



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL
PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES
FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN
LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER, DISTRITO SAN
JUAN – MAYNAS – IQUITOS, 2019”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVL

AUTOR (es):

Bach. Angulo Roldan, Mariselva

Bach. Zavaleta Papa, Cintia Nicol

ASESOR:

Ing. Robalino Osorio, Miguel Angel

CO-ASESOR:

Ing. Angulo Roldan, Diego

San Juan Bautista – Maynas – Loreto - 2020

DEDICATORIA

A Dios, por la vida, por la salud, por ser nuestro guía y fortaleza.

A nuestros padres Victoria Roldán Gastelú, Maritza Papa Rios, Nilton Cesar Zavaleta Rios y Miguel Angulo Roldán, por su amor, por su confianza, por inculcarnos valores, por creer en nuestros sueños y porque siempre están cerca a nosotras en cada paso que damos.

A nuestros hermanos Emmy, Hugo, Alex y Diego, por su amor y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Científica del Perú, por estos cinco años de aporte a nuestro desarrollo profesional, a los docentes por motivarnos cada día en aprender a querer esta carrera importante en la sociedad, asimismo por fortalecer nuestro carácter.

Al Ing. Kenneth Junior Leon Fierro, por su apoyo profesional e incondicional durante la realización de nuestra tesis.

Al Ing. Robalino Osorio, Miguel Angel, por su disponibilidad, dedicación y orientación en todas las fases del proyecto de investigación.

A la Ing. Liliana Bautista y técnicos del laboratorio de la UCP, por apoyarnos y orientarnos en la realización de los ensayos de los suelos con cal para la ejecución de la tesis.

A todas las personas que de forma indirecta nos dieron el apoyo para la realización de esta tesis y sobre todo por el apoyo moral y confianza que siempre depositaron en nosotras.

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL
MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS COMO CAPA
DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER, DISTRITO SAN
JUAN – MAYNAS – IQUITOS, 2019”**

De los alumnos: **ANGULO ROLDAN MARISELVA Y ZAVALETA PAPA CINTIA
NICOL**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la
revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **6% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que
estime conveniente.

San Juan, 22 de diciembre del 2020.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética - UCP

CJRA/lasda
274-2020

Urkund Analysis Result

Analysed Document: UCP_ingenieriacivil_2020_Tesis_MariselvaAngulo_CintiaZavaleta_V1.pdf (D90481757)
Submitted: 12/22/2020 4:01:00 PM
Submitted By: revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Significance: 6 %

Sources included in the report:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN TERMINADO (FINAL).docx (D54970209)
UCP_INGENIERIA_2019_TSP_DICKLEONARDOJARAMILLO_VF.pdf (D55250174)
UCP_ING.CIV_2020_T_JAIMEVASQUEZ_CHRISTIANMARIN_V1.pdf (D75816608)
<https://www.slideshare.net/vanessa15/etablizacion-de-suelos>
http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/721/3/Rocio_Cinthia_Tesis_bachiller_2016.pdf
http://biblioteca.uajms.edu.bo/opac_css/doc_num.php%3Fexplnum_id%3D7761
http://www.rocamix.es/TESIS/bisset_mandre_tania.pdf
http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2138/1/Gu%C3%ADa_b%C3%A1sica_para_estabilizaci%C3%B3n_de_suelos_de_cal_en_caminos_de_baja_intensidad_vehicular_en_El_Salvador.pdf
<http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0034286.pdf>
<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/686/T%20631.4%20J37%202014.pdf?sequence=1>
<https://core.ac.uk/download/pdf/288577885.pdf>
<https://core.ac.uk/download/pdf/250108479.pdf>

Instances where selected sources appear:

25

ACTA DE APROBACIÓN



“Año de la Universalización de la Salud”

**FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N°101-2019-UCP-FCEI de fecha 01 de marzo de 2019 y modificada con RESOLUCIÓN N°235-2019-UCP-FCEI de fecha 26 de abril de 2019, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|-------------------------------------|------------|
| • Ing. Liliana Bautista Serpa | Presidente |
| • Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg. | Miembro |
| • Lic. Nerea Gallardo Sánchez, Mg. | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Miguel Ángel Robalino Osorio**

En la ciudad de Iquitos, siendo las 08.00 horas del día 22 de enero del 2021, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por la Secretaría Académica del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER, DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS, 2019”.

Presentado por los sustentantes:


MARISELVA ANGULO ROLDAN
Y
CINTIA NICOL ZAVALETA PAPA

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**
El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.

	 Universidad Científica del Perú Laboratorio Mecánico de Suelos LILIANA BAUTISTA SERPA CIP N° 43823 INGENIERO CIVIL	
_____	Presidente	_____
Miembro		Miembro

Contáctanos: **Iquitos – Perú**
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Filial Tarapoto – Perú
42 – 58 5638 / 42 – 58 5640
Leoncio Prado 1070 / Martines de Compagñon 933

Universidad Científica del Perú
www.ucp.edu.pe

APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 22 de enero del 2021 a las 8:00 a.m.



Ing. LILIANA BAUTISTA SERPA
PRESIDENTE DEL JURADO



Ing. KEUSON SALDAÑA FERREYRA, Mg.
MIEMBRO DE JURADO



Lic. NEREA GALLARDO SÁNCHEZ, Mg.
MIEMBRO DE JURADO



Ing. MIGUEL ÁNGEL ROBALINO OSORIO
ASESOR

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ACTA DE APROBACIÓN	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCION	15
CAPÍTULO I.....	16
MARCO TEÓRICO	16
1.1. Antecedentes del estudio.....	16
1.1.1. Tesis Nacionales.....	16
1.1.2. Tesis Internacionales	17
1.2. Bases teóricas	18
1.2.1. Estabilización de suelos.....	18
1.2.2. Tipos de estabilización.....	20
1.2.2.1. Estabilización mecánica.....	20
1.2.2.2. Estabilización física.....	20
1.2.2.3. Estabilización química	22
1.2.3. Estabilización con cal.....	27
1.2.4. Influencia de la cal en las características de los suelos.....	29
1.2.5. Influencia de la cal sobre las constantes físicas del suelo	30
1.2.5.1. Límite líquido – Límite plástico – Índice plástico	30
1.2.5.2. Límite de contracción.....	31
1.2.6. Influencia sobre la densidad seca.....	31
1.2.7. Influencia sobre la resistencia de los suelos	31
1.2.8. Determinación del porcentaje óptimo de cal.	32
1.3. Definición de términos básicos	33
1.3.1. Cal	33
1.3.2. Cal viva (óxido de calcio)	33
1.3.3. Cal hidratada (cal apagada – hidróxido de calcio):	33

1.3.4.	Clasificación de suelos SUCS.....	35
1.3.4.1.	Suelos Granulares o de grano grueso	35
1.3.4.2.	Suelos de grano fino	35
1.3.5.	Clasificación de suelos AASHTO	36
1.3.6.	Suelos arcillosos	37
1.3.7.	Propiedades de los suelos	37
1.3.7.1.	Plasticidad	37
1.3.7.2.	Máxima densidad seca	40
1.3.7.3.	Resistencia	41
1.3.7.4.	Estabilidad volumétrica	43
CAPÍTULO II	45
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	45
2.1.	Descripción del problema.....	45
2.2.	Formulación del problema.....	46
2.2.1.	Problema general.....	46
2.2.2.	Problemas específicos	47
2.3.	Objetivos	47
2.3.1.	Objetivo general.....	47
2.3.2.	Objetivos específicos	47
2.4.	Hipótesis	48
2.4.1.	Hipótesis general	48
2.5.	Variables	48
2.5.1.	Identificación de las variables	48
2.5.2.	Definición conceptual y operacional de las variables	49
2.5.3.	Operacionalización de la Variable.....	50
CAPÍTULO III	51
METODOLOGÍA	51
3.1.	Tipo y diseño de investigación	51
3.1.1.	Tipo de investigación	51
3.1.2.	Diseño de investigación	51
3.2.	Población y muestra.....	51
3.2.1.	Población	51
3.2.2.	Muestra	52

3.3.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	53
3.3.1.	Técnicas de recolección de datos.....	53
3.3.2.	Instrumentos de recolección de datos	55
3.3.3.	Procedimientos de recolección de datos	55
3.4.	Procesamiento de datos y análisis estadísticos.....	56
CAPÍTULO IV.....		57
RESULTADOS.....		57
4.1.	Resultados de análisis granulométrico de suelos	57
4.2.	Resultados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad	58
4.3.	Resultados de clasificación de los suelos de las calicatas.....	58
4.4.	Resultados de Proctor modificado para suelo natural.....	59
4.5.	Resultados de CBR y expansión para suelo natural.....	60
4.6.	Resultados de plasticidad de suelos estabilizados con cal	60
4.7.	Resultados de máxima densidad seca de suelos estabilizados con cal	61
4.8.	Resultados de resistencia de suelos estabilizados con cal.....	63
CAPÍTULO V.....		66
DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		66
5.1.	Discusión de resultados.....	66
5.2.	Conclusiones	67
5.3.	Recomendaciones	68
Referencia bibliográfica		69
Anexo 01: Matriz de Consistencia.....		72
Anexo 02: Certificados de ensayos de suelo en estado natural.....		72
Anexo 03: Certificado de ensayos químico de calicata N° 01		72
Anexo 04: Certificado de ensayos químico de calicata N° 02.....		72
Anexo 05: Certificados de ensayos de suelo estabilizado con cal hidratada		72
Anexo 06: Certificados de ensayos de suelo estabilizado con cal viva.....		72
Anexo 07: Panel fotográfico de los ensayos realizados.....		72
Anexo 08: Ficha técnica de la cal viva empleada		72
Anexo 09: Ficha técnica de la cal hidratada empleada.....		72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rango de cemento requerido según calificación de suelo	23
Tabla 2. Requerimientos de suelos para estabilizar con cal	28
Tabla 3. Requerimientos químicos y físicos de la cal.....	34
Tabla 4. Información técnica de cal viva - Procakaldi.....	34
Tabla 5. Información técnica de cal hidratada – Cal de obra “Vihersa”	35
Tabla 6. Clasificación de suelos AASHTO	36
Tabla 7. V.I. Estabilización de suelos arcillosos con cal.....	50
Tabla 8. V.D. Propiedades físico-mecánicas.....	50
Tabla 9. Resultados de los límites de Atterberg	58
Tabla 10. Resultados de clasificación de los suelos de calicatas.....	59
Tabla 11. Métodos de uso para el ensayo de Proctor modificado.....	59
Tabla 12. Resultados de ensayo Proctor Modificado	60
Tabla 13. Resultados de CBR y expansión para suelo natural	60
Tabla 14. Resultaos de plasticidad de suelos estabilizados con cal	61
Tabla 15. Resultados de máxima densidad seca de suelos estabilizados con cal62	
Tabla 16. Resultados de resistencia de suelos estabilizados con cal	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Comportamiento del suelo al de un líquido	38
Ilustración 2. Carta de plasticidad de Casagrande	39
Ilustración 3. Mecanismo de falla de suelos generado por el pistón	43
Ilustración 4. Ubicación de la Prolongación Navarro Cauper	52
Ilustración 5. Condición actual de la Prolongación Navarro Cauper.....	52
Ilustración 6. Ubicación de 2 calicatas	53
Ilustración 7. Extracción muestra para ensayos de la calicata N°01 - km 00+160	54
Ilustración 8. Extracción muestra para ensayos de la calicata N°02 - km 00+420	54
Ilustración 9. Curva granulométrica - Calicata N°01 - Km 00+160	57
Ilustración 10. Curva granulométrica - Calicata N°02 - Km 00+420	58
Ilustración 11. Incremento de la densidad con cal hidratada y cal viva	62
Ilustración 12. Resultados de CBR con cal hidratada - Calicata 01	64
Ilustración 13. Resultados de CBR con cal viva - Calicata 01	64
Ilustración 14. Resultados de CBR con cal hidratada - Calicata 02	65
Ilustración 15. Resultados de CBR con cal viva - Calicata 02	65

RESUMEN

En Iquitos existe un alto porcentaje de pavimentos deteriorados con poca durabilidad a lo largo de la vida útil, asimismo, existen sectores que actualmente tienen pavimentos con una capa de rodadura de material existente (arcillas, limo arcilloso, arenas con alta presencia de arcilla en su estructura).

Esta investigación tiene como objetivo estudiar el comportamiento de las propiedades físicas – mecánicas de diferentes tipos de suelos al ser tratados (estabilizados) con cal hidratada y cal viva, estos suelos pertenecen a la Prolongación Navarro Cauper.

La metodología utilizada es la deductiva, porque se determinó los fenómenos de los suelos, con orientación aplicada de acuerdo a normativas vigentes en Perú, con enfoque cuantitativo por el uso de gráficos mediante barras de las variables dependientes como plasticidad, máxima densidad seca, capacidad de soporte con CBR y expansión, con el % de cal, con nivel descriptivo por el uso de correlaciones, diagramas entre las variables.

Se usaron dosis de 2%, 4% y 6% de cal hidratada y cal viva, en dos suelos, la calicata 01 de alta plasticidad, expansión y la calicata 02 de baja plasticidad y expansión, obteniendo como resultado que con la cal viva aumenta la resistencia, controla el efecto expansivo, reduce ligeramente la densidad y plasticidad. Mientras que la cal hidratada no ofrece grandes resistencias, y mantiene en similares condiciones la densidad, plasticidad y expansión.

Concluyendo que, en suelos arcillosos, expansivos y de alta plasticidad se puede usar cal viva para la estabilización de suelos, en sectores que no tienen capa de rodadura.

PALABRAS CLAVES

Cal hidratada, cal viva. plasticidad, densidad, CBR, expansión

ABSTRACT

In Iquitos there is a high percentage of deteriorated pavements with little durability throughout their useful life, likewise, there are sectors that currently have pavements with a rolling layer of existing material (clays, clayey silt, sands with a high presence of clay in their structure).

This research aims to study the behavior of the physical - mechanical properties of different types of soils when treated (stabilized) with hydrated lime and quicklime, these soils belong to the Navarro Cauper Extension.

The methodology used is deductive, because the soil phenomena were determined, with guidance applied in accordance with regulations in force in Peru, with a quantitative approach through the use of bar graphs of the dependent variables such as plasticity, maximum dry density, capacity of support with CBR and expansion, with % of lime, with descriptive level by the use of correlations, diagrams between the variables.

Doses of 2%, 4% and 6% of hydrated lime and quicklime were used, in two soils, the pit 01 with high plasticity, expansion and the pit 02 with low plasticity and expansion, obtaining as a result that with the quicklime increases resistance, controls the expansive effect, slightly reduces density and plasticity. While hydrated lime does not offer great resistance, and maintains density, plasticity and expansion in similar conditions.

Concluding that, in clay, expansive and highly plastic soils, quicklime can be used for soil stabilization, in sectors that do not have a rolling layer.

KEYWORDS

Hydrated lime, quicklime. plasticity, density, CBR, expansion

INTRODUCCION

La presente investigación contiene 5 capítulos con los cuales se fundamenta los problemas planteados, la consecución de objetivos.

La tesis contiene 5 capítulos: En el capítulo I se presenta los antecedentes del estudio, bases teóricas y la definición de los términos que fueron revisados para el entendimiento de las propiedades físicas – mecánicas de los suelos, los diferentes tipos de cal, diferentes formas de estilizar suelos, de esta forma se responderá el planteamiento del problema. En el capítulo II – planteamiento del problema, se formulará el problema, los objetivos, la hipótesis y se identificará, definirá y operacionalizará la variable dependiente e independiente. En el capítulo III se determina que la investigación la deductiva, aplicada, con enfoque cuantitativo, con nivel descriptivo por el uso de correlaciones, diagramas entre las variables dependiente e independiente, asimismo contiene el tipo y el método de la investigación utilizados en el desarrollo del trabajo de investigación, identificando la población y la muestra, la técnica empleada en la recolección y procesamiento de los datos. En el capítulo IV contiene los resultados obtenidos mediante los ensayos de laboratorio. En el capítulo V contiene las discusiones, conclusiones de acuerdo a los objetivos planteados para el desarrollo del trabajo de investigación, y las recomendaciones respectivas de acuerdo al punto de vista que se ha apreciado durante su desarrollo.

Luego las referencias bibliográficas que han dado sustento a la presente investigación, brindando información acerca del estado actual que se encuentra la ciencia con respecto al desarrollo del estudio de investigación.

Los anexos 1 con la matriz de consistencia, anexo 2, 3, 4, 5 Y 6 certificados de laboratorio, anexos 8 y 9 fichas técnicas de la cal utilizada y anexo 7 panel fotográfico de lo ejecutado.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes del estudio

1.1.1. Tesis Nacionales

Para **Cuadros, C.**, la “estabilización química con óxido de calcio (cal viva) influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, determinó que el porcentaje óptimo de cal viva para la estabilización del suelo en estudio es de 3% respecto al peso, obteniendo como resultado la reducción del IP (índice de plasticidad) del suelo natural de 19.08% a un IP de 4.17%, luego de la estabilización. Verificó la reducción del óptimo contenido de humedad en la compactación, de un 18.3% del suelo natural a un 15.6% posterior a la estabilización con cal viva, además indica que aumenta el valor de CBR (California Bearing Ratio o valor de soporte de California, que mide la resistencia al corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada), de un 4.85% del suelo natural a un valor de CBR de 15.64% posterior a la estabilización. Realizó la comparación de los costos de la estabilización física por combinación de suelos y la estabilización química con óxido de calcio, dando como resultado una reducción del 44.41% de costos” (1).

Para **Jara, R.**, el “efecto de cal como estabilizante en subrasante con suelo arcilloso tiene importantes efectos, debido a que el comportamiento del límite líquido disminuye de 67.57% a 57.15%, cuando se le agrega un 4% de cal a la muestra el límite plástico aumenta de 30.70% a 47.60% con el mismo porcentaje, identifica también que el IP (índice de plasticidad) disminuye de 36.87% a 9.26% cuando se le agrega un 6% de cal, asimismo, verificó que la densidad seca máxima disminuye, de 1.69 (gr/cm³) a 1.55 (gr/cm³) y el óptimo contenido de humedad aumenta de 16.80% a 22.20% cuando se le agrega un 6% de cal a la muestra, por otra parte se encontró que el mejor desempeño del CBR se obtiene con dosis de 4% de cal, obteniendo valores de CBR de 2.55% hasta 11.48%” (2).

Para **Melendres, E.**, la “tendencia del CBR para suelos estabilizados con la cal viva es creciente y satisface el requerimiento estructural de la capacidad portante para porcentajes mayores a 4% según la mayoría de suelos estudiados. Asimismo, el índice de plasticidad (IP) se mejoró notablemente en suelos arcillosos hasta un porcentaje de 4%, en mayores porcentajes de cal viva, el IP no presenta un comportamiento significativo. Por otra parte, recomienda usar un ensayo que sustituya o complemente la información ofrecida por el CBR, como la compresión no confinada por tratarse de materiales cementantes; asimismo, indicó realizar el seguimiento al desempeño del pavimento en el tiempo, a fin de verificar el aumento de rigidez de la capa estabilizada mediante ensayos deflectométricos con retrocálculo y encontrar el módulo resiliente en diferentes etapas y estados climáticos” (3).

1.1.2. Tesis Internacionales

Para **Guamán, I.**, el “suelo estabilizado con cloruro de sodio tiene una mejor trabajabilidad y su compactación es más rápida al momento de realizar los ensayos de compresión simple, en comparación con el suelo estabilizado con cal. Determinó según los ensayos de límites de Atterberg sólo con la dosis de 12,5% con la estabilización con cal y cloruro de sodio se logran valores de 37,4% y 36,7% de límite líquido (LL) respectivamente, acercándose al valor mínimo de 35% de LL, adecuado según normativa ecuatoriana. Por otra parte, el esponjamiento en el suelo estabilizado con cal es bajo mientras mayor % se utilice, caso contrario ocurre en el suelo estabilizado con cloruro de sodio el esponjamiento es alto mientras mayor % se utilice. Asimismo, el pH del suelo (medida de la acidez o alcalinidad en los suelos), estabilizado con cal con 7,5% y 12,5% es de 10,9 y 10,83, valores que se aproximan al valor mínimo de 11 establecido en normativa ecuatoriana” (4).

Para **Altamirano, G., y Díaz, A.**, las “vías que presenten múltiples puntos afectados producto de lluvias se deben identificar y mejorar, aunque no existan grandes edificaciones o posea un gran potencial económico. Se indica que en las muestras analizadas predomina un suelo A-7-6 que según AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), es de baja capacidad, alto IP y alto porcentaje de expansión por el cambio constante humedad. Se utilizó

los porcentajes de 3, 6, 9, y 12%, determinando una mejora significativa en la plasticidad, densidad de compactación, aumento de la humedad requerida en este proceso debido a la reacción exotérmica producida entre la cal y la arcilla y aumento significativo en la capacidad de soporte del suelo para aplicarlo siempre y cuando se tome en cuenta para diseñar el resto de la estructura del pavimento” (5).

Para **Huezo, H., y Orellana, A.**, la “adición de cal disminuye la plasticidad del suelo, reduciendo de igual manera su cohesión, y la resistencia en los primeros días de curado, razón por la cual la resistencia a compresión a temprana edad en probetas elaboradas con suelo natural es superior que las de mezcla suelo - cal. Indica que el porcentaje óptimo de cal se determina bajo la norma ASTM D 6276 (American Society for Testing and Materials) y que en su caso particular el porcentaje de cal provoca un cambio considerable en la granulometría y de igual manera en su clasificación, pasando de un suelo arcilloso (CL) a ser un suelo limoso (ML). Asimismo, concluye que el suelo estabilizado con cal presenta incrementos en los resultados de resistencia a la compresión en más del 100% a los valores obtenidos para el mismo suelo sin cal a los 90 días de curado, según la norma ASTM D 5102-04, donde indica el tiempo necesario en que los especímenes de suelo - cal alcanzan una resistencia a la compresión aceptable” (6).

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Estabilización de suelos

La estabilización de suelos es una técnica de construcción utilizada para mejorar las propiedades de los suelos o materiales disponibles en terreno y tiene por objetivo mejorar las propiedades mecánicas, trabajabilidad, estabilidad de ciertos materiales y resistencia al corte de los suelos tratados. Por otra parte, Se conoce como estabilidad en los suelos, cuando en condiciones de saturación y cambios bruscos de clima o temperatura, los suelos presentan capacidad para soportar cargas (dinámicas o estáticas), resistencia sin sufrir deformaciones considerables, ni desgaste prematuro por el uso al cual está siendo sometido los suelos. Sin embargo, cuando se presentan suelos que no reúne las características antes mencionadas y que son necesarias para trabajar directamente con éstos, se puede usar cualquiera de estas tres posibilidades:

- Sustitución de los suelos.
- Combinación de los suelos.
- Modificación de sus propiedades (estabilización).

“La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una subbase granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc.)” (7).

“La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación” (7).

