embargo, es responsabilidad del supervisor de obras el de aprobar las exigencias del expediente técnico, haciéndose un llamando a los supervisores de obra el no cumplimiento de estas exigencias. Sin embargo, en este proyecto se ha mejorado el suelo consiguiendo todas las exigencias de las especificaciones técnicas por lo tanto podemos concluir que Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora las características del suelo para usar en sub – base para pavimentos rígidos.

Como conclusiones secundarias podemos indicar lo siguiente:

- Los Límites de Atterberg son mundialmente utilizados en la clasificación de suelos finos. Encontrar relaciones entre estos límites y las propiedades del suelo ha sido materia de investigación durante muchos años. Estas relaciones pueden ser útiles en la orientación de las primeras etapas de un estudio de factibilidad previas a la ejecución de la exploración del suelo y ensayos de su resistencia, cuando se hace el

mejoramiento del suelo incrementando arcilla su finalidad es de incluir material fino para mejorar la unión entre sus partículas, en tal sentido en nuestro proyecto se ha mejorado las características físicas, en tal sentido podemos indicar que Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora la plasticidad del suelo para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos.

- Sobre la granulometría podemos indicar que es la medición y graduación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica, en las especificaciones técnicas del proyecto y de las normas que indica el ministerio de transportes y comunicaciones indica una serie de requerimientos en relación al tamaño de las partículas, cuando se hizo este análisis del suelo sin incrementar suelo arcilloso no cumplía con las exigencias de ninguna norma es por ello que también se decidió el incremento de estas mejorando al suelo y haciendo que se cumpla con los tamaños de las partículas sugeridas, por lo tanto podemos concluir que Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora la granulometría del suelo para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos.
- En mecánica de suelos, el ensayo de compactación Proctor es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él es posible determinar la densidad seca máxima de un terreno en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada, para este ensayo no era necesario incrementar arcilla porque el grado de compactación no depende de la cantidad arcilla, lo único que depende es la cantidad o tiempo de compactación que se da al suelo, sin embargo al incrementar

el suelo y considerando el número y tiempo de compactación se ha determinado que mejora el grado de compactación en tal sentido indicamos que Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora la densidad máxima del suelo para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar nuevas investigaciones que definan el comportamiento del suelo en combinación de diferentes tipos de suelo, ya que la mayoría de canteras no cumple con las especificaciones técnicas que los proyectos solicitan tanto para relleno como también para concreto.

Se recomienda un control exhaustivo del material de relleno por parte de los supervisores de obra, considerando que la mayoría de proyectos de inversión que sean de pavimentos se han construido con material de relleno que no cumple con las exigencias del expediente técnico ni de las normas correspondientes.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVA HURTADO JORGE. (2006). Análisis de estabilidad de taludes. Universidad Nacional de Ingeniería.
- ASTM (American Society for Testing and Materials). (1997). “Annual Book of ASTM Standards”, Vol. 04.08, “Soil and Rock; Dimension Stone, Synthetics”.
- BELLIDO, NARVAEZ S. (1960), Geología del cuadrángulo de Atico. Carta Geológica Nacional, Bol. No. 2 de la Serie A.
- BOWLES JOSEPH E. (1997). Foundation Analysis and Design. Fifth Edition. McGraw Hill.
- DANKHE, G.L. (1976). Citado en Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (1998). Metodología de la investigación. (segunda edición). México, D.F.: Mc Graw Hill de México. Capítulo 13, pp. 385-454.
- GEOING CONSULTORES S.A.C. (2010). Ampliación de capacidad instalada de 200 TMD a 350 TMD - Planta de Beneficio Belén, Diseño del depósito de relaves N° 5.
- GEOING CONSULTORES S.A.C. (2010). Planta de Beneficio Belén, Relavera 5 – Fase I, Reporte de Construcc.

ANEXOS

A. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

LÍMITE DE CONSISTENCIA

NOMBRE DEL PROYECTO:	
UBICACIÓN: FECHA: N° DE MUESTRA:	

PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA (m):

DESCRIPCIÓN DEL SUELO:

LÍMITE LÍQUIDO

N° DE LATA							
PESO DE SUELO HÚMEDO + LATA (gr.):							
PESO DE SUELO SECO + LATA (gr.):							
PESO DE LATA (gr.):							
PESO DE SUELO SECO (gr.):							
PESO DE AGUA (gr.):							
CONTENIDO DE HUMEDAD (%):							
N° DE GOLPES:							

LÍMITE PLÁSTICO

N° DE LATA							
PESO DE SUELO HÚMEDO + LATA (gr.):							
PESO DE SUELO SECO + LATA (gr.):							
PESO DE LATA (gr.):							
PESO DE SUELO SECO (gr.):							
PESO DE AGUA (gr.):							
CONTENIDO DE HUMEDAD (%):							
LÍMITE PLÁSTICO (%):							



LÍMITE LÍQUIDO (%):

LÍMITE PLÁSTICO (%):

ÍNDICE DE PLASTICIDAD:

ÍNDICE DE FLUENCIA:

B. PANEL FOTOGRÁFICO

Muestra de calicata para los ensayos



Excavación de calicata con herramientas manuales



Peso de la muestra en laboratorio.