“La estabilización de suelos para caminos tiene ventajas técnicas, medioambientales, económicas y sociales frente a la construcción tradicional. Desde el punto de vista medioambiental, la utilización de los materiales existentes en terreno hace que se reduzca el consumo de áridos, reduciendo la explotación de pozos de áridos y cauces de ríos, y el transporte de materiales desde y hacia la obra, con un menor consumo de combustibles fósiles y emisión de gases a la atmósfera. Desde el punto de vista económico, la estabilización tiene un menor costo que utilizar técnicas tradicionales de construcción si no existen materiales granulares en las cercanías de la construcción que cumplan con las especificaciones técnicas, o existan restricciones de explotación en los yacimientos cercanos. Por último, la estabilización también tiene asociados beneficios a las comunidades o poblaciones nativas, dado que es una técnica constructiva más rápida que la tradicional lo que implica menores tiempos de intervención de los caminos, menor presencia de maquinaria en el entorno y una percepción positiva con el ambiente” (8).

1.2.2. Tipos de estabilización

1.2.2.1. Estabilización mecánica

“Con la estabilización mecánica de los suelos se pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y/o composición básica del mismo. Para lograr este tipo de estabilización se utiliza sólo la compactación, con la cual reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo, mejora la resistencia al corte, aumenta la densidad generando mejor distribución de fuerzas que actúan sobre el suelo, disminuye la contracción del suelo y por último genera la disminución de los asentamientos” (9).

“Para asegurar una buena compactación se debe realizar pruebas de terreno, seguido de controles de calidad con la finalidad de estandarizar el equipo a usar de acuerdo al tipo de material, el espesor de la capa y el número de pasadas para cumplir las especificaciones técnicas indicadas por cada suelo” Entre los procedimientos de estabilización mecánica tenemos” (9):

- “**Amasado**: Los equipos están constituidos por rodillos de pata de cabra, donde la compactación se realiza de abajo hacia arriba, originando una mayor presión en el lecho inferior. Recomendado para suelos finos cohesivos” (9).
- “**Impactos de carga**: Se utilizan pisones o bolas gigantes, lo que combina el impacto y el peso, son perfectas para áreas confinadas y se utilizan para compactar suelos finos – arenosos” (9).
- “**Presión estática**: Con rodillos lisos y neumáticos que combinan utilizan la acción de amasado con el peso estático” (9).
- “**Vibración**: Se usan los rodillos vibratorios para el reacomodo de las partículas” (9).

1.2.2.2. Estabilización física

Este procedimiento se utiliza para mejorar el suelo, produciendo cambios físicos en el mismo, dentro de los cuales se identifica:

- **“Combinación o mezcla de suelos:** Es de amplio uso, pero por sí sola no logra producir los efectos deseados, necesitándose siempre la compactación como complemento. Este tipo de estabilización considera la combinación o mezcla de materiales del suelo existente (plataforma) con materiales de préstamo (cantera). Por ejemplo, los suelos como las grava-arenas, limpias tienen una alta fricción interna que les permite soportar grandes esfuerzos, sin embargo, esta cualidad no significa que sea estable como para ser considerado como material de pavimento en una carretera, dado que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar e incluso desprenderse del pavimento. Las arcillas, por lo contrario, tienen una gran cohesión y muy poca fricción lo que provoca que pierdan estabilidad cuando existe saturación. La mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede dar como resultado un material estable en el que se puede aprovechar la gran fricción interna de uno y la cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas, luego de mezclado se conformará y compactará cumpliendo las exigencias de densidad y espesores fijados en el proyecto” (7)

- **“Sustitución de suelos:** De uso frecuente para la capa de subrasante (suelo natural existente) donde por factores de baja capacidad de soporte, materiales inadecuados o contaminados y con muy poco aporte para el pavimento, se realiza una remoción de suelo existente y se adiciona un material de características buenas para la exigencia del pavimento, la carga para lo cual estará solicitada y que esté contemplado dentro del especificaciones técnicas del proyecto” (7).

- **“Geosintéticos:** A diferencia de los suelos, los geosintéticos proporcionan resistencia a la tracción y una mejora significativa en el rendimiento y construcción de pavimentos. La experiencia de los geosintéticos frente a los agentes agresivos y respecto a su resistencia mecánica ha permitido la diversificación funcional; así tenemos, que la función drenante y anticontaminante es la misión específica de los geotextiles; la función específica de armado, refuerzo del terreno o de los

pavimentos está en el ámbito de las geomallas; y, la función de impermeabilización o protección está en el campo de las geomembranas” (7).

1.2.2.3. Estabilización química

Se refiere principalmente a la adición de agentes estabilizantes químicos específicos (aditivos sólidos y/o líquidos); comúnmente se usa cemento portland, asfalto, cal, cenizas, escorias, entre otros. Con este tipo de tecnología de estabilización se busca generar una reacción química del suelo con el o los estabilizantes para lograr la modificación de las características y propiedades de los suelos, de esta manera se obtiene una mayor capacidad de respuesta a los requerimientos de carga dinámica a los que estará sometido durante su vida útil.

A. Estabilización con cal:

“El uso de cal para mejorar suelos con plasticidad, aparte de conseguir ese fin, aumenta también su resistencia a la compresión en función del tiempo. La cantidad de cal variara en función de la necesidad que se tenga y de las propiedades del suelo utilizado en la estabilización. Generalmente los porcentajes de cal utilizados en una estabilización variaran de un 2 a 8% en peso. Para que la cal reaccione adecuadamente se necesita que el suelo presente plasticidad ($IP > 10$), y se pueda lograr así la acción puzolánica, que aglomerara adecuadamente las partículas del suelo” (6).

B. Estabilización con cemento:

“El material llamado suelo - cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua, seguida de una compactación y un curado adecuado. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. El contenido óptimo de agua y densidad de suelo se determina por el ensayo proctor modificado. Las propiedades del suelo-cemento dependen del tipo y dosis de cemento, tiempo de ejecución y edad para reacción entre los materiales. La resistencia del suelo-cemento aumenta de acuerdo al contenido del cemento y la edad de la mezcla. Al añadir el cemento a

un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su índice de plasticidad (IP) disminuye, su límite líquido (LL) varía ligeramente y su densidad máxima seca (MDS) y humedad óptima (OCH) aumenta o disminuyen ligeramente, según el tipo de suelo. La dosificación de cemento para suelo – cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, de acuerdo a la siguiente tabla” (7):

Tabla 1. Rango de cemento requerido según calificación de suelo

Clasificación de suelos AASHTO	Rango de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3 – 5
A-1-b	5 – 8
A-2	5 – 9
A-3	7 – 11
A-4	7 – 12
A-5	8 – 13
A-6	9 – 15
A-7	10 – 16

Fuente: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos

“Es conveniente que la compactación se inicie cuando la humedad in situ sea la prescrita y en todo caso, en menos de una hora a partir del mezclado, y se debe terminar entre 2 y 4 horas, según las condiciones atmosféricas. A nivel de subrasante, se exige un grado de compactación mínimo 95% de la MDS del proctor modificado, según AASHTO T180 en la capa de base, sub base y afirmado el mínimo es de 100%de la MDS” (7).

“Debe tenerse en cuenta, el problema del posible fisuramiento de estas estabilizaciones o de bases tratadas con cemento, debido a una falta o descuido en el curado que hace perder humedad a la capa estabilizada, en el periodo previo a la colocación de la siguiente capa. Este proceso se agrava cuando la carretera se ubica en zonas calurosas; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con cemento” (9).

C. Estabilización con productos asfálticos:

“La mezcla de los suelos con un producto asfáltico (emulsión asfáltica, asfalto espumado, etc.), tiene como finalidad el aumento de la estabilidad por las

características aglomerantes del ligante que envuelve las partículas del suelo y así evite deformaciones de la capa mejorada bajo la acción del tránsito. En suelos cohesivos, se busca que el estabilizante aglomere las partículas de arcilla y obture los vacíos, impermeabilizando el suelo, haciéndolo menos sensible a los cambios de humedad y por tanto más estable en condiciones adversas” (7).

“La dosificación necesaria de ligante es función principalmente de la granulometría (superficie específica) del suelo. Los suelos más adecuados son los granulares con pocos finos, de reducida plasticidad, que presentan menos del 20% que pasa la malla N°200, $LL < 30$ e $IP < 10$ ”, así suelos plásticos muy finos no pueden estabilizarse a un costo razonable debido a la dificultad para pulverizarlos y la cantidad de bitumen exigido. En general, la cantidad de asfalto utilizado varía entre un 4% y un 7% y en todo caso la suma de agua para compactación más el asfalto no debe exceder a la cantidad necesaria para llenar los vacíos de la mezcla compactada (7).

“El material asfáltico usualmente empleado son las emulsiones asfálticas y los asfaltos fluidificados de viscosidad media. La mezcla se hace con frecuencia in situ, y la elección del ligante asfáltico dependerá de la granulometría del suelo, de su contenido de humedad y de las condiciones climáticas. La granulometría puede ser abierta, cerrada con finos o cerrada sin finos, pero una mayor superficie específica exigirá un ligante de curado y rotura más lentos, para permitir una mezcla más adecuada. En zonas con temperaturas elevadas, también deberán usarse productos de curado y rotura más lentos, éstos podrán ser más viscosos. Existen emulsiones de fraguado lento, medio y rápido, de acuerdo al porcentaje de cemento asfáltico que se emplea. Una emulsión asfáltica es una dispersión de asfalto en agua en forma de pequeñas partículas de diámetro de entre 3 y 9 micras” (7).

“Este tipo de aglutinantes puede usarse casi con cualquier tipo de material, aunque por economía se recomienda que se emplee en suelos gruesos o en materiales triturados que no presenten un alto índice de plasticidad; puede usarse también con las arcillas, pero solo le procura impermeabilidad; además, para el caso de suelos plásticos, con otros productos se logra mayor eficiencia y economía” (7).

“Se permite un periodo de curado de dos días antes de liberar al tránsito la capa estabilizada. Si con el paso de los vehículos se observan desprendimientos del agregado, suspender el tránsito y someter a una nueva compactación en horas de mayor temperatura hasta que cese el fenómeno. El proceso de curado en la estabilización con asfalto tiene una gran importancia, depende de muchas variables, como cantidad de asfalto aplicado, humedad y viento, cantidad de lluvias y la temperatura ambiente; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con asfalto” (9).

D. Estabilización con cloruro de sodio:

“El principal uso de la sal (cloruro de sodio) es como control del polvo en bases y superficies de rodadura para tránsito ligero. También se utiliza en zonas muy secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación. El cloruro de sodio (sal) es un estabilizante natural, cuya propiedad fundamental es ser higroscópico, significa que absorbe la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante” (7).

“Los suelos que se usen para la construcción de suelo - cloruro de sodio deben estar limpios y no deben tener más de 3% de su peso de materia orgánica. El índice de plasticidad del suelo debe ser mayor a 8%, pero para la fracción de suelos que pasa la malla N°200 el requerimiento mínimo es de 12%. El tamaño máximo del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser mayor de 1/3 del espesor de la capa compactada de suelo – cloruro de sodio. El espesor total de la capa de suelo estabilizado será de 150 mm o 200 mm, según se especifique en el proyecto. Normalmente la cantidad de cloruro de sodio está comprendida entre 50 y 80 kg/m³ de suelo a estabilizar (7).

E. Estabilización con cloruro de calcio:

“Este producto trabaja de forma similar al cloruro de sodio, pero es preferible el uso de este, debido al efecto oxidante que tiene el cloruro de sodio. En todo caso, el cloruro de calcio ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo del polvo. Las características higroscópicas de este producto ayudan a mantener la humedad en la superficie del camino. La dosificación es de 1% - 2% de cloruro de calcio en peso respecto del suelo seco. El mezclado, compactación y terminación son similares a los de la estabilización con cloruro de sodio; generalmente se aplica disuelto en agua mediante riego al comienzo de la jornada mientras el material esté en condiciones seco” (7).

“El suelo a estabilizar deberá presentar como mínimo el agregado grueso (1” – N° 4) de 10 – 60%, el agregado fino entre 10% – 30% como pasante en la malla N° 200, el índice plástico IP = 4% – 15% y sulfatos de 001% como máximo” (7).

F. Estabilización con cloruro de magnesio:

“El cloruro de magnesio (MgCl) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial produciendo una superficie de rodado más dura. Químicamente, el cloruro de magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5% de magnesio, un 33.5% de cloro, un 52% de agua y un 4% de impurezas, grasoso al tacto por su gran contenido de humedad. Para el uso vial presenta las siguientes propiedades” (7):

- “Higroscópica: Posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, incluso en zonas sumamente áridas.
- Ligante: Cohesiona las partículas finas, permitiendo consolidar la carpeta de rodado.
- Resistente a la evaporación: Posee una baja tensión de vapor, lo que permite que no se pierda la humedad absorbida.
- Baja temperatura de congelamiento: -32.8°C.
- Altamente soluble en agua: Permite elaborar una solución en forma rápida y sencilla” (7).

“En los caminos pavimentados, el cloruro de magnesio puede utilizarse para prevenir la formación de hielo sobre la calzada (anti-icing), o bien para derretir hielo ya formado sobre el pavimento (de-icing), debido a que permite bajar el punto de congelamiento del agua e impedir la formación de hielo, a temperaturas ambientales por debajo de los -5°C . En los caminos no pavimentados, se utiliza bajo dos formas de aplicación diferentes” (7).

- “Como tratamiento supresor de polvo: el camino no pavimentado (afirmado) debe ser previamente preparado, humedecido y compactado, y estar libre de deterioro en superficie.
- Como estabilizador superficial: en este caso, se debe mezclar la parte superior de la capa de afirmado con el producto diluido en agua, en un espesor variable entre 7 y 15 cm de acuerdo al diseño efectuado” (7).

G. Estabilización con escorias de fundición:

“Hoy en día las escorias de acería o de otros hornos de fundición se emplean en muchas partes del mundo, como material de base y sub base en los pavimentos, en la estabilización de subrasante, en la carpeta asfáltica formando parte del ligante bituminoso. Al emplearse este subproducto en construcción de infraestructura vial se evita explotar nuevas canteras, manteniendo el paisaje de la zona; como no requiere procesar los agregados se reduce el consumo de energía y combustibles, y se reducen las emisiones de CO_2 al ambiente” (7).

“En los suelos estabilizados con escoria y cal el porcentaje estimado en peso de cal se encuentra en 1.5 y 3% y de la escoria entre 35% - 45% en volumen. La utilización de grados con tamaño máximo limitado al de las arenas facilita los trabajos de mantenimiento sin desgastar prematuramente las cuchillas de motoniveladoras ni formar estrías sobre la calzada” (9).

1.2.3. Estabilización con cal

“El suelo - cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua. Se puede utilizar la cal en tres “tipos” distintos: cal viva (óxido de calcio - CaO ; obtenido por calcinación de materiales calizos), cal hidratada (hidróxido de calcio - $\text{Ca}(\text{OH})_2$, se obtiene cuando la cal viva reacciona químicamente con el agua) o una lechada de

cal (es la suspensión de cal hidratada en agua, que puede elaborarse a partir de cal hidratada o cal viva). La cal hidratada es la que reacciona con las partículas arcillosas y las transforma permanentemente en un fuerte matriz cementante” (9).

“La adición de diferentes % de estas cales, en los materiales arcillosos para pavimentos básicos, calles, caminos de afirmado, subbases y bases, por sus diferentes reacciones en mayor o menor grado, produce disminución en el índice de plasticidad, aumentando la trabajabilidad, posibilidad de reutilización de suelos disponibles en el trazo del camino disminuyendo el transporte de materiales de préstamo, ayuda a secar suelos húmedos facilitando su compactación, aumenta la estabilidad de los materiales cohesivos; genera un incremento en la resistencia al corte, la compresión simple y/o el CBR” (3).

“También aumenta la humedad óptima de compactación, lo que permite la densificación de suelos de elevada humedad natural, que de otro modo no permitirían la construcción de la capa de rodadura sobre ellos. Es frecuente que la mezcla se realice en dos fases, con un período intermedio de reacción de 1-2 días. La aplicación más usual de las estabilizaciones con cal es en subrasantes y como capa de rodadura, en zonas de suelos arcillosos y/o con canteras de materiales granulares lejanos” (9).

Es importante mencionar los materiales utilizados para la estabilización con cal deben cumplir requisitos mínimos básicos establecidos en el Manual de carreteras sección suelos – pavimentos, EG 2013 sección 301.B y en la CE 020.

Tabla 2. Requerimientos de suelos para estabilizar con cal

% pasa el tamiz de 3" (75 um)	100%
% pasa el tamiz N° 200 (75 um)	Mínimo 30%
Índice de plasticidad	Mínimo 10%
Materia orgánica	Máximo 3% en peso
Contenido de sulfatos	Máximo 0.2%

Fuente: EG 2013 sección 301.B y en la CE 020.

De acuerdo a esta tabla podemos desprender que todas las arcillas que cumplan con los requerimientos de suelos para estabilizar con cal son factibles para este uso. Asimismo, la validación de los porcentajes de malla # 3, malla # 200 y el

IP, se encuentra en los certificados de ensayos de cada calicata. Asimismo los ensayos de contenido de sulfatos se encuentran en anexos, resultando que no existe sulfatos en los materiales de las 2 calicatas.

La National Lime Association resume las propiedades que se obtienen después de una estabilización o mejoramiento con cal, en lo siguiente:

- “Reducción del índice de plasticidad, debido a una reducción del límite líquido y a un incremento del límite plástico.
- Reducción considerable del ligante natural del suelo por aglomeración de partículas.
- Obtención de un material más trabajable y fiable como producto de la reducción del contenido de agua en los suelos (rotura fácil de grumos).
- La cal ayuda a secar los suelos húmedos lo que acelera su compactación.
- Reducción importante del potencial de contracción y del potencial de hinchamiento.
- Incremento de la resistencia a la comprensión simple de la mezcla posterior al tiempo de curado alcanzando en algunos casos hasta un 40% de incremento.
- Incremento de la capacidad portante del suelo (CBR).
- Incremento de la resistencia a la tracción del suelo.
- Formación de barreras impermeables que impiden la penetración de aguas de lluvia o el ascenso capilar de aguas subterráneas” (10).

“Se debe tener presente, el problema del posible fisuramiento de estas estabilizaciones o de bases tratadas con cal, debido a una falta o descuido en el curado que hace perder humedad a la capa estabilizada, en el periodo previo a la colocación de la siguiente capa. Este proceso se agrava cuando la carretera se ubica en zonas calurosas; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con cal” (7).

1.2.4. Influencia de la cal en las características de los suelos

“La cal generalmente produce una disminución en la densidad de los suelos modifica la plasticidad, aumenta la capacidad de soporte y resistencia al corte del

material y reduce su hinchamiento (expansión). La acción de la cal suele explicarse como efectuada por tres reacciones básicas” (14).

- “La primera es la alteración de la película de agua que rodea los minerales de la arcilla.
- El segundo proceso es el de coagulación y floculación de las partículas del suelo, dado que la cantidad de cal ordinariamente empleada en las construcciones viales (del 4 al 10% en peso), resulta en una concentración del ión de calcio mayor que la realmente necesaria.
- EL tercer proceso a través del cual la cal afecta el suelo, es su reacción con los componentes del mismo para formar nuevos productos químicos. Los dos principales componentes que reaccionen con la cal son la alúmina y la sílice. Esta reacción es prolongada en la acción del tiempo y se manifiesta en una mayor resistencia, si las mezclas de suelo-cal son curadas durante determinados lapsos de tiempo. Este hecho es conocido como “acción puzolánica” (14), esto significa que el proceso de cementación es lento e incrementa la resistencia a largo plazo. Asimismo, el grado al cual la cal reacciona con el suelo depende de ciertas variables tales como cantidad de cal, clase de suelo y periodo de tiempo del curado de la mezcla de suelo – cal.

1.2.5. Influencia de la cal sobre las constantes físicas del suelo

1.2.5.1. Límite líquido – Límite plástico – Índice plástico

Una de las funciones más importantes de la cal es que modifica la plasticidad del suelo en forma bastante apreciable.

“Para suelos con índices plásticos inferiores a 15, la cal incrementa el límite líquido en forma que el índice plástico experimenta un ligero incremento” (14).

“Para suelos más plásticos ($IP > 15$) la cal generalmente reduce el límite líquido y aumenta el límite plástico, traduciéndose en una disminución apreciable del índice plástico” (14).

1.2.5.2. Límite de contracción

“Se ha dicho que la adición floclula las partículas arcillosas del suelo transformando su textura elemental. La influencia sobre el límite de contracción que experimenta el suelo tratado. Como consecuencia de este hecho se observa una marcada reducción de la contracción lineal y de la razón de contracción” (14).

1.2.6. Influencia sobre la densidad seca

“Si se compacta una mezcla de suelo cal se obtiene por lo general una densidad seca menor que el correspondiente al suelo solo, por las mismas condiciones de compactación. Esta disminución puede alcanzar hasta un 5%. La reducción anotada en la densidad puede explicarse por el efecto de la cal sobre la textura del suelo” (14).

“En efecto, el hecho que la adición de cal incrementa la resistencia de un suelo mientras reduce su densidad no debe extrañar. En el caso de un material específico la resistencia generalmente aumenta con la densidad. Sin embargo, cuando algún agente químico, tal como la cal, es agregado a un suelo natural se forma un nuevo material, el cual puede tener propiedades físicas y químicas enteramente diferentes que el original y, por lo tanto, su propia densidad máxima puede tener mayor resistencia que el suelo no tratado, aunque éste se encuentre más densificado” (14).

1.2.7. Influencia sobre la resistencia de los suelos

Si bien la cal disminuye la densidad de compactación del suelo, no ocurre lo mismo con la capacidad resistente del mismo. Por lo contrario, la adición de cal produce un aumento de la resistencia del suelo, medida por distintos ensayos.

“El inmediato aumento de resistencia del suelo es causado por los cambios en las películas que rodean las partículas de arcilla también como una granulación de estas partículas” (14).

“El curado de las probetas durante cierto periodo de tiempo produce un aumento de resistencia. También puede observarse un efecto parecido

aumentando la compactación de las probetas y ensayándolas después de un periodo de curado” (14).

“El efecto debido a la acción cementante de la cal, no aparece inmediatamente después de la compactación, sino al cabo de cierto tiempo en que tiene lugar la iniciación del fraguado” (14).

“Los ensayos de valor de soporte de california sobre suelos tratados con cal, muestran un pronunciado aumento de la estabilidad en relación con la del suelo, en la mayoría de los casos” (14).

1.2.8. Determinación del porcentaje óptimo de cal.

Es indudable que, desde el punto de vista técnico – económico, la cantidad óptima de cal para estabilizar un suelo, debe ser el menor porcentaje capaz de modificar las propiedades del suelo, la cantidad necesario para el requerimiento de cada proyecto.

“El objetivo contempla por lo general dos casos:

- Aumentar la resistencia a los esfuerzos normales y tangenciales.
- Reducir el hinchamiento (expansión)” (14).