Secado de la muestra



Cuarteo de la muestra

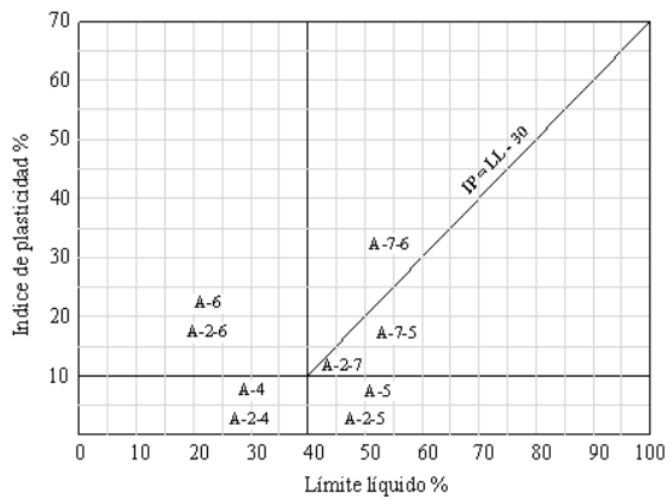
Ensayar al suelo sometiendo la muestra al corte



Determinación del límite plástico



C. GRÁFICO Y TABLA



Variación del límite líquido e índice de plasticidad
para los suelos (Norma ASTM, 2003).

TABLA 12.15. PROPIEDADES FÍSICAS COMUNES DE SUELOS

Material	Compacidad	D _r (%) (1)	N (2)	Densidad seca (gr/cm ³)	Índice de poros (e)	Ángulo de roza- miento interno
GW: Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75	90	2.21	0.22	40
	Medianamente densa	50	55	2.08	0.28	36
	Suelta	25	<28	1.97	0.36	32
GP: Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena	Densa	75	70	2.04	0.33	38
	Medianamente densa	50	50	1.92	0.39	35
	Suelta	25	<20	1.83	0.47	32
SW: Arenas bien graduadas, arenas con grava	Densa	75	65	1.89	0.43	37
	Medianamente densa	50	35	1.79	0.49	34
	Suelta	25	<15	1.70	0.57	30
SP: Arenas mal graduadas, arenas con grava	Densa	75	50	1.76	0.52	36
	Medianamente densa	50	30	1.67	0.60	33
	Suelta	25	<10	1.59	0.65	29
SM: Arenas limosas	Densa	75	45	1.65	0.62	35
	Medianamente densa	50	25	1.55	0.74	32
	Suelta	25	<8	1.49	0.80	29
ML: Limos inorgánicos, arenas muy finas	Densa	75	35	1.49	0.80	33
	Medianamente densa	50	20	1.41	0.90	31
	Suelta	25	<4	1.35	1.00	27
CL: Arcillas baja plasticidad			30-2 (3)	2,15-1,5 (4)		28-25
MH: Limos alta plasticidad			30-2 (3)	2,15-1,5 (4)		25-22
CH: Arcillas alta plasticidad			30-2 (3)	2,15-1,5 (4)		20-17

(1) D_r es densidad relativa ó índice de densidad.
(2) N es el número de golpes por 30 cm de penetración en el SPT.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO DE LA TESIS:

INCORPORACIÓN DE ARCILLA EN SUELOS DE BAJA PLASTICIDAD PARA UTILIZAR EN SUB-BASE PARA PAVIMENTO RÍGIDO

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Diseño metodológico	Indicadores	Instrumentos
<p>Problema general. ¿Cómo Influye la incorporación de arcilla en suelos de baja plasticidad para utilizar en sub - base para pavimentos rígidos?</p> <p>Problemas específicos a. ¿Cómo Influye la incorporación de arcilla en la granulometría del suelo para utilizar en sub - base para pavimentos rígidos? b. ¿Cómo Influye la incorporación de arcilla en la Plasticidad del suelo para utilizar en sub - base para pavimentos rígidos? c. ¿Cómo Influye la incorporación de arcilla en la densidad máxima del suelo para utilizar en sub - base para pavimentos rígidos?</p>	<p>-Objetivo general Determinar la influencia al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos.</p> <p>Objetivos específicos a. Es necesario conocer cuál es la influencia de incorporar arcilla en los suelos para determinar si cumple las especificaciones técnicas sugeridas por el consultor, para garantizar la durabilidad e los pavimentos de concreto. Todo esto en base a las recomendaciones y necesidades que indica nuestro reglamento nacional de edificaciones</p>	<p>Hipótesis general Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora las características del suelo para usar en sub – base para pavimentos rígidos</p> <p>Hipótesis específicas a. Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora la plasticidad del suelo para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos. b. Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora la granulometría del suelo para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos. c. Al incorporar arcilla en suelos de baja plasticidad mejora la densidad máxima del suelo para utilizar en sub – base para pavimentos rígidos.</p>	<p>Variable Independiente <u>Factor que influyen en la clasificación de suelos</u> d) Plasticidad e) Granulometría f) Densidad máxima</p> <p>Variable Dependiente La variable dependiente es: Asentamiento <u>Dimensiones</u> c) Resultados Alcanzados d) Recursos Utilizado</p>	<p>POBLACIÓN Y MUESTRA La población Proyectos de construcción de pavimentos</p> <p>La muestra Proyecto de ejecución de pavimentos de la comunidad campesina de Cochamarca.</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN Descriptiva – aplicada</p> <p>MÈTODO DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Cuantitativo- Cualitativo de datos estadístico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizado de la combinación de agregados en porcentajes. • Análisis de cada uno de los agregados. • Comparación de los resultados a través de cuadros estadísticos. • Análisis y confirmación del resultado óptimo de porcentaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Laptop • Mallas estándar • Balanza de 2 kilogramos de capacidad • Horno de secado • Cepillo para mallas • Partidor de muestras • Cucharón metálico • Pala de punta cuadrada • Sacudidor de muestra.