“Para medir el primer factor pueden utilizarse algunos de los ensayos siguientes: Valor de soporte California (CBR), Compresión no confinada, ensayo triaxial, etc. La comparación de los resultados debe hacerse entre los valores correspondientes al suelo solo mezclado con diferentes porcentajes de cal” (14).

“La elección de la cantidad óptima recaerá en el menor porcentaje incorporado al suelo, capaz de conferirle las propiedades buscadas. Una vez seleccionado dicho porcentaje es aconsejable, por razones prácticas adicionarle un 0.5%, 1% hasta 2% para tener en cuenta los desperdicios, inevitables durante las operaciones constructivas” (14).

1.3. Definición de términos básicos

1.3.1. Cal

“Es el producto de la calcinación de rocas calizas, constituido principalmente por óxido de calcio (CaO) y otros componentes. El uso en pavimentos y carreteras se basan en normativas peruanas. Según la norma técnica peruana (NTP 334.125:2017) recomienda como los únicos tipos de cal para estabilización de suelos, donde:

1.3.2. Cal viva (óxido de calcio)

“Luego de la transformación química por calcinación del carbonato de calcio (piedra caliza – CaCO₃) en óxido de calcio (CaO) asociado con óxido de magnesio (MgO). Estas cales tienen una reacción exotérmica en contacto con el agua, lo que produce su apagado o hidratación. Junto con la cal hidratada, la cal viva es la más utilizada para la estabilización de suelos. Sus principales ventajas son que presenta una mayor reactividad con los materiales por estabilizar y menor generación de polvo durante su utilización” (3).

1.3.3. Cal hidratada (cal apagada – hidróxido de calcio):

“Polvo seco, obtenido al tratar cal viva con la suficiente agua para satisfacer su afinidad química, provocando su hidratación. Consiste esencialmente en hidróxido de calcio [Ca (OH)₂] o una mezcla de hidróxido de calcio, óxido de magnesio (MgO) e hidróxido de magnesio [Mg (OH)₂]. Junto con la cal viva, la cal hidratada es la más utilizada para la estabilización. Su principal ventaja es que ofrece menor peligro durante su transporte, manejo y utilización. Se emplea preferentemente como cal apagada y en lechada, excepto cuando se requiere disminuir el contenido de agua de los suelos” (3).

Tabla 3. Requerimientos químicos y físicos de la cal

Requisitos químicos	Óxidos de calcio y magnesio (sobre una base de no volátiles)	Mínimo 90%	Cal viva y cal hidratada
	Dióxido de carbono (tomado en un punto de manufactura)	Máximo 5%	
	Humedad libre (tomado en un punto de manufactura)	Máximo 2%	
Requisitos físicos	% retenido en el tamiz N° 30 (590 um)	Máximo 3%	Cal hidratada
	% de retenido en el tamiz N° 200 (75um)	Máximo 25%	
	Deberá pasar íntegramente el tamiz de 24,4 mm (1 pulg)	Finura	Cal viva
	Deberá tener un aumento de temperatura de por lo menos 30 °C en 20 minutos	Temperatura	
	Deberá tener no más de 10 % de residuo	Residuo	

Fuente: AASHTO M-216, ASTM C-977 y NTP 334.125:2017. (11)

Los requisitos de la cal viva y cal hidratada para el presente estudio de investigación, cumplen con las normativas AASHTO M-216, ASTM C-977, EG 2013 sección 301.B y NTP 334.125:2017, según tabla anterior.

Tabla 4. Información técnica de cal viva - Procakaldi

Fórmula	Compuesto	Valores
CaO Total*	Cal Total	90%
CaO Útil	Cal disponible	85%
SiO ₂	Óxido de Silicio	2.68%
MgO	Óxido de Magnesio	1.55%
S	Azufre	< 0.058%
Ba	Bario	< 0.03 %
Pb	Plomo	< 2 mg/kg
F-	Fluoruro	< 50 mg/kg
Oxidos combinados		< 0.8%
Sedimentos		Máximo 16 %
Reactividad		Inicio 1' 30"
		Final 7' 45"

Fuente: Ficha técnica de Cal viva molida, pasante malla 100 - Procakaldi. (21)

Como requisito químico se encuentra el óxido de calcio como mínimo de 90%, asimismo, en la finura se pide cumplir íntegramente con el tamiz 24.4 mm (1 pulg), la cal viva utilizada pasa en el 100% en la malla # 100, cumpliendo a cabalidad la cal viva empleada de la empresa PROCAKALDI.

Por otra parte, se acuerdo a la tabla 5 se verifica que, cumple los requisitos físicos, como el 3% de la malla # 30, y 25% en la malla # 200

Tabla 5. Información técnica de cal hidratada – Cal de obra “Vihersa”

CAL HIDRATADA TIPO N	GRANULOMETRIA
Retenido en Malla 100	Max. 10%
Retenido en Malla 200	Max. 4%
Retenido en Malla 325	Max. 2%
Fondo (Pasante Malla 325)	Min. 85%

Fuente: Ficha técnica de Cal hidratada - Vihersa (22)

1.3.4. Clasificación de suelos SUCS

1.3.4.1. Suelos Granulares o de grano grueso

“Más de la mitad del material queda retenido en el tamiz número 200, no poseen cohesión, debido a su gran tamaño, alta capacidad de soporte, permeabilidad alta lo cual facilita una evacuación rápida de aguas” (1).

- **“Grava “G”:** Constituido por materiales procedentes de rocas fragmentadas por agentes atmosférico, más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm), como material suelto se encuentra en la ribera de los ríos. depresiones de terrenos rellenados por acarreo o transporte de ríos” (13).
- **“Arena “S”:** Proceden de la desintegración de rocas o de su trituración artificial, más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)” (13).

1.3.4.2. Suelos de grano fino

Algunos lo conocen como cohesivos, más de la mitad del material pasa en el tamiz número 200.

- **“Limo “M”:** Constituido por suelos de granos finos con escasa o nula plasticidad, con partículas comprendidas entre 0.075 mm y 0.002 mm, retienen el agua y si se forma una pasta limo-agua y se coloca sobre la

mano, al golpear con la mano se aprecia cómo el agua se exuda con facilidad” (13).

- **“Arcilla “C”:** Reciben ese nombre a las partículas sólidas que tienen un diámetro menor a 0.002 mm, este tipo de suelo puede cambiar sus propiedades al mezclarse con agua, genera aumentos de volumen a veces importante variando su resistencia, asimismo, presenta una gran capacidad de retención de agua” (13).

1.3.5. Clasificación de suelos AASHTO

“Este es el sistema del departamento de caminos de USA y adoptado por la “American Association of State Highway Officials – AASHO”, es de uso especial para la construcción de vías, en especial manejo de susbrasante y terraplenes” (13).

Tabla 6. Clasificación de suelos AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa:											
N° 10 (2mm)	50 máx	-	-							-	
N° 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 mín							-	
N° 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx				36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40											
Límite líquido	-	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
Índice de plasticidad	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

Fuente: Mecánica de suelos, DUQUE ESCOBAR, G. (13)

1.3.6. Suelos arcillosos

La condición de suelo arcilloso (extraordinariamente fino) le otorga características muy especiales entre las que cabe señalar:

- “Tiene la capacidad de intercambiar iones.
- Es capaz de variar su composición química interna.
- Puede alojar moléculas en el interior del espacio inter laminar.
- La superficie de la lámina presenta una actividad química considerable.
- Los cambios físicos de la estructura laminar son reversibles.
- Tiene gran afinidad con el agua, generándose un hinchamiento que puede llegar a ser hasta 15 veces el volumen original” (12).

“Las arcillas son principalmente silicatos de aluminio hidratados que se hacen plásticas al contacto con el agua, son frágiles al secarse y en general tienen gran capacidad de absorción” (12)

“Además, cuenta con un rango de humedad muy amplio en donde se comporta de manera plástica, por lo que pueden moldear figuras y volúmenes que, ayudados por un tratamiento térmico” (12).

1.3.7. Propiedades de los suelos

1.3.7.1. Plasticidad

“La propiedad que expresa la magnitud de las fuerzas de las películas de agua absorbida 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” (12).

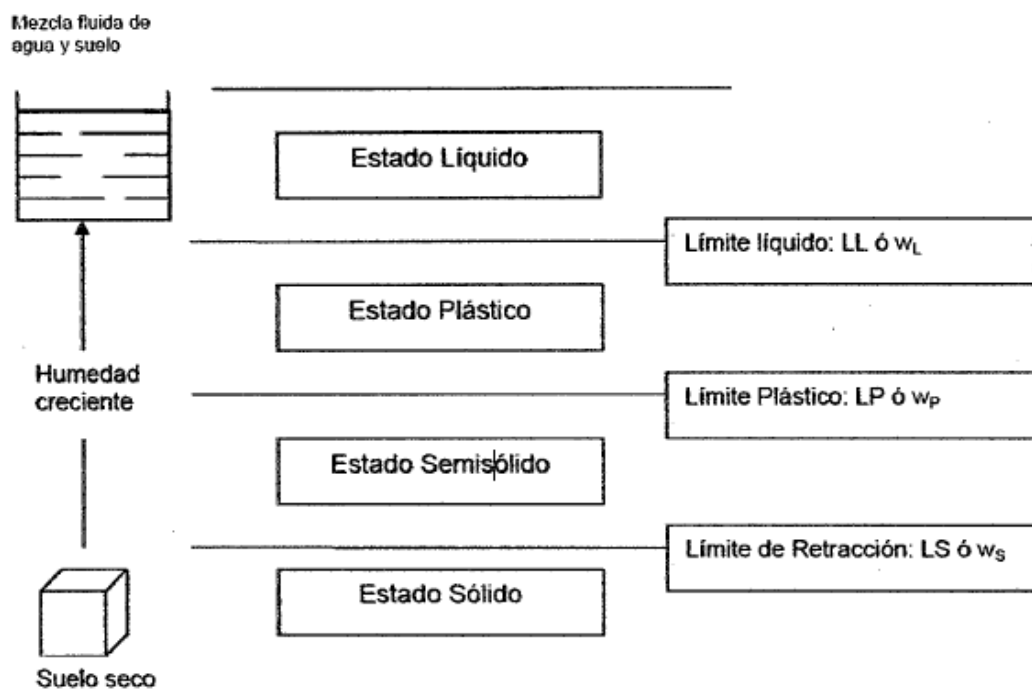
“Cuando un suelo arcilloso se mezcla con una cantidad excesiva de agua, éste puede fluir como un semilíquido. Si el suelo se seca gradualmente, se comportará como un material plástico, semisólido o sólido, dependiendo de su contenido de agua” (2).

“Los contenidos de humedad y los puntos de transición de unos estados a otros se denominan Límites de Atterberg. El concepto de que un suelo puede

presentarse en varios estados, en función del contenido de humedad, se basa en que cuanto mayor sea la cantidad de agua que contiene un suelo, menor será la interacción entre partículas adyacentes y más se aproximará el comportamiento del suelo al de un líquido” (Ilustración 1) (2).

“Esta variación de la consistencia en función de la humedad (plasticidad) es propia de suelos finos (arcillas y limos), ya que los suelos gruesos (arenas y gravas) no retienen agua y se mantienen inalterables en presencia de ésta” (2).

Ilustración 1. Comportamiento del suelo al de un líquido



Fuente: Efecto de la cal estabilizante en subrasante de suelo arcilloso (2).

Determinación de los Límites de Atterberg

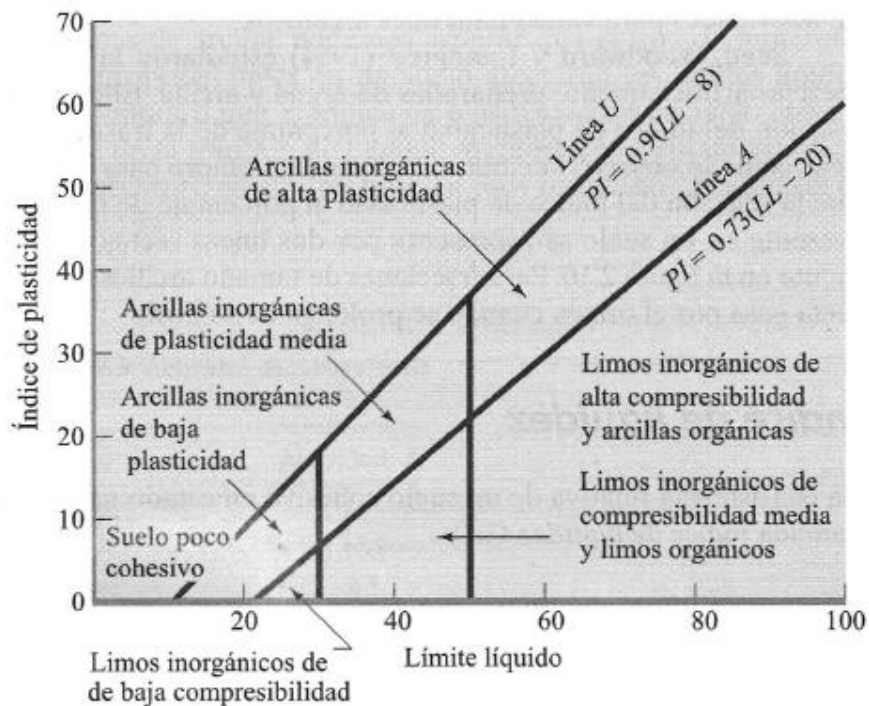
“La determinación de los Límites de Atterberg se lleva a cabo en laboratorio, definiéndose el límite plástico como el contenido de agua con el cual el suelo se agrieta al formarse un rollito de 3 mm. de diámetro. El límite líquido se determina con la cuchara de Casagrande” (15).

“La diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo se define como Índice de Plasticidad” (15):

$$IP = LL - LP$$

“El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia. Con el fin de proporcionar una representación adecuada de la plasticidad de una muestra de suelo se emplea la denominada Carta de plasticidad de Casagrande” (Ilustración 2) (15).

Ilustración 2. Carta de plasticidad de Casagrande



Fuente: *Fundamentos de ingeniería geotécnica, BRAJA M. DAS, (15).*

“En este gráfico se representa la relación del límite líquido (abscisas) con el índice de plasticidad (ordenadas). Casagrande definió que los suelos con $LL > 50$ son de "alta plasticidad" (pueden admitir un mayor contenido de agua y por tanto pueden experimentar deformaciones plásticas mayores). Los suelos con $LL < 50$ se denominan de "baja plasticidad". Complementariamente, Casagrande definió una línea A, que separa los suelos arcillosos de los más limosos. Así, a partir del criterio de alta y baja plasticidad y de la línea A, se pueden definir varias zonas en el gráfico anterior. Los suelos limosos y con apreciable contenido orgánico tienen un intervalo de humedad menor para pasar del estado semisólido al estado líquido (menor índice de plasticidad), situándose por debajo de la línea A. En el caso de las arcillas,

dicho intervalo de humedad es mayor, situándose por encima de la línea A. Se definen, por tanto, varios tipos de suelos: arcillas de alta plasticidad (CH), arcillas de baja plasticidad (CL), limos y suelos orgánicos de alta plasticidad (MH-OH) y limos y suelos orgánicos de baja plasticidad (ML-OL)” (15).

1.3.7.2. Máxima densidad seca

Se le conoce también como el peso unitario seco de los suelos. Es la máxima densidad que se puede obtener en laboratorio de un material luego de un proceso de compactación en molde normalizado, y capas de acuerdo al tipo de material, con su óptimo contenido de humedad que ha de tener un suelo, a fin de obtener una buena lubricación que permita compactarlo. En la actualidad se usa el ensayo de Proctor Modificado por el desarrollo de rodillos pesados para el uso de compactación en campo.

PROCTOR MODIFICADO AASHTO T-180, ASTM D1557, MTC E 115

“Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación), compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³(56000 pie-lbf/pie³))” (17).

Existe 3 métodos alternativos. La elección del método se basa en la gradación del material.

“METODO "A"

- Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg).
- Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- Número de capas: 5.
- Golpes por capa: 25.
- Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).

- Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C” (17).

“METODO "B"

- Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg).
- Número de Capas: 5.
- Golpes por capa: 25.
- Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg).
- Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C” (17).

“METODO "C"

- Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.
- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg).
- Número de Capas: 5
- Golpes por Capa: 56
- Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en
- El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B” (17).

1.3.7.3. Resistencia

La resistencia de los suelos, con algunas excepciones, es en general más baja cuanto mayor sea su contenido de humedad.

“Los suelos arcillosos al secarse, alcanzan grandes resistencias teniéndose inclusive la condición más alta de resistencia cuando se calientan a temperaturas muy elevadas como suceden en la fabricación de tabiques y ladrillos. Existen casos en donde la disminución de la humedad puede significar reducción en la resistencia,

pues se han presentado casos de deslizamientos de tierra provocados por arcillas que se secaron y se agrietaron, provocando con ellos que el comportamiento del material sea el de un suelo friccionante que puede tener menor resistencia que se considera como cohesivo a humedades mayores. La acción abrasiva del tránsito, por ejemplo, puede hacer que un material cohesivo se pulverice y pierda su cohesión” (14).

“Por otro lado, dependiendo de la humedad y energía de compactación, se pueden lograr diferentes características de resistencia en un suelo arcilloso, ya que un suelo de éstos compactado del lado seco en la curva de compactación presenta, con la humedad de compactación, un comportamiento relativamente elástico y con una resistencia relativamente alta; mientras que este mismo suelo compactado con una alta humedad, no obstante que su peso volumétrico seco sea alto, presentaría resistencias bajas y comportamiento plástico viscoso: este efecto se debe en general, a que una alta humedad produce en una arcilla efectos de repulsión entre sus partículas, propiciando con ello que la cohesión sea menor que en el caso de emplear humedades de compactación bajas” (14).

“Resulta evidente que los procedimientos que sirvan para mantener a un suelo sin que se produzcan cambios volumétricos, son también adecuados para mantener la resistencia en el suelo. Para mejorar esta propiedad se suele usar algunos procedimientos para lograr una mayor resistencia o incrementar el peso volumétrico, en la actualidad se usa el ensayo de CBR para definir la resistencia de los suelos” (14).

CBR

“Capacidad de Soporte del Suelo se obtiene mediante la Relación de Soporte de California (CBR) que mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte” (9).

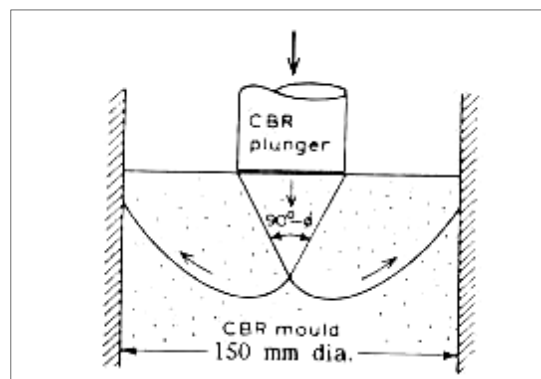
“El CBR es la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que

el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material triturado” (9).

“El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante y que se aplica sólo al estado en el cual se encontraba el suelo durante ensayo. El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1” ó 0.2” de penetración, expresada en por ciento en su respectivo valor estándar” (9).

La expresión que define al CBR, es la siguiente:

Ilustración 3. Mecanismo de falla de suelos generado por el pistón



Fuente: *Funcionalidad de aditivo sólido Rocatech 70/60, LEON FIERRO, K. (9).*

“El procedimiento consiste en:

- Preparar los especímenes para el ensayo de suelos
- Inmersión de los especímenes en agua por 4 días y medición de la expansión.
- Realizar el ensayo de penetración en las muestras de suelos preparadas” (9).

1.3.7.4. Estabilidad volumétrica

Proporciona el control de procesos de hinchamiento y colapso causados por los cambios de humedad, relacionado también con la expansión.

“Los problemas de estabilidad volumétrica se originan sobre todo en la expansión y contracción de muchos suelos, relacionados a los cambios de humedad, esto se pueden presentar en forma rápida originando en muchos casos

el levantamiento del pavimento (si son suelos expansivos), acompañado de las variaciones estacionales o con las actividades del ingeniero” (9).

“Por lo tanto, si las expansiones que se desarrollan debido a un incremento de humedad no se controlan en alguna forma, estas presiones pueden ocasionar graves deformaciones y rupturas en el pavimento en cualquier obra. Es por ello que resulta necesario detectar los suelos expansivos, su composición y el tratamiento más adecuado” (14).

“Para el desarrollo de esta propiedad nos enfocaremos en los suelos arcillosos; los cuales tienen la capacidad de expansión o de contracción dependiendo de su contenido de humedad. En un suelo de estas características la finalidad principal es modificar esa masa de arcilla expansiva transformándola a una masa completamente rígida o en una masa granulada, pero con una capacidad de expansión mínima donde las partículas estén lo suficientemente ligadas para resistir la presión expansiva interna de la arcilla. Esto generalmente se logra con la aplicación de tratamientos químicos o térmicos” (9).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

Nuestra Amazonía Peruana está compuesta por 3 grandes departamentos de selva baja, con una economía por desarrollar mediante el transporte de sus productos y traslado de personas por carreteras y/o pavimentos, asimismo, la construcción de estas carreteras o pavimentos en estos lugares son limitados debido al poco presupuesto que se le asigna por las entidades públicas y a la escases de los materiales granulares en la zona, lo que hace más complicado la construcción o mejoramiento de infraestructura vial de primera categoría por el alto costo que éste representa. Por otro lado, estas carreteras, caminos vecinales y/o pavimentos de pequeña estructura, no presentan una rentabilidad adecuada para ser implementada en el sector público, por lo que se les considera de “menor prioridad” frente a otras con mayor flujo o de mayor valor estratégico (logístico).

“Al Gobierno Regional de Loreto se le conoce por tener una población insatisfecha debido a su inaccesibilidad vía terrestre, hecho que se remonta hasta el año 1970 donde comenzó la construcción de su primera carretera de primera categoría (Iquitos – Nauta) y duró aproximadamente 35 años, por diferentes motivos como políticos, ambientales, sociales, económicos y ecológicos. Esta carretera que consta de 95 kilómetros tuvo un reto grande como el transporte de materiales pétreos para la conformación por sectores de los elementos del pavimento (sub rasante, sub base, base y carpeta asfáltica), haciendo encarecer los costos directos del proyecto” (18).

“En la ciudad Iquitos existe un alto porcentaje de pavimentos deteriorados que tienen poca durabilidad a lo largo de su vida útil, necesitando siempre de mantenimiento periódico por las entidades públicas. Asimismo, existe muchos pavimentos que no se encuentran trabajados y actualmente se encuentran con una capa de rodadura de material existente (arcillas, limo arcilloso, arenas con alta presencia de arcilla en su estructura), haciendo difícil el acceso y tránsito a los

vehículos menores, de pasajeros y carga, por la inestabilidad de estos materiales plásticos” (20).

“En pavimentos que son considerado de bajo volumen de tránsito, caminos vecinales o carreteras de tercer orden, generalmente se tratan como afirmado o capas de rodadura con materiales existentes, por el poco beneficio económico que representan, sin antes evaluar (medir) el beneficio social que representa la construcción de pavimentos económicos para la utilización en calles, jirones, avenidas en zonas urbanas” (19).

Por lo tanto, esta investigación se centró en la utilización de materiales existentes (suelos arcillosos con plasticidad entre baja y alta, considerados como no utilizables en la construcción de carreteras), materiales que predominan en la ciudad de Iquitos, debido a que son abundantes y ocupan gran parte del territorio, y que al ser combinados previamente con porcentajes de cal (hidratada o viva), se modifican sus propiedades físico – mecánicas proporcionando una solución a largo plazo para el empleo en capas de rodadura. De esta forma se reduce el empleo de materiales granulares y los costos directos de la construcción.

De acuerdo a lo expuesto, el empleo de este tipo de estabilización química mediante cal, transforma suelos arcillosos existentes e inestables en estables y utilizables, para demostrar lo expuesto se realizó ensayos específicos con dosis de 2%, 4% y 6% de cal (hidratada y viva), de esta forma se permite ampliar las bondades de este tipo de estabilización y obtener mayor conocimiento de los suelos arcillosos tratados en Iquitos para los usos en pavimentos económicos.

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Problema general

¿De qué manera incide la estabilización de los suelos arcillosos con cal en el mejoramiento de las propiedades de físico-mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019?

2.2.2. Problemas específicos

¿Cómo obtener la incidencia entre el porcentaje de cal hidratada vs cal viva en la reducción de la plasticidad de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019?

¿Cómo obtener la incidencia entre el porcentaje de cal hidratada vs cal viva en el incremento de la máxima densidad de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019?

¿Cómo obtener la incidencia entre el porcentaje de cal hidratada vs cal viva en el incremento de la capacidad de soporte de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019?

¿Cómo obtener la incidencia entre el porcentaje de cal hidratada vs cal viva en el control de la expansión de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019?

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo general

Determinar la incidencia de la estabilización de los suelos arcillosos con cal en el mejoramiento de las propiedades de físico-mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.

2.3.2. Objetivos específicos

Comparar el porcentaje adecuado de cal hidratada vs cal viva que permita la reducción de la plasticidad de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.

Comparar el porcentaje adecuado de cal hidratada vs cal viva que permita el incremento la máxima densidad de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.

Comparar el porcentaje adecuado de cal hidratada vs cal viva que permita el incremento de la capacidad de soporte de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.

Comparar el porcentaje adecuado de cal hidratada vs cal viva que permita controlar la expansión de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La estabilización de los suelos arcillosos con cal incide significativamente en el mejoramiento de las propiedades de físico-mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.

2.5. Variables

2.5.1. Identificación de las variables

Se definieron las siguientes variables para el presente estudio

- Variable independiente (X): Estabilización de suelos arcillosos con cal.
- Variable dependiente (Y): Propiedades físico-mecánicas.
- Variable independiente (x1): Porcentajes adecuados entre cal hidratada vs cal viva.
- Variable dependiente (y1): Reducción de la plasticidad.
- Variable independiente (x2): Porcentajes adecuados entre cal hidratada vs cal viva.
- Variable dependiente (y2): Incremento de la máxima densidad
- Variable independiente (x3): Porcentajes adecuados entre cal hidratada vs cal viva.
- Variable dependiente (y3): Incremento de la capacidad de soporte.
- Variable independiente (x4): Porcentajes adecuados entre cal hidratada vs cal viva.
- Variable dependiente (y4): Control de expansión

2.5.2. Definición conceptual y operacional de las variables

Variable independiente (X): Estabilización de suelos arcillosos con cal.

La estabilización de suelos arcillosos con cal significa mejorar o modificar considerablemente las propiedades físico mecánicas de los suelos arcillosos, produciendo resistencia, estabilidad en un corto y largo plazo.

Variable dependiente (Y): Propiedades físico-mecánicas.

Las propiedades físico-mecánicas del suelo se relacionan directamente con la composición mineralógica del mismo, más aún cuando se trata de suelos arcillosos.

Matemáticamente se expresa de la siguiente manera

$$Y = f(X)$$

Donde:

$$X = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$$

$$Y = y_1 + y_2 + y_3 + y_4$$

$$VD(x_1) \text{ =====> VI}(y_1)$$

$$VD(x_2) \text{ =====> VI}(y_2)$$

$$VD(x_3) \text{ =====> VI}(y_3)$$

$$VD(x_4) \text{ =====> VI}(y_4)$$

$$VD(X) \text{ =====> VI}(Y)$$

2.5.3. Operacionalización de la Variable

Tabla 7. V.I. Estabilización de suelos arcillosos con cal

Variables	Sub variables	Indicadores	Indices	% de Importancia
V. independiente (x): Estabilización de suelos arcillosos con cal	V. independiente (x1): Porcentajes adecuados entre cal hidratada vs cal viva	Tipo de cal	Cal viva Cal Hidratada	10%
		Propiedades químicas por tipo de cal	Cal viva Cal Hidratada	5%
		Propiedades físicas por tipo de cal	Cal viva Cal Hidratada	5%
		Porcentaje de cal	Determinación aproximada de los porcentajes de cal viva y cal hidratada (NTP 334.125:2017)	5%
		Peso de cal	Cálculo del porcentaje referido al peso del material a estabilizar Cantidad de cal en gramos para mezclar con el material a estabilizar	5%
				10%

Fuente: Elaboración propia 2019.

Tabla 8. V.D. Propiedades físico-mecánicas

Variables	Sub variables	Indicadores	Indices	% de Importancia
V. dependiente (y): Propiedades físico-mecánicas	V. dependiente (y1): Reducción de la plasticidad	Ensayos de límites de Atterberg	Determinación del Índice de Plasticidad	10%
	V. dependiente (y2): Incremento de la máxima densidad	Ensayos de Proctor Modificado	Compactación de suelos el laboratorio utilizando energía modificada	10%
	V. dependiente (y3): Incremento de la capacidad de soporte	CBR (California Bearing Ratio)	Resistencia al corte	15%
	V. dependiente (y4): Control de expansión	Ensayo de expansión complemento al CBR Ensayos de inmersión en agua	Controlar los cambios volumétricos	10%
				15%

Fuente: Elaboración propia 2019.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Descriptivo - Explicativo, porque se describen resultados de plasticidad, máxima densidad seca, capacidad de soporte con CBR y expansión, asimismo se explica las causas de los fenómenos ocurridos en los resultados de ensayos a los suelos sin cal (estado natural) y la modificación a estas propiedades cuando se utiliza cal.

3.1.2. Diseño de investigación

Experimental, porque se manipula la variable independiente (estabilización de suelos arcillosos con cal) para obtener diferentes resultados de ensayos de laboratorio de suelos, luego, verificar la modificación de la variable dependiente (propiedades fisico-mecánicas). **Prospectivo**, porque existe una cierta información de resultados en manuales y normativas sobre la utilización de cal que ayudan a la realización de los ensayos, con lo cual se puede administrar los límites y rangos de resultados. **Longitudinal**, porque las variables de estudio son medidas en más de una ocasión mediante ensayos de laboratorio de suelos.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Está constituida por 559 m de longitud en la prolongación Navarro Cauper, distrito de San Juan, provincia de Maynas, departamento de Iquitos, se escoge este tramo debido a la presencia de suelos arcillosos inestables con pendiente alta (5.7%), donde en épocas de lluvias resulta difícil el acceso y tránsito a los vehículos menores, de pasajeros y carga.

Ilustración 4. Ubicación de la Prolongación Navarro Cauper



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5. Condición actual de la Prolongación Navarro Cauper



Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Muestra

En el Manual de Carreteras, sección suelos y pavimento se indica que la caracterización de los materiales para vías de bajo volumen de tránsito (< 200 veh/día), se deberá realizar 1 calicata x cada km, asimismo, en la normativa técnica

CE.010 Pavimentos Urbanos, indica que para vías locales el número de investigación es 1 cada 3600 m² de área, esta investigación cuenta con 3354 m². Por lo tanto, se realizó 2 calicatas en las progresivas 00+160 y 00+420, de donde se extrae material de la capa de rodadura existente, con estos materiales se desarrolla la estabilización con cal y los ensayos respectivos.

Ilustración 6. Ubicación de 2 calicatas



Fuente: Elaboración propia

3.3. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

Exploración de campo

Se efectuaron prospecciones de campo (calicatas) en un pavimento afirmado de 559 m de longitud de la prolongación Navarro Cauper, distrito de San Juan, provincia de Maynas, departamento de Iquitos

La información conseguida en campo contribuirá a la realización de la clasificación de suelos por el método SUCCS y AASTHO, además de los ensayos necesarios como límites de Atterberg, Proctor Modificado, CBR y expansión. La aplicación de la información señalada en el párrafo anterior, permitirá efectuar el análisis de los datos obtenidos, logrando así cumplir con los objetivos trazados, asimismo se podrá obtener conclusiones y recomendaciones concretas.

Además, se recolectarán datos existentes de estudios similares, así como normas técnicas.

Revisión Bibliográfica

- Revisión de estudios realizados (tesis e investigaciones científicas).
- Libros relacionados al tema.
- Las muestras de suelo serán las que se indican en el MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM 2006).

Observación directa

- Tomas fotográficas.
- Visita in situ.

Ilustración 7. Extracción muestra para ensayos de la calicata N°01 - km 00+160



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 8. Extracción muestra para ensayos de la calicata N°02 - km 00+420



Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Antes de seleccionar los instrumentos, se preparó unas planillas para clasificación de suelos, límites de Atterberg, Proctor Modificado, CBR y expansión. Estas planillas sirven para anotar todos los resultados obtenidos de los ensayos.

Los principales instrumentos que se usaron para la investigación son balanza, tamices normados, aparato de límite líquido o copa de Casagrande, acanalador, horno de secado, moldes de proctor modificado, moldes de CBR, prensa de CBR, diales de expansión, recipientes y herramientas.

3.3.3. Procedimientos de recolección de datos

- Obtención de muestras extraídas de las calicatas.
- Conservación y transporte de muestras de suelo.
- Obtención de las muestras representativas (cuarteo).
- Preparación en seco de las muestras para análisis granulométrico.
- Análisis granulométrico de suelos por tamizado.
- Determinación del contenido de humedad de la muestra.
- Determinación del límite líquido (LL) de la muestra.
- Determinación del límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP).
- Ensayos de Proctor modificado de la muestra

- CBR (California Bearing Ratio) de la muestra.
- Ensayo de expansión complemento al CBR de la muestra
- Análisis, interpretación de resultados de la muestra en estado natural.
- Obtención de cal viva y cal hidratada.
- Comprobación de propiedades químicas – físicas de cal viva y cal hidratada.
- Determinación aproximada de los porcentajes de cal viva y cal hidratada para ensayos de plasticidad, Proctor modificado y CBR.
- Ensayos de límites de Atterberg con cal viva y cal hidratada.
- Ensayos de Proctor modificado con cal viva y cal hidratada.
- CBR (California Bearing Ratio) con cal viva y cal hidratada.
- Ensayo de expansión complemento al CBR con cal viva y cal hidratada.
- Ensayos de inmersión en agua de los materiales estabilizados con cal viva, cal hidratada y naturales.

3.4. Procesamiento de datos y análisis estadísticos

Luego de obtenido los resultados de los ensayos con diferentes % de cal viva y cal hidratada (2%, 4% y 6%), se procede a la creación de cuadros y gráficos con el programa Microsoft Excel.

Se realiza comparaciones de los resultados que experimentaron cada muestra con los diferentes tipos de porcentajes en cal viva y cal hidratada.

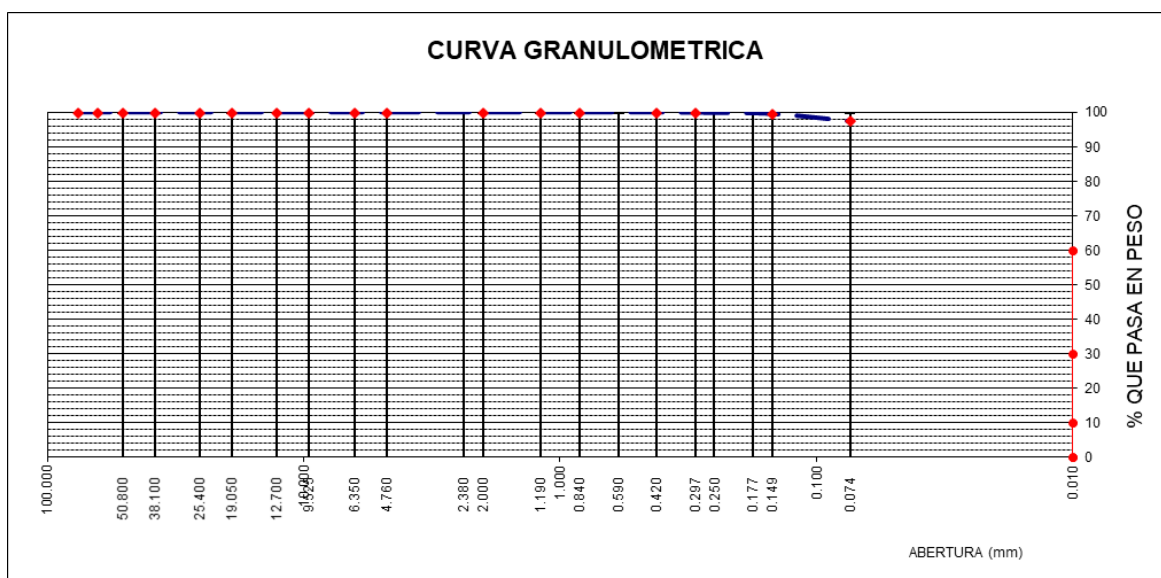
CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados de análisis granulométrico de suelos

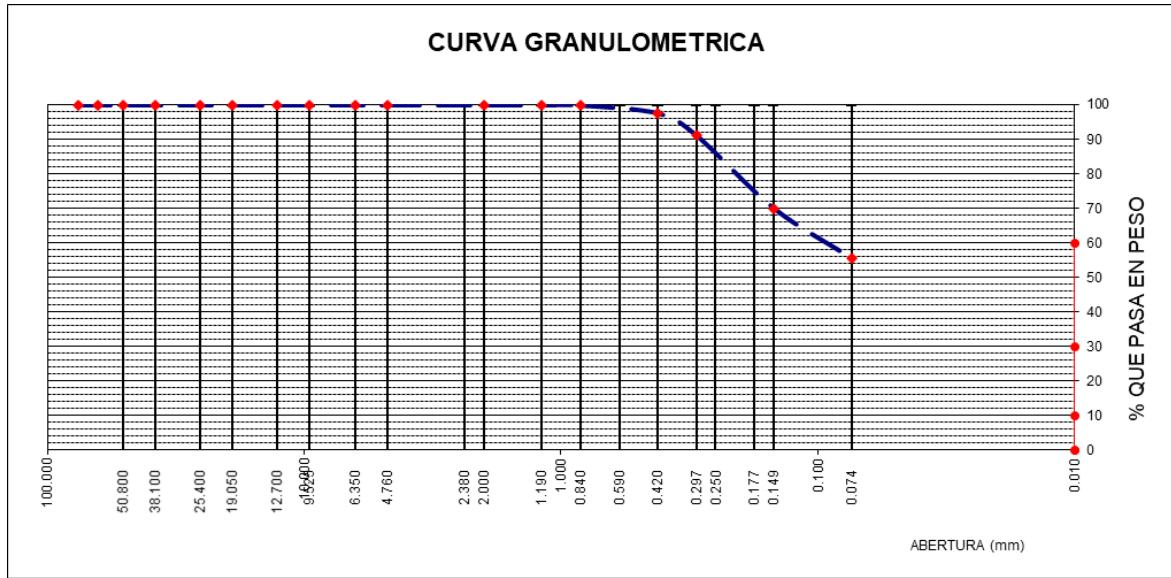
Se realizó el tamizado de las muestras de cada calicata, por las mallas estandarizadas ASTM, posteriormente se calculó tanto el peso retenido como el porcentaje de peso pasante por cada tamiz, el cual se representa en las siguientes ilustraciones. Los certificados de ensayos de laboratorio para este ensayo se adjuntan en el ANEXO 02.

Ilustración 9. Curva granulométrica - Calicata N°01 - Km 00+160



Fuente: Laboratorio Universidad Científica del Perú

Ilustración 10. Curva granulométrica - Calicata N°02 - Km 00+420



Fuente: Laboratorio Universidad Científica del Perú

4.2. Resultados del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad

Los resultados de los límites de Atterberg que son necesarios para la clasificación SUCCS y AASTHO, vienen presentados en la tabla 7. Los Certificados de Ensayo de Laboratorio para este ensayo se adjuntan en el ANEXO 02.

Tabla 9. Resultados de los límites de Atterberg

Nº	Progresiva	Ubicación	Límite Líquido	Límite Plástico	IP Malla Nº40
1	00+160	Calicata - 01	51.93	18.84	33.09
2	00+420	Calicata - 02	33.31	12.43	20.88

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio Universidad Científica del Perú

4.3. Resultados de clasificación de los suelos de las calicatas

Los resultados de clasificación de acuerdo a SUCS y AASHTO se visualiza en la tabla 8. Los certificados de ensayo de laboratorio se adjuntan en el ANEXO 02.

Tabla 10. Resultados de clasificación de los suelos de calicatas

Nº	Ubicación	GRANULOMETRIA % QUE PASA											Clasificación		LL	LP	IP
		2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	# 20	# 40	# 50	# 100	# 200	SUCS	AASHTO			
1	Calicata - 01	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	99.6	97.6	CH	A-7-6 (18)	51.93	18.84	33.09
2	Calicata - 02	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	97.6	91.1	70.0	55.4	CL	A-6 (8)	33.31	12.43	20.88

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio Universidad Científica del Perú

4.4. Resultados de Proctor modificado para suelo natural

Para determinar el método por el cual se realizará el ensayo de Proctor Modificado, se empleó la tabla 8, y acorde a las muestras representativas de suelo que se obtuvieron mediante la prospección de las 2 calicatas, se realizó por el método A. La tabla 9, viene presentada por los resultados que se obtuvieron del ensayo de Proctor modificado realizado en laboratorio,

Los certificados de ensayo de laboratorio para el ensayo de Proctor Modificado para suelo natural se adjuntan en el ANEXO 02.

Tabla 11. Métodos de uso para el ensayo de Proctor modificado

		MÉTODO "A"	MÉTODO "B"	MÉTODO "C"
% Retenido Acumulado	Tamiz 3/4"	-	-	<30
	Tamiz 3/8"	-	≤20	>20
	Tamiz N° 4	≤20	>20	-
Molde Ø		4"	4"	6"
Material		N° 4	3/8"	3/4"
N° de capas		5	5	5
N° de golpes por capa		25	25	56
Peso de martillo		10 lb	10 lb	10 lb
Altura de caída en pulg.		18"	18"	18"

Fuente: Adaptado del Manual de ensayo de materiales (2016)

Tabla 12. Resultados de ensayo Proctor Modificado

Nº	Progresiva	Ubicación	Limite Líquido	Limite Plástico	IP Malla Nº40	Proctor Modificado	
						MDS	%W
1	00+160	Calicata - 01	51.93	18.84	33.09	1.662	16.49
2	00+420	Calicata - 02	33.31	12.43	20.88	1.979	11.51

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio Universidad Científica del Perú

4.5. Resultados de CBR y expansión para suelo natural

En la tabla 10 se puede observar los resultados que se obtuvieron en el ensayo de CBR, de las muestras obtenidas de las 2 calicatas exploradas, se puede observar que la calicata 01 tiene un valor de CBR de 3.35% al 100% de la MDS, con una expansión de 9.15%, siendo este el más crítico en comparación a la calicata 02 que tiene un valor de CBR de 8.07% al 100% de la MDS y una expansión de 3.3%.

Los certificados para el Ensayo de C.B.R. para suelo natural se adjuntan en el ANEXO 02.

Tabla 13. Resultados de CBR y expansión para suelo natural

Nº	Progresiva	Ubicación	Natural		Expansión
			CBR (0.1")		
			100% mds	95% mds	
1	00+160	Calicata - 01	3.35	2.15	9.15%
2	00+420	Calicata - 02	8.07	6.40	3.3%

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio Universidad Científica del Perú

4.6. Resultados de plasticidad de suelos estabilizados con cal

En la tabla 12 se puede observar los resultados de plasticidad que se obtuvieron de los ensayos de límite líquido y límite plástico con las muestras de suelos de las dos calicatas, estabilizadas con hidratada y cal viva.

Tabla 14. Resultados de plasticidad de suelos estabilizados con cal

Nº	Progresiva	Ubicación	Tipo de Cal	Adición % Cal en peso	Limite Liquido	Limite Plastico	IP Malla Nº40
1	00+160	Calicata - 01	Natural		51.93	18.84	33.09
			Hidratada	2%	51.87	18.43	33.44
				4%	51.17	18.75	32.42
				6%	50.83	19.58	31.25
			Viva	2%	49.48	19.18	30.30
				4%	47.43	20.46	26.97
6%	44.91	20.86		24.05			
2	00+420	Calicata - 02	Natural		33.31	12.43	20.88
			Hidratada	2%	32.94	13.13	19.81
				4%	31.84	12.51	19.33
				6%	30.46	12.54	17.92
			Viva	2%	31.21	12.81	18.40
				4%	29.53	13.66	15.87
6%	27.82	13.55		14.27			

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio Universidad Científica del Perú

4.7. Resultados de máxima densidad seca de suelos estabilizados con cal

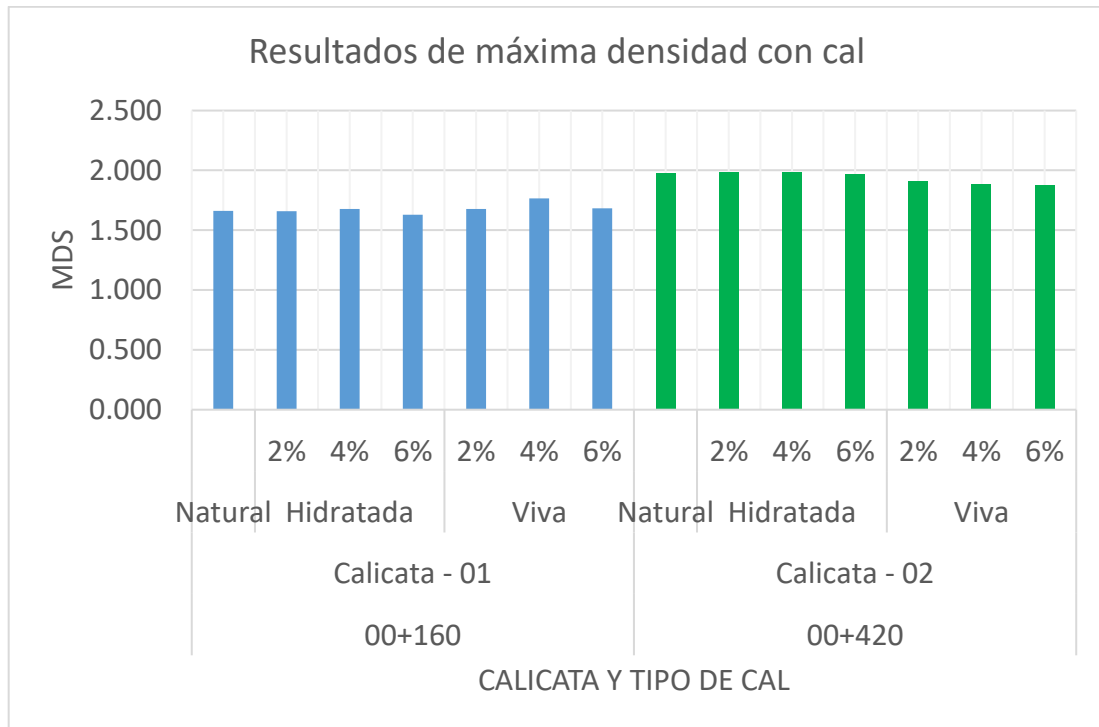
Para realizar este ensayo se adicionó 2%, 4% y 6% de cal hidratada y cal viva en las 2 muestras de suelo. Se procedió a mezclar los suelos con cal y se dejó 24 horas de mezclado, para proceder con la confección de muestras al día siguiente. En la tabla 13 se puede observar los resultados de máxima densidad seca obtenida del ensayo Proctor modificado, con las muestras de suelos de las dos calicatas, estabilizadas con hidratada y cal viva

Tabla 15. Resultados de máxima densidad seca de suelos estabilizados con cal

Nº	Progresiva	Ubicación	Tipo de Cal	Adición % Cal en peso	Proctor Modificado				
					MDS	%W			
1	00+160	Calicata - 01	Natural		1.662	16.49			
				Hidratada	2%	1.660	18.11		
					4%	1.678	18.11		
			6%		1.630	18.08			
			Viva	2%	1.678	16.86			
				4%	1.766	16.43			
				6%	1.683	15.93			
			2	00+420	Calicata - 02	Natural		1.979	11.51
							Hidratada	2%	1.987
4%	1.983	11.37							
6%	1.971	11.69							
Viva	2%	1.907				13.00			
	4%	1.885				12.64			
	6%	1.880				12.26			

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio Universidad Científica del Perú

Ilustración 11. Incremento de la densidad con cal hidratada y cal viva



Fuente: Elaboración propia - Laboratorio Universidad Científica del Perú

4.8. Resultados de resistencia de suelos estabilizados con cal

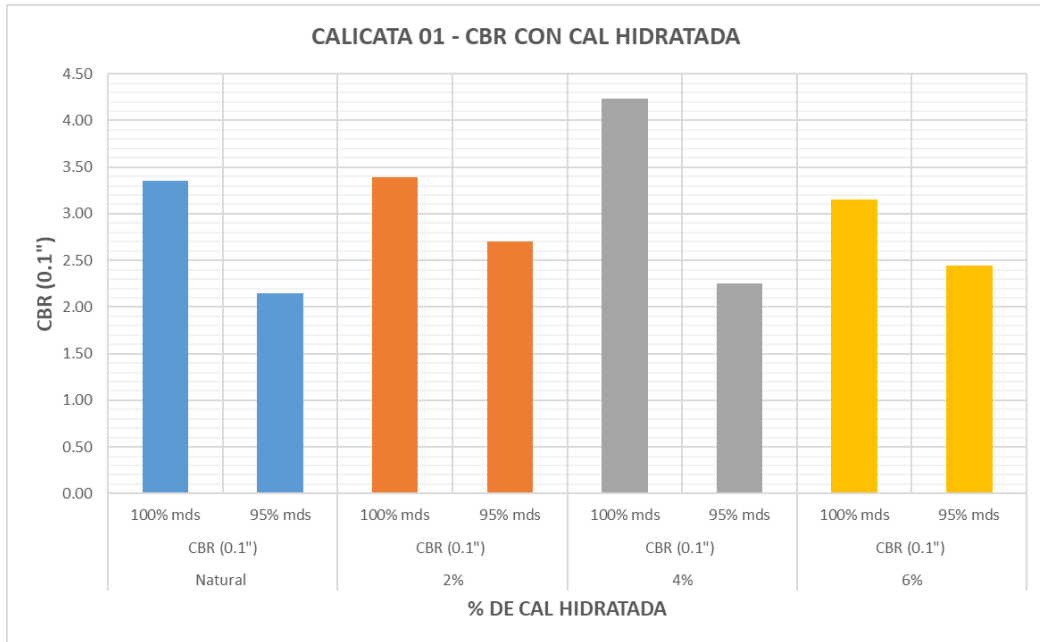
Para realizar este ensayo se adicionó 2%, 4% y 6% de cal hidratada y cal viva en las 2 muestras de suelo y se repitió el mismo procedimiento de la prueba CBR. Se procedió a mezclar los suelos con cal y se dejó 24 horas de mezclado, para proceder con la confección de muestras al día siguiente. En la tabla 14 se puede observar las diferentes resistencias obtenida del ensayo CBR, con las muestras de suelos de las dos calicatas, estabilizadas con hidratada y cal viva

Tabla 16. Resultados de resistencia de suelos estabilizados con cal

SUELOS NATURALES		SUELOS ESTABILIZADOS																	
Nº	Ubicación	CAL HIDRATADA									CAL VIVA								
		2%		Expansión	4%		Expansión	6%		Expansión	2%		Expansión	4%		Expansión	6%		Expansión
		CBR (0.1")			CBR (0.1")			CBR (0.1")			CBR (0.1")			CBR (0.1")			CBR (0.1")		
		100% mds	95% mds	100% mds	95% mds	100% mds	95% mds	100% mds	95% mds	100% mds	95% mds	100% mds	95% mds	100% mds	95% mds	100% mds	95% mds		
1	Calicata - 01																		
		3.39	2.70	6.17%															
					4.23	2.25	4.07%												
								3.15	2.44	3.50%									
											21.78	18.90	4.27%						
														40.31	22.20	4.43%			
																	88.91	75.50	0.18%
2	Calicata - 02																		
		4.90	3.05	3.73%															
					4.42	3.20	3.36%												
								6.82	3.90	4.41%									
											97.50	61.50	0.98%						
														48.27	38.40	10.01%			
																	37.65	24.30	13.51%

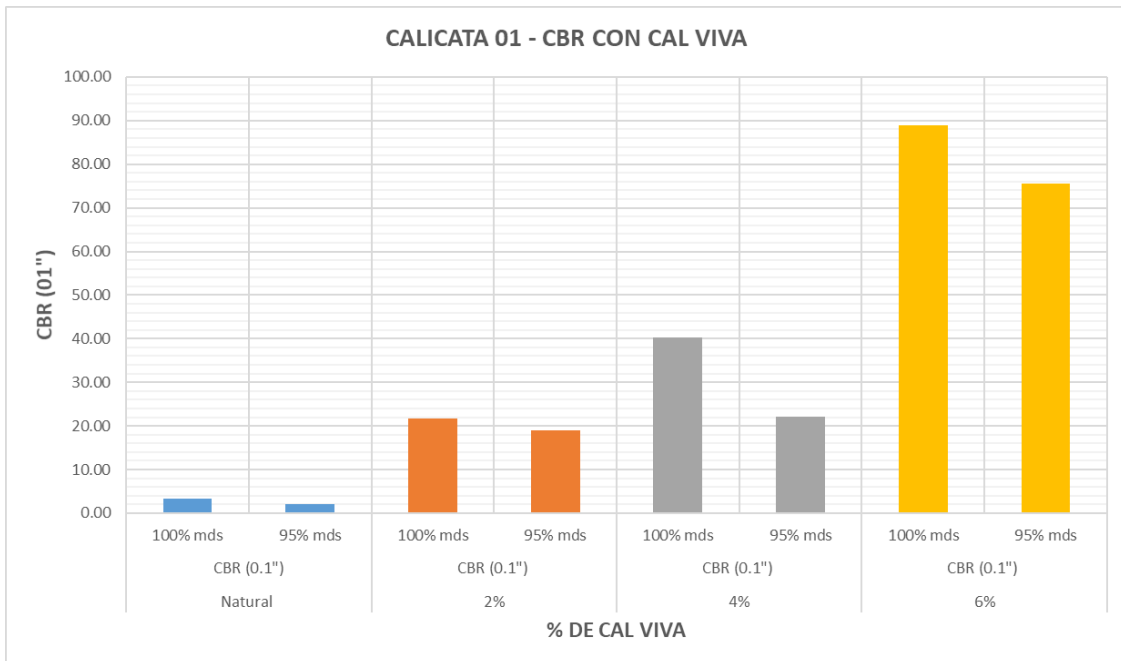
Fuente: Elaboración propia - Laboratorio Universidad Científica del Perú

Ilustración 12. Resultados de CBR con cal hidratada - Calicata 01



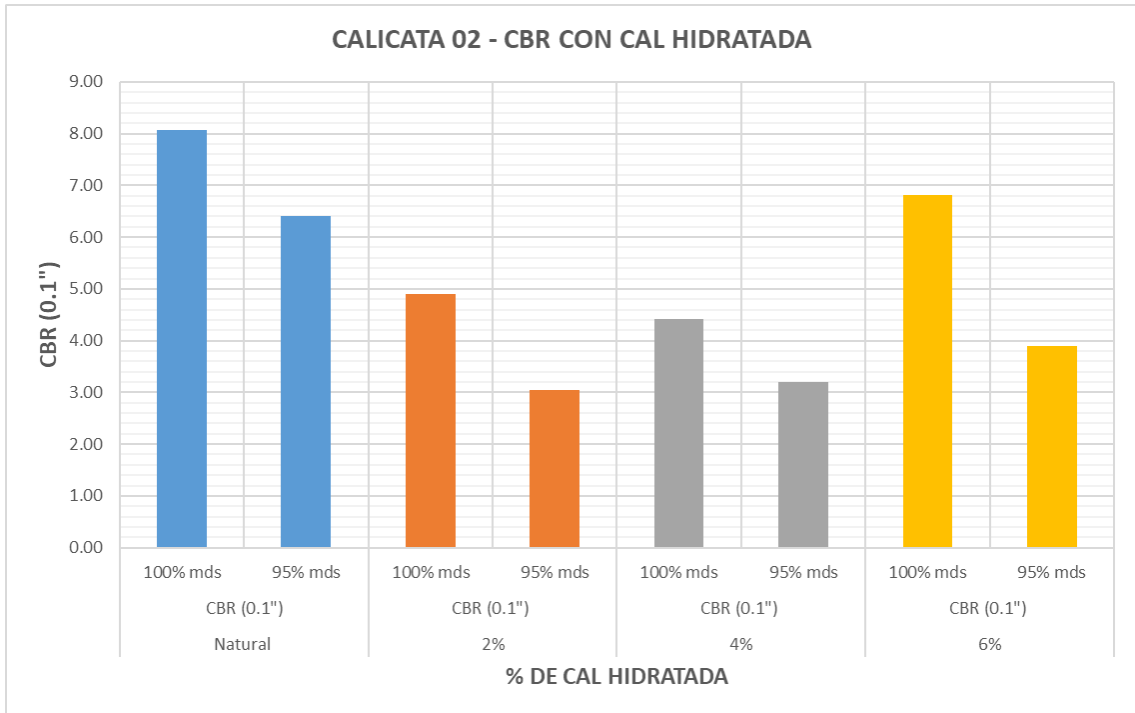
Fuente: Elaboración propia - Laboratorio Universidad Científica del Perú

Ilustración 13. Resultados de CBR con cal viva - Calicata 01



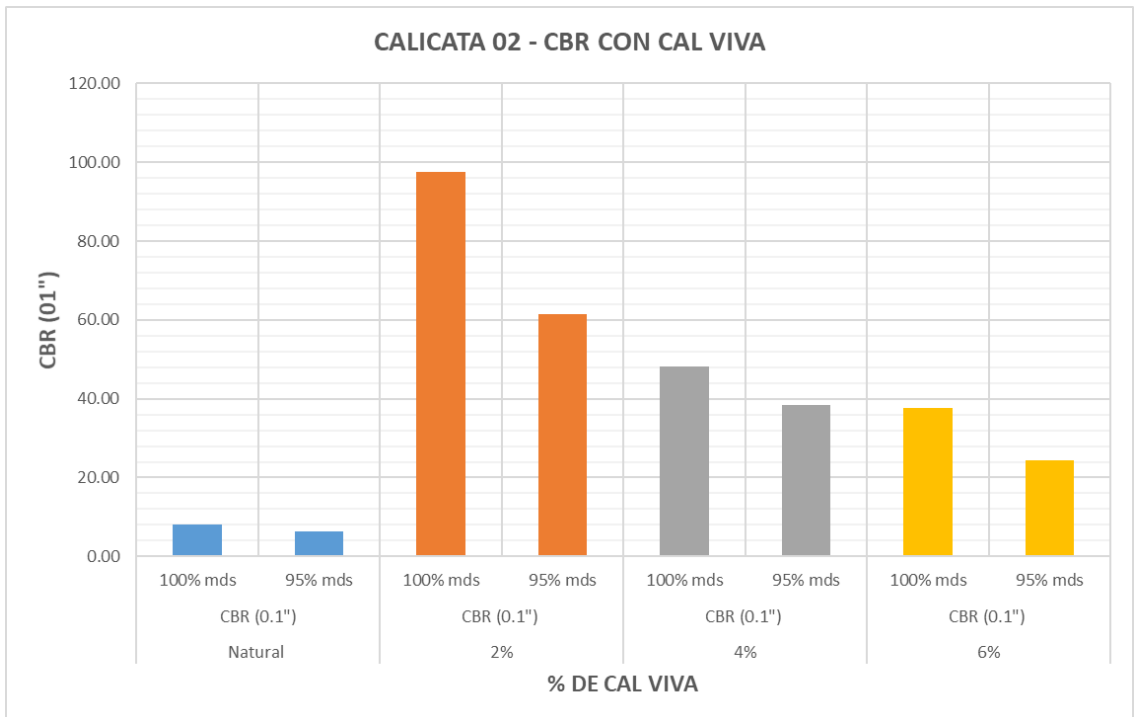
Fuente: Elaboración propia - Laboratorio Universidad Científica del Perú

Ilustración 14. Resultados de CBR con cal hidratada - Calicata 02



Fuente: *Elaboración propia - Laboratorio Universidad Científica del Perú*

Ilustración 15. Resultados de CBR con cal viva - Calicata 02



Fuente: *Elaboración propia - Laboratorio Universidad Científica del Perú*

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Discusión de resultados

En la presente investigación se coincide con lo indicado por **MONTEJO FONSECA** (14), donde se demuestra que para suelos con índices plásticos inferiores a 15, la cal incrementa el límite líquido en forma que el índice plástico experimenta un ligero incremento y que para suelos más plásticos ($IP > 15$) la cal generalmente reduce el límite líquido y aumenta el límite plástico, traduciéndose en una disminución apreciable del índice plástico. En ambas muestras la cal viva genera una mayor reducción de plasticidad, significa que disminuye el límite líquido y aumento el límite plástico.

Asimismo, se vuelve a demostrar lo indicado por **MONTEJO FONSECA** (14), donde la cal hidratada y la cal viva produce una alteración en la densidad de los suelos arcillosos. En la calicata 01, donde los suelos son altamente expansivos la cal hidratada no genera gran aporte a la densidad máxima seca, sin embargo, genera un importante aumento en el óptimo contenido de humedad. asimismo, la cal viva genera un incremento ligero de la densidad máxima seca, pero mantiene el óptimo contenido de humedad. En la calicata 02, donde los suelos son de baja expansión, la cal hidratada mantiene la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad, mientras que con cal viva disminuye su densidad máxima seca y disminuye su óptimo contenido de humedad.

Para **Cuadros Surichaque C, (1)** el hecho que la adición de cal incrementa la resistencia de un suelo mientras reduce su densidad no debería extrañar. En el caso de un material específico la resistencia generalmente aumenta con la densidad. Sin embargo, cuando la cal es agregado a un suelo natural se forma un nuevo material, el cual puede tener propiedades físicas y químicas enteramente diferentes que el original y, por lo tanto, su propia densidad máxima puede tener mayor resistencia que el suelo no tratado, aunque éste se encuentre más densificado.

Melendres (3) indica que la cal modifica la plasticidad, aumenta la capacidad de soporte y resistencia al corte del material y reduce su hinchamiento (expansión). Acabamos de comprobar que la cal hidratada y cal viva realizan aumentos y disminuciones importantes dependiendo del tipo de suelo arcilloso (alta o baja expansión).

5.2. Conclusiones

La cal hidratada y cal viva reducen la plasticidad, pero en mayor porcentaje lo hace la cal viva. En la calicata 01 el IP del suelo natural es 33.09%, con 6% de cal hidratada se obtiene el IP de 31.25%, mientras que con 6% de cal viva se obtiene el IP de 24.05%. En la calicata 02 el IP del suelo natural es 20.88%, con 6% de cal hidratada se obtiene el IP de 17.92%, mientras que con 6% de cal viva se obtiene el IP de 14.27%.

Si bien la cal viva disminuye la densidad de compactación del suelo, no ocurre lo mismo con la capacidad resistente del mismo. En la calicata 01 (suelos de alta expansión), la cal hidratada no genera gran aporte a la densidad máxima seca, sin embargo, genera un importante aumento en el óptimo contenido de humedad, asimismo, la cal viva genera un incremento ligero de la densidad máxima seca, pero mantiene el óptimo contenido de humedad. En la calicata 02 (suelos de baja expansión), la cal hidratada mantiene la densidad máxima seca y el óptimo contenido de humedad, mientras que con cal viva disminuye su densidad máxima seca y aumenta su óptimo contenido de humedad.

La cal viva en contacto con el suelo arcilloso con humedad, produce una explosión exotérmica, que eleva la temperatura, reduciendo la humedad después de un tiempo prolongado. Se denomina explosión exotérmica a la reacción química que desprenda energía ya sea como luz o calor. La percepción nuestra cuando la cal viva estuvo en contacto con agua, es el aumento de temperatura a los 30 segundos.

El efecto debido a la acción cementante de la cal, no aparece inmediatamente después de la compactación, sino al cabo de cierto tiempo en que tiene lugar la iniciación del fraguado.

Los ensayos de CBR sobre suelos tratados con cal viva, muestran un pronunciado disminución de la expansión de la estabilidad en relación con la del suelo, en la mayoría de los casos.

En los suelos altamente expansivos de la calicata 01, la cal hidratada no genera gran valor de CBR en todos los porcentajes, sin embargo, reduce significativamente la expansión, mientras que la cal viva genera un incremento importante del CBR a medida que aumenta el % de cal viva, obteniendo el mejor CBR de 88.91% al 100 de la MDS con dosis de 6%, asimismo, con esta misma dosis se logra controlar la expansión, obteniendo resultados de 0.18%.

En los suelos de baja expansión de la calicata 02, la cal hidratada no genera gran valor de CBR en todos los porcentajes, asimismo no genera reducciones significativas en la expansión, mientras que la cal viva genera un incremento importante del CBR, tiene el mejor desempeño con una dosis de 2% de cal viva, obteniéndose un CBR de 97.50% al 100 de la MDS, y expansión de 0.98%, mientras que con una dosis de 6% se obtiene CBR de 37.65% al 100 de la MDS, y expansión de 13.51%, no logrando controlar la expansión.

5.3. Recomendaciones

Se debería controlar la humedad y temperatura cada 2 horas una vez colocado la cal viva en contacto con los suelos arcilloso con humedad, para determinar la variación humedad mediante gráficas y proyectar para una construcción de grandes volúmenes de suelos arcilloso con cal viva.

Se debe tener una especial atención en el curado de las probetas durante cierto periodo de tiempo (aproximadamente 7 días), debido a que este procedimiento genera un aumento de resistencia.

Se debería realizar ensayos de compresión no confinada para suelos cohesivos, para obtener la resistencia de los suelos estabilizados con cal a la compresión.

Como recomendación para la ejecución de obras usando la estabilización química con cal viva, se debe tener mucho cuidado en los siguientes puntos:

- El material a usar se debe secar por procesos mecánicas (planta, secado al aire, químicos (en este punto se puede agregar aditivos para la reducción de humedad o agregar un porcentaje de cal viva para secar los materiales a usar).
- El material seco a estabilizar deberá ser acopiado y cubierto con mantas de polipropileno, para evitar el humedecimiento con lluvias o inundaciones propias de la zona.
- Cada 2 horas se debe controlar la humedad con Speedy.
- Las maquinarias a usar deben ser motoniveladora, excavadora, tractor, rodillo tándem y rodillo pata de cabra.
- Se deberá realizar tramos de prueba para estandarizar los procesos constructivos.

Referencia bibliográfica

1. CUADROS SURICHAQUI, C. 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 [en línea]. María Mueras Gutierrez, tut., Tesis de pregrado. Universidad Peruana Los Andes, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2017. [Consulta: 15-02-19]. Disponible en: <https://url2.cl/hH3AJ>.
2. JARA ANYAYPOMA, R. *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso* [en línea]. Rosa Llique Mondragon, tut., Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2014. [Consulta: 18-02-19]. Disponible en: <https://url2.cl/LzFhy>.
3. MELENDRES CHUQUILLANQUE, E. *Estabilización química con cal viva para carreteras con suelos arcillosos* [en línea]. Carmen Chilon Muñoz, tut., Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería Civil, 2007. [Consulta: 18-02-19]. Disponible en: <https://url2.cl/mr5dH>.

4. GUAMÁN ILER, I. *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)* [en línea]. Fricson Moreira, tut., Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Ambato, Facultad Ingeniería Civil, 2016. [Consulta: 18-04-19]. Disponible en: <https://url2.cl/MIStd>.
5. ALTAMIRANO NAVARRO, G. y DÍAZ SANDINO, A. *Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, Municipio Potosí – Rivas* [en línea]. Horacio Ulloa López, tut., Tesis de pregrado. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Departamento de Construcción de Ingeniería Civil, 2015. [Consulta: 09-05-19]. Disponible en: <https://url2.cl/8WXJG>.
6. HUEZO MALDONADO, H. y ORELLANA MARTINEZ, A. *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en El Salvador* [en línea]. Dilber Sánchez Vides, tut., Tesis de pregrado. Universidad de El Salvador, Escuela de Ingeniería Civil, 2009. [Consulta: 15-06-19]. Disponible en: <https://url2.cl/6ECTc>.
7. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014. *Manual de Carreteras, Suelos Geología Geotécnica y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos, R.D. N°10-2014-MTC/14*. Lima: ICG.
8. GONZALES, Álvaro, 2016. *Caracterización estructural detallada e investigación del proceso de deterioro de materiales tratados con Tecnología PROES de estabilización de suelos a través de pruebas de laboratorio y mediciones en terreno*. Chile. Corfo.
9. LEÓN FIERRO, K. *Funcionalidad del aditivo sólido Rocatech 70/30 como aglomerante para una base estabilizada con la Tecnología Proes en el proyecto Red Vial N°3 - Cusco* [en línea]. Augusto García, tut., Tesis de pregrado. Universidad Continental, Facultad Ingeniería, 2016. [Consulta: 20-01-20]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/2918>.

10. NATIONAL LIME ASSOCIATION. *Manual de estabilización de suelo tratado con cal* [en línea]. Editado por Asociación Americana de Constructores de Carreteras. Noviembre 2006. [Consulta: 15-07-20]. Disponible en: <https://url2.cl/16pjh>.
11. NORMA TÉCNICA PERUANA, 2017. *Cales, cal vida y cal hidratada para estabilización de suelos, requisitos NTP 334.125:2017*. Lima: 2ª ed. INACAL.
12. ARANEA RUIZ, J. *Introducción a la mecánica de suelos y temas asociados*. Chile, 2016.
13. DUQUE ESCOBAR, G. Y ESCOBAR POTES, CARLOS. *Mecánica de suelos*. [en línea]. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, 2002. [Consulta: 04-02-20]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1864/>.
14. MONTEJO FONSECA, A. 2002. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. 2002. Bogotá 2ª. Ed. Ediciones y publicaciones Universidad Católica de Colombia.
15. BRAJA M. DAS, 2001. *Fundamentos de la ingeniería geotécnica*. California State University, Sacramento. Thomson Learning.
16. CARDENAS PIUCOL, A. y DONOSO MONTERO, A. *Proposición de una metodología particular para obtener la capacidad de soporte para suelos granulares sin curva proctor definida* [en línea]. José Cárcamo Romero, tut., Tesis de pregrado. Universidad de Magallanes, Facultad de Ingeniería, 2008. [Consulta: 11-07-20]. Disponible en: <https://n9.cl/g9hkt>.
17. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2016. *Manual de Ensayos de Materiales, R.D. N°18-2019-MTC/14*. Lima: ICG.
18. FLORES PAITÁN, GÓMEZ ROMERO Y KALLIOLA, *Geoecología y desarrollo amazónico. Estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú* [en línea], 1998 [Consulta: 02-02-2019]. Disponible en: http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/CDinvestigacion/unap/unap7/UNAP7_PORTADA.HTM.

19. ZAVALA ASCAÑO, G. *Estabilización de suelos tropicales con aditivos químicos en carreteras no pavimentadas de la selva baja del Perú caso: Caminos vecinales de Madre de Dios*. Roque Sanchez Cristobal, tut., Tesis de doctoral. Universidad Nacional Federico Villareal. Escuela Universitaria de Post Grado, 2015.
20. DEL ÁGUILA RAMINREZ, B. *Evaluación patológica del pavimento rígido de la calle Brasil cuerdas 8 a 12 y técnicas de reparación – Iquitos 2017* [en línea]. Guillermo Cabanillas, tut., Tesis de pregrado. Universidad Científica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2017. [Consulta: 20-06-19]. Disponible en: <https://n9.cl/wcp9u>.
21. PROCAKALDI, *Ficha técnica cal viva*. 2018.
22. VIHERSA, *Ficha técnica cal de obra*. 2020.

Anexo 01: Matriz de Consistencia

Anexo 02: Certificados de ensayos de suelo en estado natural

Anexo 03: Certificado de ensayos químico de calicata N° 01

Anexo 04: Certificado de ensayos químico de calicata N° 02

Anexo 05: Certificados de ensayos de suelo estabilizado con cal hidratada

Anexo 06: Certificados de ensayos de suelo estabilizado con cal viva

Anexo 07: Panel fotográfico de los ensayos realizados

Anexo 08: Ficha técnica de la cal viva empleada

Anexo 09: Ficha técnica de la cal hidratada empleada

ANEXO 01

Estabilización con cal para el mejoramiento de las propiedades de suelos arcillosos y uso como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper,, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos



Matriz de Consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Metodología de la investigación	Diseño de la investigación
¿De qué manera incide la estabilización de los suelos arcillosos con cal en el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019?	Determinar la incidencia de la estabilización de los suelos arcillosos con cal en el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.	La estabilización de los suelos arcillosos con cal incide significativamente en el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper,, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.	V. independiente (x): Estabilización de suelos arcillosos con cal V. dependiente (y): Propiedades físico-mecánicas	Orientación aplicada. Enfoque cuantitativo Recolección de datos: Prolectiva Tipo: Descriptivo Tipo: Explicativo Nivel de la Investigación Descriptivo	Diseño: experimental, prospectivo y longitudinal
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos	Variables		
¿Cómo obtener la incidencia entre el porcentaje de cal hidratada vs cal viva en la reducción de la plasticidad de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019?	Comparar el porcentaje adecuado de cal hidratada vs cal viva que permita la reducción de la plasticidad de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.	Comparando los porcentajes adecuados entre cal hidratada vs cal viva permite validar la reducción de la plasticidad y trabajabilidad de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.	V. independiente (x1): porcentajes adecuados entre cal hidratada vs cal viva V. dependiente (y1): reducción de la plasticidad		
¿Cómo obtener la incidencia entre el porcentaje de cal hidratada vs cal viva en el incremento de máxima densidad de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019?	Comparar el porcentaje adecuado de cal hidratada vs cal viva que permita el incremento la máxima densidad de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.	Comparando los porcentajes adecuados entre cal hidratada vs cal viva permite validar el incremento de la máxima densidad de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.	V. independiente (x2): porcentajes adecuados entre cal hidratada vs cal viva V. dependiente (y2): incremento de la máxima densidad		
¿Cómo obtener la incidencia entre el porcentaje de cal hidratada vs cal viva en el incremento de la capacidad de soporte de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019?	Comparar el porcentaje adecuado de cal hidratada vs cal viva que permita el incremento de la capacidad de soporte de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.	Comparando los porcentajes adecuados entre cal hidratada vs cal viva permite validar el incremento de la capacidad de soporte de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.	V. independiente (x3): porcentajes adecuados entre cal hidratada vs cal viva V. dependiente (y3): incremento de capacidad de soporte		
¿Cómo obtener la incidencia entre el porcentaje de cal hidratada vs cal viva en el control de la expansión de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019?	Comparar el porcentaje adecuado de cal hidratada vs cal viva que permita controlar la expansión de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.	Comparando los porcentajes adecuados entre cal hidratada vs cal viva permite validar el control de la expansión de los suelos arcillosos en la prolongación Navarro Cauper, Distrito San Juan – Maynas – Iquitos, 2019.	V. independiente (x4): cantidad adecuada de cal hidratada y cal viva V. dependiente (y4): control de expansión		

ANEXO 02

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

FECHA DE EXTRACCIÓN : 07/09/2019

Datos de campo:

Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+160

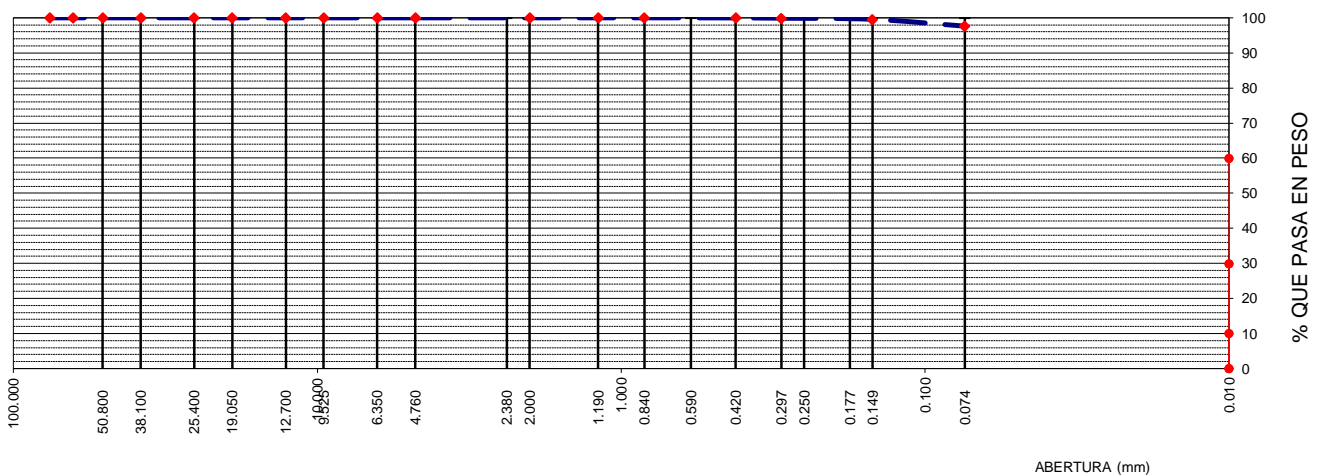
Fecha de ensayo : 19-08-2019

Peso de muestra seca : 192.21

Peso de muestra lavada : 4.55

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific.	Observaciones
2 1/2"	63.500						L. Líquido : 51.93
2"	50.600						L. Plástico : 18.84
1 1/2"	38.100						Ind. Plástico : 33.09
1"	25.400						Clas. SUCS : CH
3/4"	19.050						Clas. AASHTO : A-7-6 (18)
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
Nº4	4.760						
Nº10	2.000						
Nº20	0.840				100.00		
Nº40	0.420	0.06	0.03	0.03	99.97		
Nº50	0.297	0.17	0.09	0.12	99.88		
Nº100	0.149	0.60	0.31	0.43	99.57		
Nº200	0.074	3.72	1.94	2.37	97.63		
Pasa Nº200		187.66	97.63				

CURVA GRANULOMETRICA



- ESPECIFICACIONES** : El Análisis Granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D-422, Norma Técnica NTP 339.128, clasificación SUCS del suelo según ASTM D-2487 y los tamices cumplen con los requisitos de la Norma NTP 350.001
- OBSERVACIONES** : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.
- RESULTADOS** : Arcilla inorgánica, de color beige con matices anaranjados, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de alta plasticidad, clasificada El porcentaje que pasa la malla Nº 200 es de 97.63 %

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

FECHA DE EXTRACCIÓN 07/09/2019

LIMITES DE CONSISTENCIA

Datos de Campo

Ubicación CALICATA N° 01, KM 00+160
 Fecha de ensayo 19/08/2019

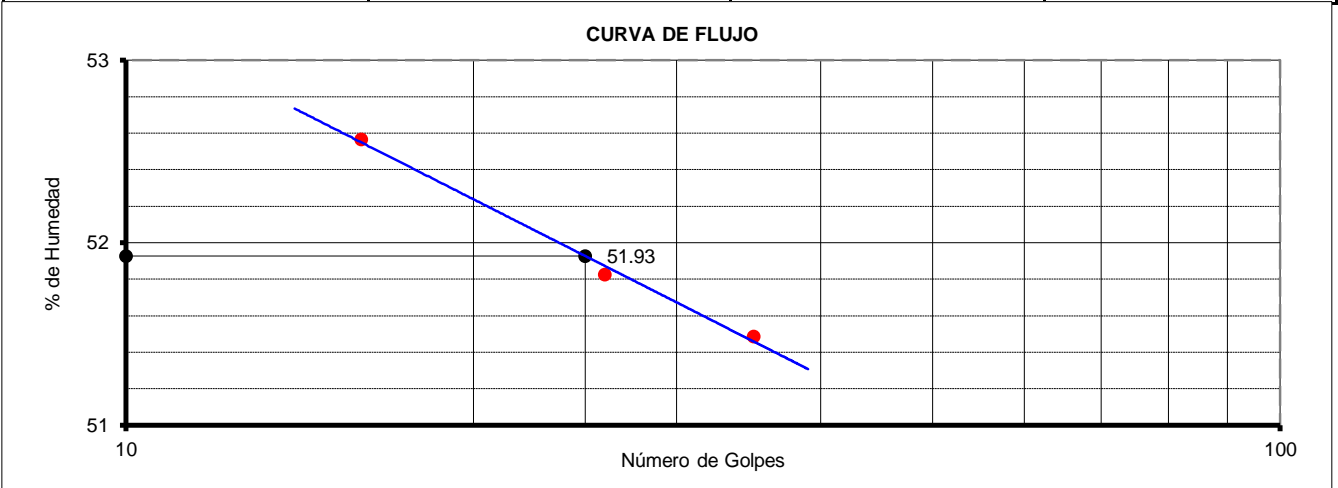
Resultados	
Límite Líquido	51.93
Límite Plástico	18.84
Ind. Plástico	33.09
Clas. SUCS	CH
Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

Límite Líquido ASTM D 4318 - T 89

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	16	26	35
R + Suelo Hum.	56.86	61.01	55.65
R + Suelo Seco	53.89	58.03	52.88
Peso de la Tara	48.24	52.28	47.50
Peso de agua	2.97	2.98	2.77
Peso de S. Seco	5.65	5.75	5.38
% de Humedad	52.57	51.83	51.49

Límite Plástico ASTM D 4318 - T 90

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	52.17	41.38	
R + Suelo Seco	51.72	40.94	
Peso de la Tara	50.12	39.39	
Peso de agua	0.45	0.44	
Peso de S. Seco	1.60	1.55	
% de Humedad	28.13	28.39	



- ESPECIFICACIONES** : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90.
- OBSERVACIONES** : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.
- RESULTADOS** : Arcilla inorgánica, de color beige con matices anaranjados, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de alta plasticidad, clasificada como (CH) A-7-6 (18). En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 51.93, LP = 18.84 e IP = 33.09

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

FECHA DE EXTRACC : 07/09/2019

Datos de campo:

Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+160
Fecha de ensayo : 10/10/2019

Resultados	
M. D. S.	1.662 gr/cm ³
O. C. H.	16.49 %
Clas. SUCS	CH
Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

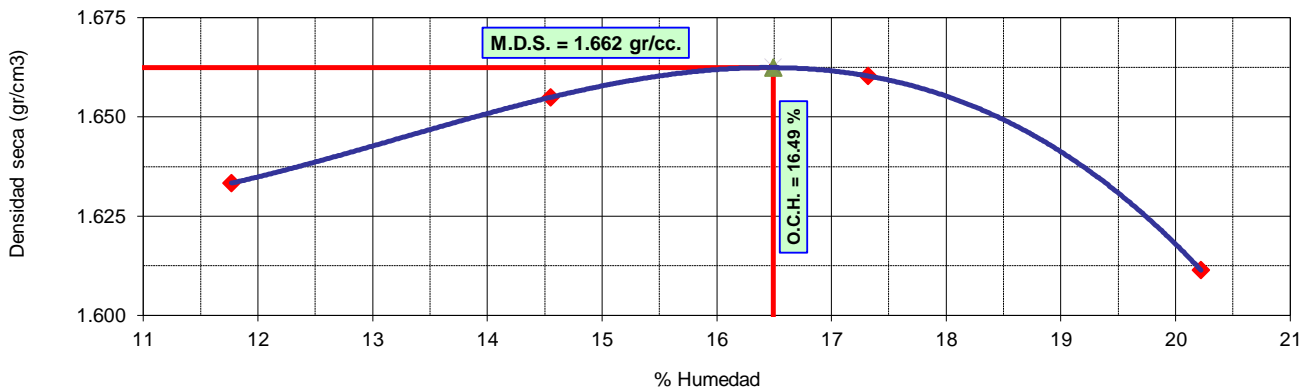
1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5875	5941	5990	5980
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1716	1782	1831	1821
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.826	1.896	1.948	1.937

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	82.92	82.41	90.14	80.97	70.49	86.35	76.18	85.70
Recipiente + suelo seco (gr.)	78.47	77.72	83.92	75.59	65.59	80.63	69.77	79.55
Peso de recipiente (gr.)	40.79	37.73	41.32	38.49	37.39	47.50	37.78	49.41
Peso de agua (gr.)	4.45	4.69	6.22	5.38	4.90	5.72	6.41	6.15
Peso de suelo seco (gr.)	37.68	39.99	42.60	37.10	28.20	33.13	31.99	30.14
Humedad (%)	11.81	11.73	14.60	14.50	17.38	17.27	20.04	20.40
Promedio Humedad (%)	11.77		14.55		17.32		20.22	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.633		1.655		1.660		1.611	

CURVA DE COMPACTACION



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.662 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 16.49 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA

UBICACIÓN : : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

FECHA DE EXTRACCION : : 07/09/2019

Datos de campo:

Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+160
Fecha de ensayo : 17/10/2019

M. D. S. : 1.662 gr/cm³
O. C. H. : 16.49 %
Clas. SUCS : CH
Clas. AASHTO : A-7-6 (18)

	Nº	5		17		27	
Molde	Nº	5		5		5	
Capas	Nº	12		25		56	
Golpes por capa	Nº	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12280	12968	12553	13200	12864	13299
Peso del molde	Gr.	8506	8506	8558	8558	8649	8649
Volúmen del suelo	c.c.	2146	2146	2160	2160	2132	2132
Peso del suelo húmedo	Gr.	3774	4462	3995	4642	4215	4650
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.758	2.079	1.849	2.149	1.977	2.181

HUMEDAD

Nº de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	98.77	90.57	107.46	101.46	90.72	94.89
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	91.49	81.24	99.50	92.20	83.38	85.93
Peso de la Recipiente	Gr.	46.87	45.88	52.03	50.33	39.53	48.25
Peso del agua	Gr.	7.28	9.33	7.96	9.26	7.34	8.96
Peso del suelo seco	Gr.	44.62	35.36	47.47	41.87	43.85	37.68
Humedad	%	16.32	26.39	16.77	22.12	16.74	23.78
Densidad seca	Gr/c.c.	1.512	1.645	1.584	1.760	1.693	1.762

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
18 de Octubre de 2019	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
19 de Octubre de 2019	05:20	1	0.307	6.73	0.393	8.61	0.348	7.63
20 de Octubre de 2019	06:00	2	0.347	0.88	0.413	0.44	0.442	2.06
21 de Octubre de 2019	04:20	3	0.351	0.09	0.418	0.11	0.478	0.79
22 de Octubre de 2019	03:30	4	0.353	0.04	0.420	0.04	0.480	0.04

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²
0.025	0.63	8.8	0.45	12.3	0.63	16.4	0.84
0.050	1.27	15.9	0.81	19.5	0.99	28.1	1.43
0.075	1.90	21.1	1.07	25.3	1.29	38.4	1.96
0.100	2.54	25.5	1.30	30.2	1.54	46.3	2.36
0.150	3.81	32.5	1.65	37.8	1.92	58.7	2.99
0.200	5.08	38.8	1.98	44.7	2.28	69.1	3.52
0.250	6.35	44.5	2.27	50.3	2.56	78.6	4.00
0.300	7.62	49.4	2.52	56.8	2.89	87.5	4.46

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K =	19.64 cm²
---------------	------------------	-------------------	------------	-----------------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA

UBICACIÓN : : DISTRITO SAN JUAN - MAYNAS - IQUITOS

FECHA DE EXTRACCION : : 07/09/2019

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

Datos de campo:

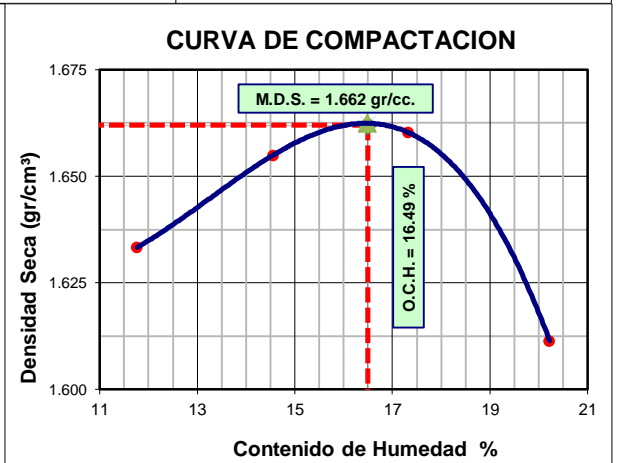
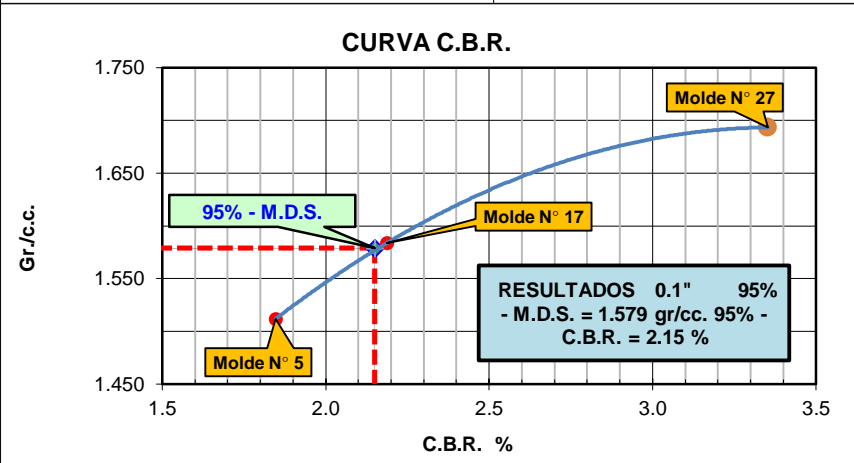
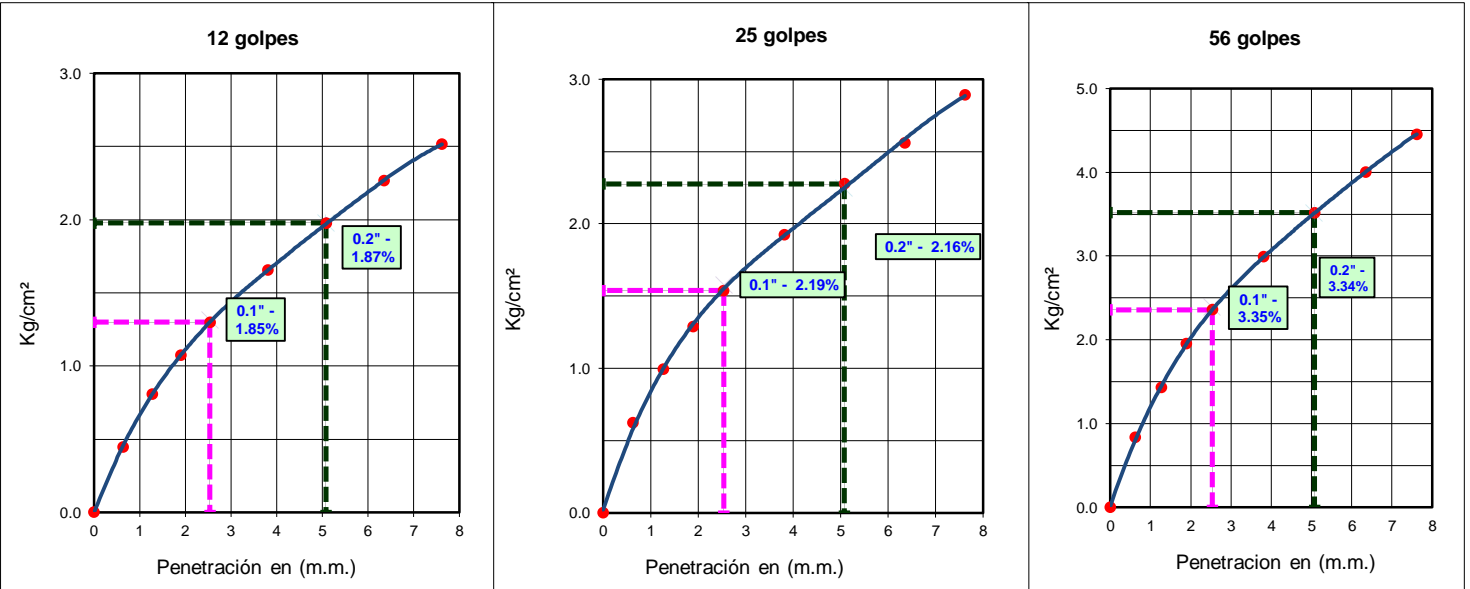
Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+160

Fecha de ensayo :

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.662 gr/cm³
 WO% : 16.49 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hincharamiento promedio		9.15%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	3.35	2.15	
0.2"			



OBSERVACIONES: La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D - 422

TESIS "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

FECHA DE EXTRACCIÓN 03/12/2019

Datos de campo:

Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420

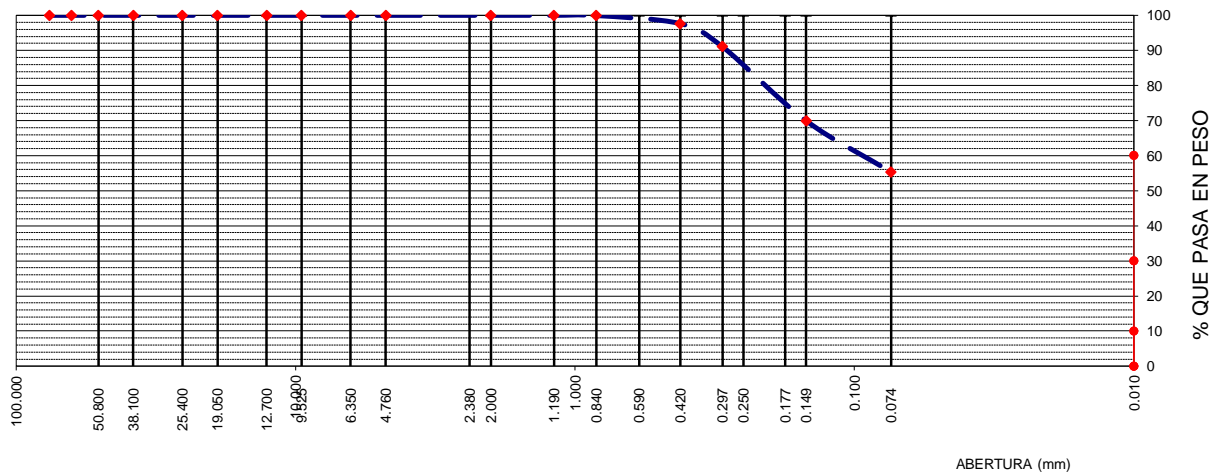
Fecha de ensayo : 10/12/2019

Peso de muestra seca : 151.24

Peso de muestra lavada : 67.50

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especific.	Observaciones
2 1/2"	63.500						L. Líquido : 33.31
2"	50.600						L. Plástico : 12.43
1 1/2"	38.100						Ind. Plástico : 20.88
1"	25.400						Clas. SUCS : CL
3/4"	19.050						Clas. AASHTO : A-6 (8)
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
Nº4	4.760						
Nº10	2.000				100.00		
Nº20	0.840	0.09	0.06	0.06	99.94		
Nº40	0.420	3.49	2.31	2.37	97.63		
Nº50	0.297	9.93	6.57	8.93	91.07		
Nº100	0.149	31.92	21.11	30.04	69.96		
Nº200	0.074	22.07	14.59	44.63	55.37		
Pasa Nº200		83.74	55.37				

CURVA GRANULOMETRICA



- ESPECIFICACIONES :** El Análisis Granulométrico por tamizado se realizó según ASTM D-422, Norma Técnica NTP 339.128, clasificación SUCS del suelo según ASTM D-2487 y los tamices cumplen con los requisitos de la Norma NTP 350.001
- OBSERVACIONES :** La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.
- RESULTADOS :** Arcilla inorgánica, de color anaranjado, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-6 (8). El porcentaje que pasa la malla Nº 200 es de 55.37 %

TESIS

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019”

**UBICACIÓN
FECHA DE EXTRACCION**

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS
03/12/2019

LIMITES DE CONSISTENCIA

Datos de Campo

Ubicación CALICATA N° 02, KM 00+420
Fecha de ensayo 10/12/2019

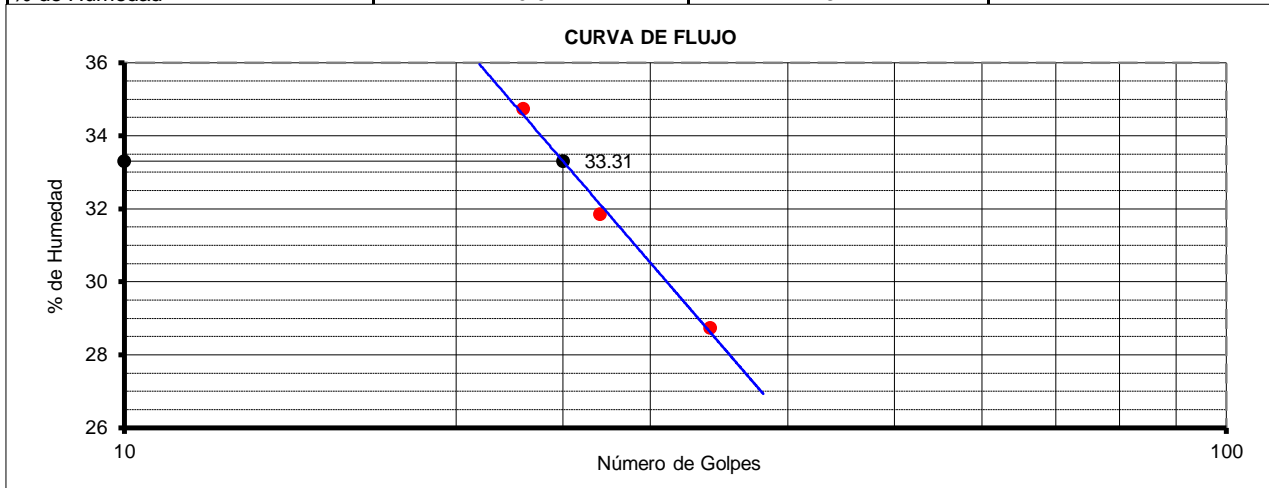
Resultados	
Límite Líquido	33.31
Límite Plástico	12.43
Ind. Plástico	20.88
Clas. SUCS	CL
Clas. AASHTO	A-6 (8)

Límite Líquido ASTM D 4318 - T 89

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	23	27	34
R + Suelo Hum.	58.67	57.82	59.67
R + Suelo Seco	55.71	54.88	57.00
Peso de la Tara	47.19	45.65	47.71
Peso de agua	2.96	2.94	2.67
Peso de S. Seco	8.52	9.23	9.29
% de Humedad	34.74	31.85	28.74

Límite Plástico ASTM D 4318 - T 90

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	55.74	47.86	
R + Suelo Seco	54.12	46.26	
Peso de la Tara	45.61	37.49	
Peso de agua	1.62	1.60	
Peso de S. Seco	8.51	8.77	
% de Humedad	19.04	18.24	



- ESPECIFICACIONES :** Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90.
- OBSERVACIONES :** La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.
- RESULTADOS :** Arcilla inorgánica, de color anaranjado, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-6 (8). En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 33.31, LP = 12.43 e IP = 20.88

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

FECHA DE EXTRACC : 03/12/2019

Datos de campo:

Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420
Fecha de ensayo : 14/01/2020

Resultados	
M. D. S.	1.979 gr/cm ³
O. C. H.	11.51 %
Clas. SUCS	CL
Clas. AASHTO	A-6 (8)

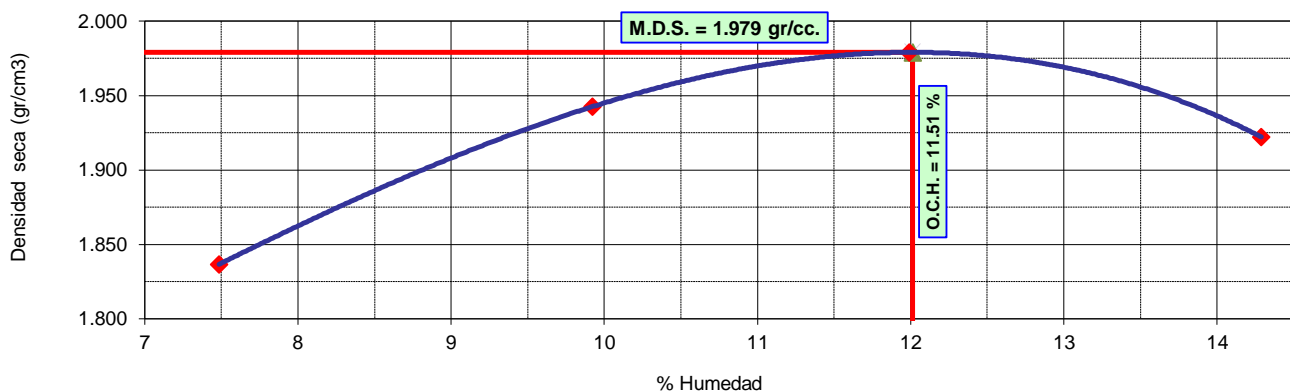
1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6006	6157	6233	6215
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1847	1998	2074	2056
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.965	2.126	2.206	2.187

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	130.76	134.41	135.23	112.35	122.50	112.36	115.96	116.64
Recipiente + suelo seco (gr.)	125.62	128.79	127.72	106.70	115.02	104.64	107.61	108.58
Peso de recipiente (gr.)	51.36	49.05	49.41	45.65	49.46	37.93	46.86	50.32
Peso de agua (gr.)	5.14	5.62	7.51	5.65	7.48	7.72	8.35	8.06
Peso de suelo seco (gr.)	74.26	79.74	78.31	61.05	65.56	66.71	60.75	58.26
Humedad (%)	6.92	7.05	9.59	9.25	11.41	11.57	13.74	13.83
Promedio Humedad (%)	6.98		9.42		11.49		13.79	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.837		1.943		1.979		1.922	

CURVA DE COMPACTACION



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.979 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 11.51 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.
(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

FECHA DE EXTRACCIÓN : 03/12/2019

Datos de campo:

Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo : 20/01/2020
 M. D. S. : 1.979 gr/cm3
 O. C. H. : 11.51 %
 Clas. SUCS : CL
 Clas. AASHTO : A-6 (8)

Molde	Nº	2	14	24			
Capas	Nº	5	5	5			
Golpes por capa	Nº	12	25	56			
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12659	12980	12952	13174	13198	13355
Peso del molde	Gr.	8501	8501	8572	8572	8648	8648
Volúmen del suelo	c.c.	2160	2160	2132	2132	2132	2132
Peso del suelo húmedo	Gr.	4158	4479	4380	4602	4550	4707
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.925	2.073	2.054	2.158	2.134	2.208

HUMEDAD

Nº de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	101.85	114.48	94.73	97.11	92.36	90.74
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	96.14	104.66	90.06	90.35	88.06	84.71
Peso de la Recipiente	Gr.	45.66	49.50	49.41	50.12	51.36	39.65
Peso del agua	Gr.	5.71	9.82	4.67	6.76	4.30	6.03
Peso del suelo seco	Gr.	50.48	55.16	40.65	40.23	36.70	45.06
Humedad	%	11.31	17.80	11.49	16.80	11.72	13.38
Densidad seca	Gr/c.c.	1.729	1.760	1.843	1.848	1.910	1.947

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
20 de Enero de 2020	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
21 de Enero de 2020	05:20	1	0.135	2.96	0.130	2.85	0.096	2.10
22 de Enero de 2020	06:00	2	0.137	0.04	0.139	0.20	0.123	0.59
23 de Enero de 2020	04:20	3	0.138	0.02	0.142	0.07	0.128	0.11
24 de Enero de 2020	03:30	4	0.139	0.02	0.144	0.04	0.132	0.09

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2
0.025	0.63	14.2	0.72	16.4	0.84	32.6	1.66
0.050	1.27	25.4	1.29	35.8	1.82	56.6	2.88
0.075	1.90	35.0	1.78	55.3	2.82	82.7	4.21
0.100	2.54	43.6	2.22	73.3	3.73	111.5	5.68
0.150	3.81	55.9	2.85	98.9	5.04	165.8	8.44
0.200	5.08	63.4	3.23	121.3	6.18	217.4	11.07
0.250	6.35	70.7	3.60	142.8	7.27	262.3	13.36
0.300	7.62	77.0	3.92	161.7	8.23	303.5	15.45

ANILLO : **CAPACIDAD** : **SOBRECARGA** : **K = 19.64 cm2**

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R. (ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

FECHA DE EXTRACCIÓN : 03/12/2019

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R. (ASTM D-1883)

Datos de campo:

Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420

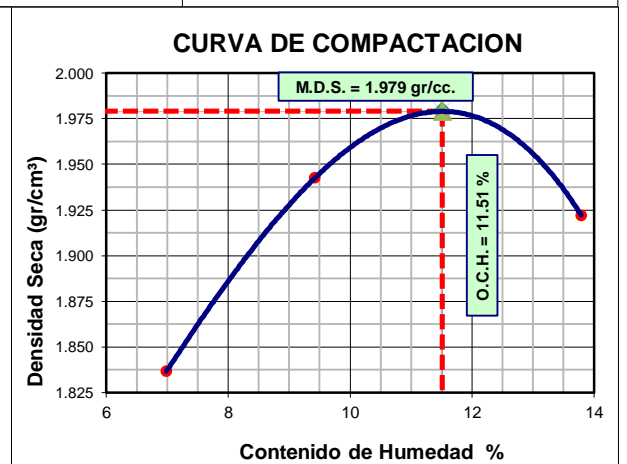
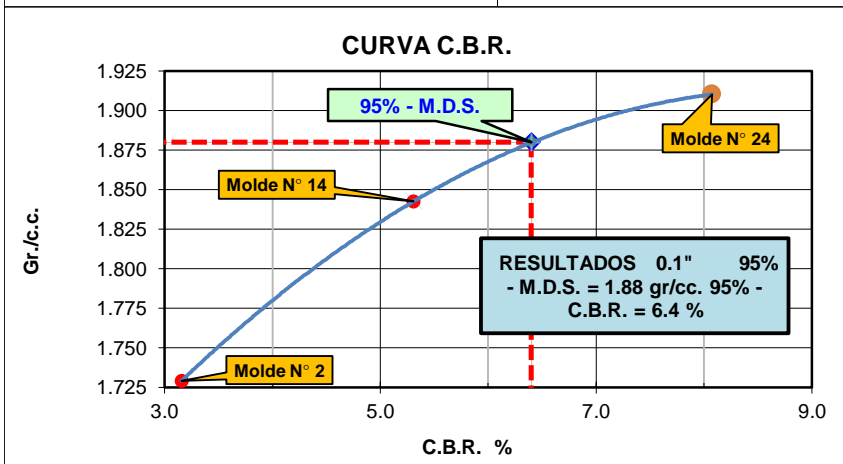
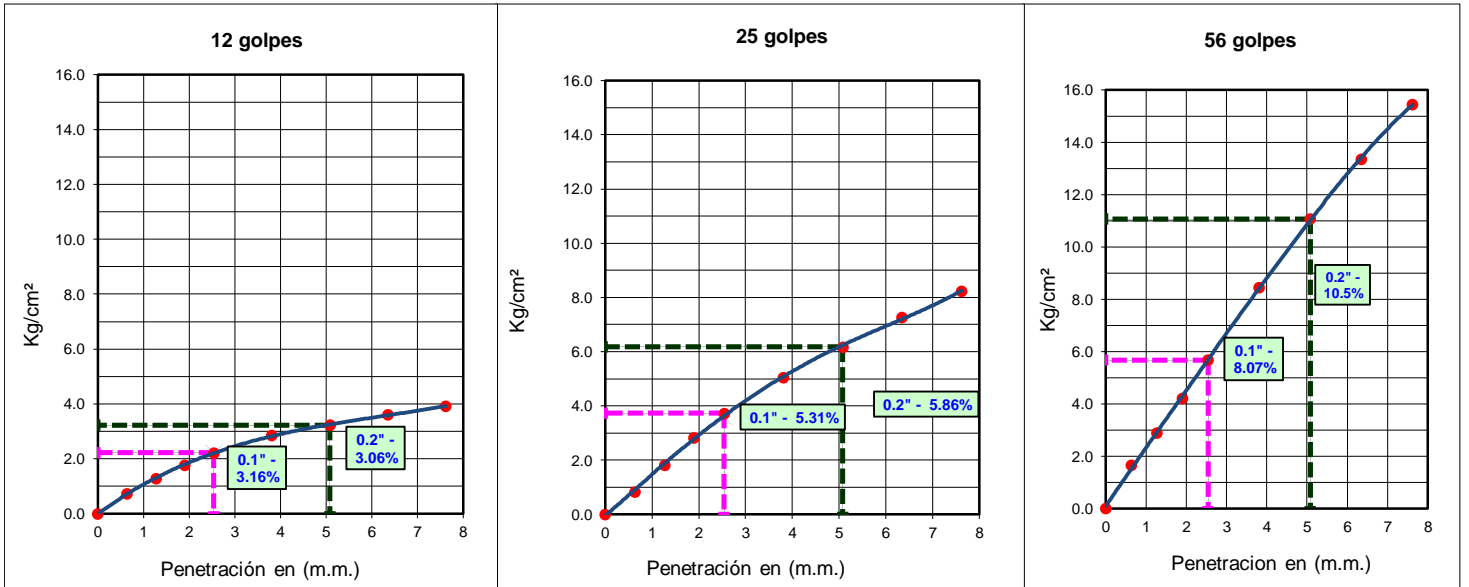
Fecha de ensayo : 20/01/2020

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.979 gr/cm³

WO% : 11.51 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hincharamiento promedio		3.03%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	8.07	6.40	
0.2"			



OBSERVACIONES:

La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ANEXO 03



CERTIFICADO DE ANALISIS

MUESTRA Suelo
UBICACIÓN Prolongación Navarro Cauper a la altura del Consorcio
Padres agustinos
SOLICITANTES Bach. CINTIA NICOL ZAVALA PAPA
Bach. MARISELVA ANGULO ROLDAN
COLECTOR El solicitante
ANALISIS SOLICITADOS QUÍMICO
FECHA DE ENSAYO 04 - 09 de 2019

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	NORMA NTP
Sulfatos	mg/100	N.D.	339.177

Iquitos, 04 de Setiembre del 2019.

Laura Rosa García Panduro
Ingeniero Químico
Reg. CIP 23792

ANEXO 04



CERTIFICADO DE ANALISIS

MUESTRA Arcilla Inorgánica de color anaranjado húmeda de baja plasticidad (CL) A-6 (8)

UBICACIÓN DISTRITO DE SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

TESIS “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER – 2019”

FISICO-

SOLICITANTES Bach. CINTIA NICOL ZAVALA PAPA
Bach. MARISELVA ANGULO ROLDAN

COLECTOR El solicitante

ANÁLISIS SOLICITADO QUÍMICO

FECHA DE ENSAYO 04 de Diciembre del 2019

RESULTADOS

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	NORMA NTP
Sulfatos	mg/100	N.D.	339.177

Iquitos, 04 de Diciembre del 2019.



Laura Rosa García Panduro
Ingeniero Químico
Reg. CIP 23782

ANEXO 05

TESIS

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019”

UBICACIÓN

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – QUITOS

LIMITES DE CONSISTENCIA**Datos de Campo**

Tipo de Cal HIDRATADA
 Dosis de Cal 2%
 Ubicación CALICATA N° 01, KM 00+160
 Fecha de ensayo 19/08/2019

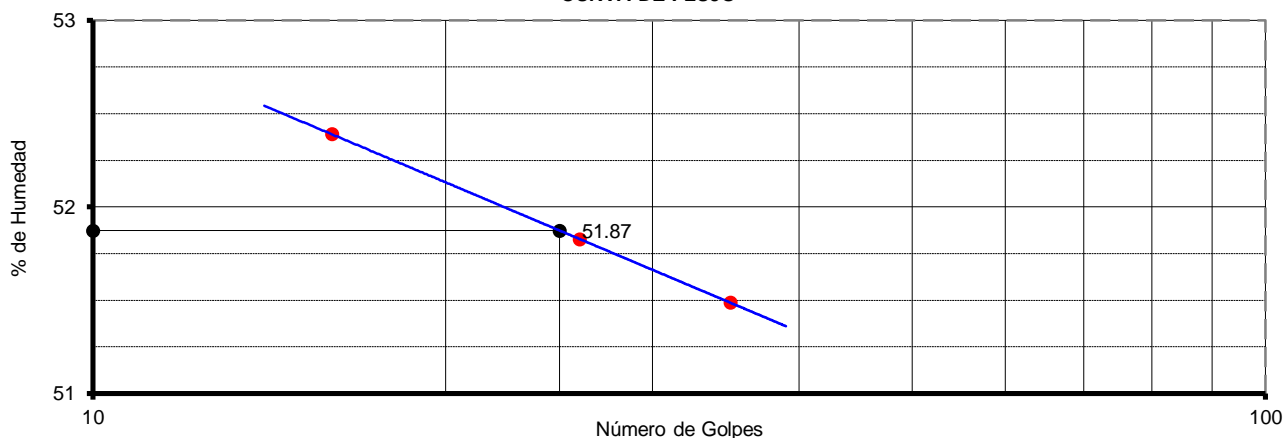
Resultados	
Límite Líquido	51.87
Límite Plástico	18.43
Ind. Plástico	33.45
Clas. SUCS	CH
Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

Límite Líquido**ASTM D 4318 - T 89**

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	16	26	35
R + Suelo Hum.	56.85	61.01	55.65
R + Suelo Seco	53.89	58.03	52.88
Peso de la Tara	48.24	52.28	47.50
Peso de agua	2.96	2.98	2.77
Peso de S. Seco	5.65	5.75	5.38
% de Humedad	52.39	51.83	51.49

Límite Plástico**ASTM D 4318 - T 90**

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	52.00	41.24	
R + Suelo Seco	51.72	40.94	
Peso de la Tara	50.12	39.39	
Peso de agua	0.28	0.30	
Peso de S. Seco	1.60	1.55	
% de Humedad	17.50	19.35	

CURVA DE FLUJO

ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelos alterados, fue muestreada e identificada por el solicitante y trasladada al laboratorio.

RESULTADOS : Arcilla inorgánica, de color gris, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de alta plasticidad, clasificada como (CH) A-7-6 (11).

En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 51.87, LP = 18.43 e IP = 33.45

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: HIDRATADA	M. D. S.	1.664 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 2%	O. C. H.	18.11 %
Ubicación	: CALICATA N° 01, KM 00+160	Clas. SUCS	CH
Fecha de ensayo	: 12/12/2019	Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

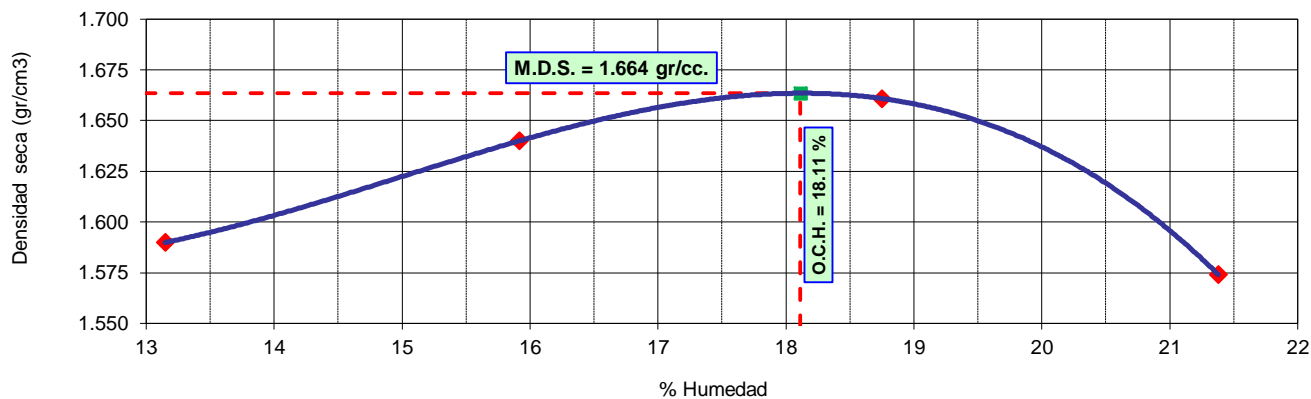
1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5850	5946	6013	5955
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1691	1787	1854	1796
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.799	1.901	1.972	1.911

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	90.29	105.45	90.68	103.22	111.34	113.63	85.24	87.96
Recipiente + suelo seco (gr.)	84.07	98.84	84.50	95.65	100.96	103.16	77.06	81.05
Peso de recipiente (gr.)	37.49	47.77	45.60	48.18	45.67	47.25	38.53	48.95
Peso de agua (gr.)	6.22	6.61	6.18	7.57	10.38	10.47	8.18	6.91
Peso de suelo seco (gr.)	46.58	51.07	38.90	47.47	55.29	55.91	38.53	32.10
Humedad (%)	13.35	12.94	15.89	15.95	18.77	18.73	21.23	21.53
Promedio Humedad (%)	13.15		15.92		18.75		21.38	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.590		1.640		1.661		1.574	

CURVA DE COMPACTACION



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.664 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 18.11 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal : HIDRATADA **M. D. S.** : 1.664 gr/cm³
Dosis de Cal : 2% **O. C. H.** : 18.11 %
Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+160 **Clas. SUCS** : CH
Fecha de ensayo : 16/12/2019 **Clas. AASHTO** : A-7-6 (18)

Molde	N°	7	16	26			
Capas	N°	5	5	5			
Golpes por capa	N°	12	25	56			
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12520	12857	12501	12737	13263	13399
Peso del molde	Gr.	8793	8793	8590	8590	9064	9064
Volúmen del suelo	c.c.	2134	2134	2134	2134	2134	2134
Peso del suelo húmedo	Gr.	3727	4064	3911	4147	4199	4335
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.747	1.904	1.833	1.943	1.968	2.031

HUMEDAD

N° de Recipiente	N°	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	84.07	102.58	88.50	96.61	87.41	104.23
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	77.12	92.87	82.26	86.14	81.06	95.00
Peso de la Recipiente	Gr.	38.62	52.15	47.77	37.51	46.14	46.93
Peso del agua	Gr.	6.95	9.71	6.24	10.47	6.35	9.23
Peso del suelo seco	Gr.	38.50	40.72	34.49	48.63	34.92	48.07
Humedad	%	18.05	23.85	18.09	21.53	18.18	19.20
Densidad seca	Gr/c.c.	1.479	1.538	1.552	1.599	1.665	1.704

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
16 de Diciembre de 2019	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
17 de Diciembre de 2019	05:20	1	0.231	5.06	0.190	4.16	0.144	3.16
18 de Diciembre de 2019	06:00	2	0.241	0.22	0.242	1.14	0.276	2.89
19 de Diciembre de 2019	04:20	3	0.244	0.07	0.262	0.44	0.298	0.48
20 de Diciembre de 2019	03:30	4	0.249	0.11	0.281	0.42	0.315	0.37

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²
0.025	0.63	8.7	0.44	11.0	0.56	13.2	0.67
0.050	1.27	15.2	0.77	19.3	0.98	25.3	1.29
0.075	1.90	20.0	1.02	27.2	1.38	37.1	1.89
0.100	2.54	23.9	1.22	33.9	1.73	46.8	2.38
0.150	3.81	30.0	1.53	44.5	2.27	67.1	3.42
0.200	5.08	35.4	1.80	54.7	2.79	87.5	4.46
0.250	6.35	38.4	1.96	64.2	3.27	108.3	5.51
0.300	7.62	40.2	2.05	73.0	3.72	128.2	6.53

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm²
---------------	------------------	-------------------	---------------------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

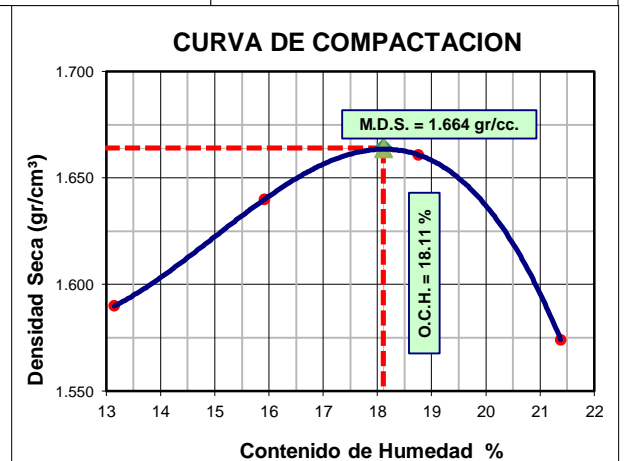
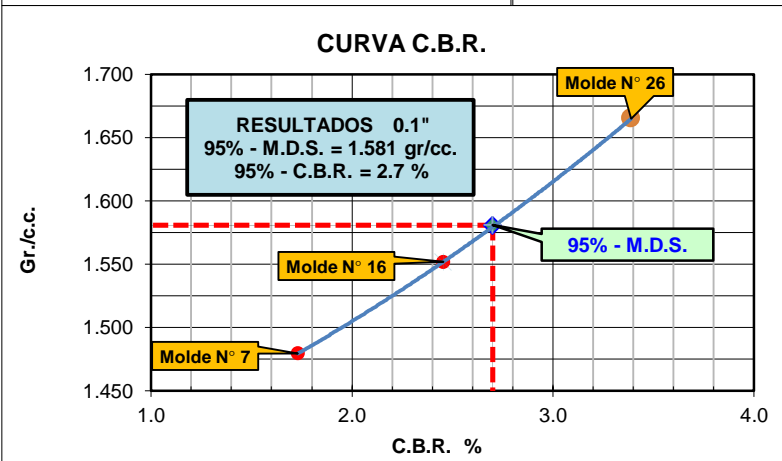
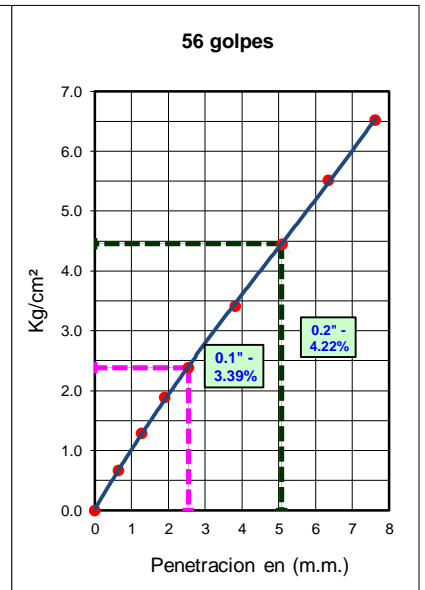
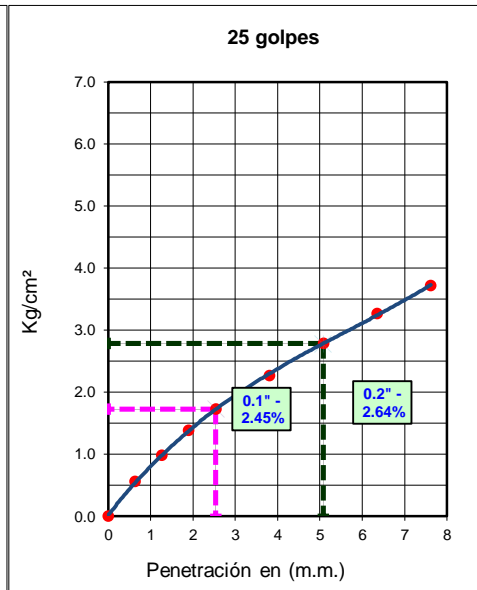
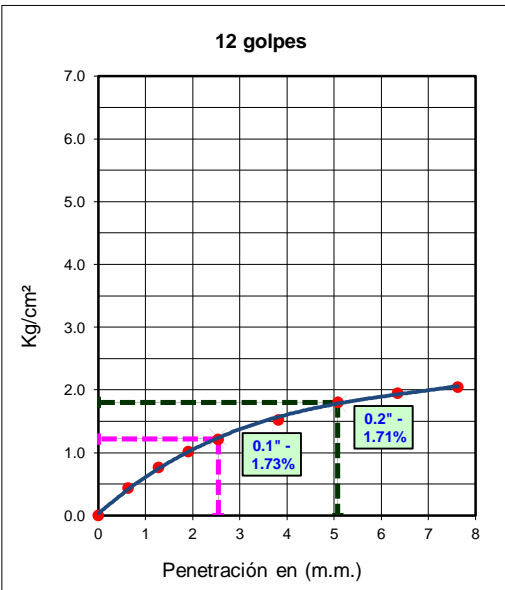
Datos de campo:

Tipo de Cal : HIDRATADA
 Dosis de Cal : 0.02
 Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+16
 Fecha de ensayo : 16/12/2019

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.664 gr/cm³
 WO% : 18.11 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hincharamiento promedio		6.17%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	3.39	2.70	



OBSERVACIONES: La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

TESIS

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019”

UBICACIÓN

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

:

LIMITES DE CONSISTENCIA**Datos de Campo**

Tipo de Cal HIDRATADA
 Dosis de Cal 4%
 Ubicación CALICATA N° 01, KM 00+160
 Fecha de ensayo 19/08/2019

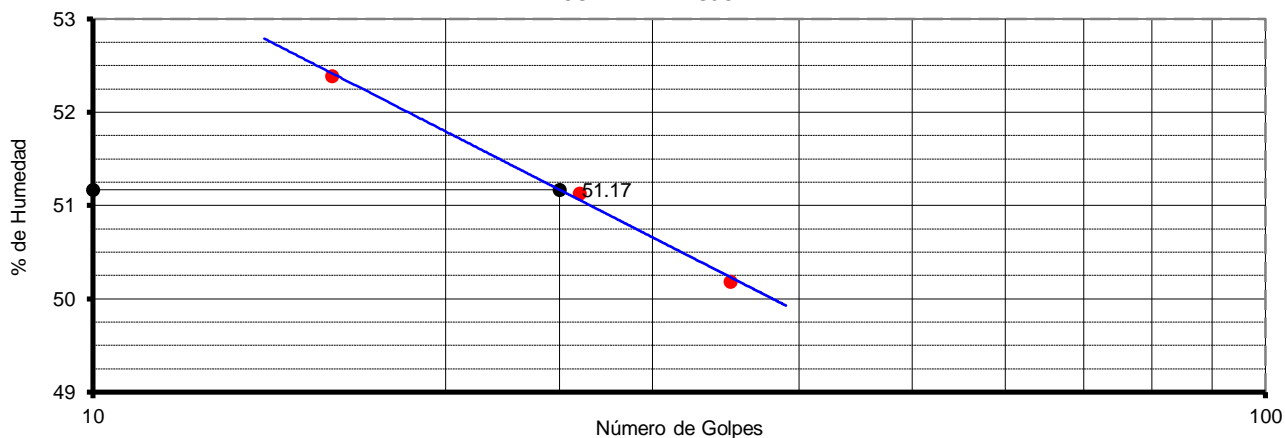
Resultados	
Límite Líquido	51.17
Límite Plástico	18.75
Ind. Plástico	32.42
Clas. SUCS	CH
Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

Límite Líquido**ASTM D 4318 - T 89**

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	16	26	35
R + Suelo Hum.	56.85	60.97	55.58
R + Suelo Seco	53.89	58.03	52.88
Peso de la Tara	48.24	52.28	47.50
Peso de agua	2.96	2.94	2.70
Peso de S. Seco	5.65	5.75	5.38
% de Humedad	52.39	51.13	50.19

Límite Plástico**ASTM D 4318 - T 90**

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	52.00	41.25	
R + Suelo Seco	51.72	40.94	
Peso de la Tara	50.12	39.39	
Peso de agua	0.28	0.31	
Peso de S. Seco	1.60	1.55	
% de Humedad	17.50	20.00	

CURVA DE FLUJO

ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para límite líquido y límite plástico ASTM D 4318 - T 90.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelos alterados, fue muestreada e identificada por el solicitante y trasladada al laboratorio.

RESULTADOS : Arcilla inorgánica, de color gris, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de alta plasticidad, clasificada como (CH) A-7-6 (11).

En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 51.17, LP = 18.75 e IP = 32.42

Responsable del Ensayo
 Téc. Jack Sarmiento Morris

V°b° Jefe del Laboratorio

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

ENTIDAD : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: HIDRATADA	M. D. S.	1.678 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 4%	O. C. H.	18.11 %
Ubicación	: CALICATA N° 01, KM 00+160	Clas. SUCS	CH
Fecha de ensayo	: 12/12/2019	Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

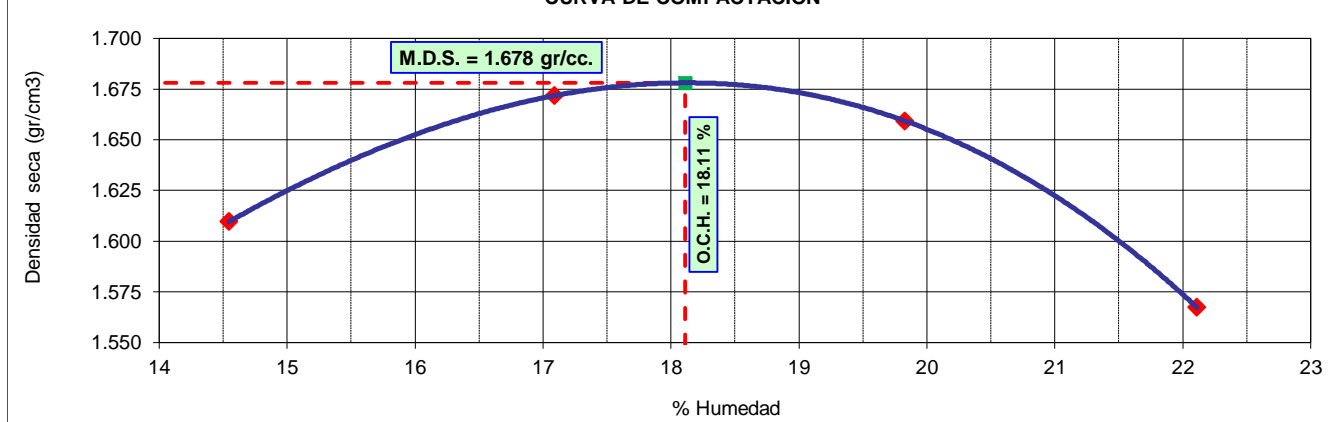
1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5898	6005	6034	5964
Peso molde (gr.)	4163	4163	4163	4163
Volumen del molde (cm ³)	941	941	941	941
Peso suelo compactado (gr.)	1735	1842	1871	1801
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.844	1.957	1.988	1.914

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	108.77	124.02	129.78	119.99	120.97	115.10	140.46	146.41
Recipiente + suelo seco (gr.)	101.07	113.09	118.98	108.97	109.56	104.17	124.09	128.80
Peso de recipiente (gr.)	48.17	37.90	54.24	45.99	52.03	49.03	51.31	47.75
Peso de agua (gr.)	7.70	10.93	10.80	11.02	11.41	10.93	16.37	17.61
Peso de suelo seco (gr.)	52.90	75.19	64.74	62.98	57.53	55.14	72.78	81.05
Humedad (%)	14.56	14.54	16.68	17.50	19.83	19.82	22.49	21.73
Promedio Humedad (%)	14.55		17.09		19.83		22.11	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.610		1.672		1.659		1.567	

CURVA DE COMPACTACION



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.678 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 18.11 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal : HIDRATADA **M. D. S.** : 1.678 gr/cm3
Dosis de Cal : 0.04 **O. C. H.** : 18.11 %
Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+160 **Clas. SUCS** : CH
Fecha de ensayo : 16/12/2019 **Clas. AASHTO** : A-7-6 (18)

Molde	Nº	10		17		27	
Capas	Nº	5		5		5	
Golpes por capa	Nº	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12619	12924	12661	12846	12860	12942
Peso del molde	Gr.	8693	8693	8558	8558	8649	8649
Volúmen del suelo	c.c.	2125	2125	2162	2162	2134	2134
Peso del suelo húmedo	Gr.	3926	4231	4103	4288	4211	4293
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.848	1.991	1.898	1.983	1.973	2.012

HUMEDAD

Nº de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	108.63	99.80	92.70	105.14	89.82	98.26
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	99.86	89.61	85.88	95.19	83.36	90.08
Peso de la Recipiente	Gr.	51.37	48.89	48.26	45.61	47.82	45.82
Peso del agua	Gr.	8.77	10.19	6.82	9.95	6.46	8.18
Peso del suelo seco	Gr.	48.49	40.72	37.62	49.58	35.54	44.26
Humedad	%	18.09	25.02	18.13	20.07	18.18	18.48
Densidad seca	Gr/c.c.	1.565	1.593	1.606	1.652	1.670	1.698

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
16 de Diciembre de 2019	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
17 de Diciembre de 2019	05:20	1	0.185	4.05	0.142	3.11	0.074	1.62
18 de Diciembre de 2019	06:00	2	0.193	0.18	0.190	1.05	0.100	0.57
19 de Diciembre de 2019	04:20	3	0.195	0.04	0.208	0.39	0.112	0.26
20 de Diciembre de 2019	03:30	4	0.199	0.09	0.231	0.50	0.127	0.33

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2
0.025	0.63	8.8	0.45	10.7	0.54	15.7	0.80
0.050	1.27	14.5	0.74	20.2	1.03	31.5	1.60
0.075	1.90	18.8	0.96	27.3	1.39	45.1	2.30
0.100	2.54	22.7	1.16	34.8	1.77	58.4	2.97
0.150	3.81	29.5	1.50	45.4	2.31	81.9	4.17
0.200	5.08	33.9	1.73	55.8	2.84	104.9	5.34
0.250	6.35	36.9	1.88	63.7	3.24	125.9	6.41
0.300	7.62	38.6	1.97	70.8	3.60	145.5	7.41

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2
---------------	------------------	-------------------	----------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

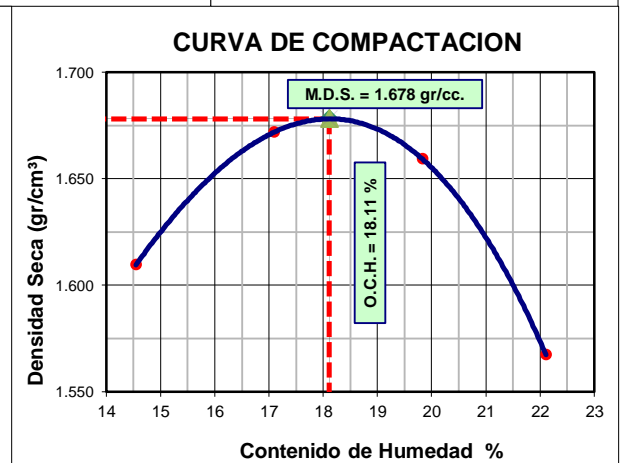
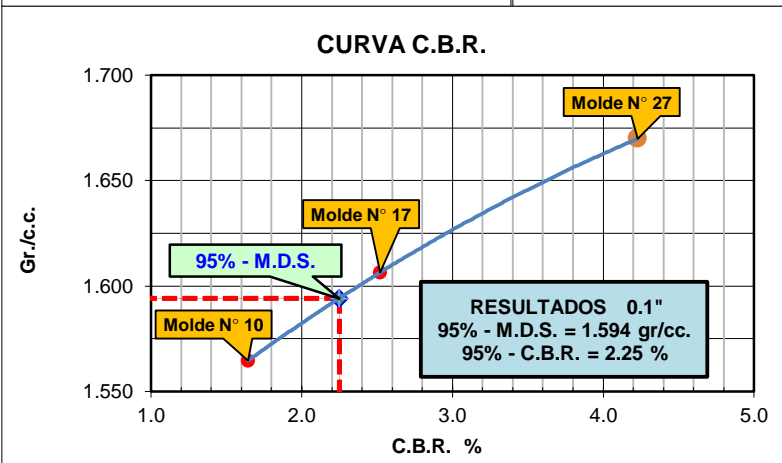
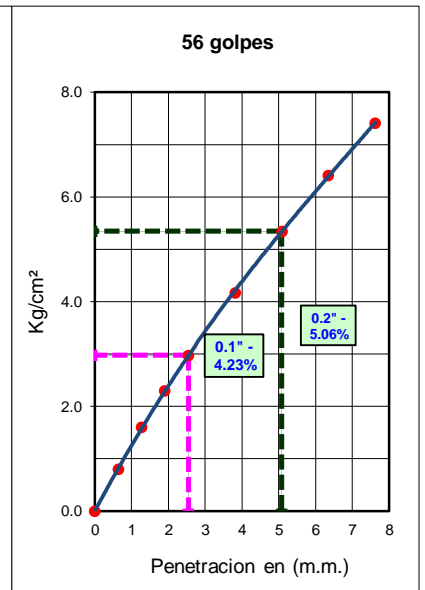
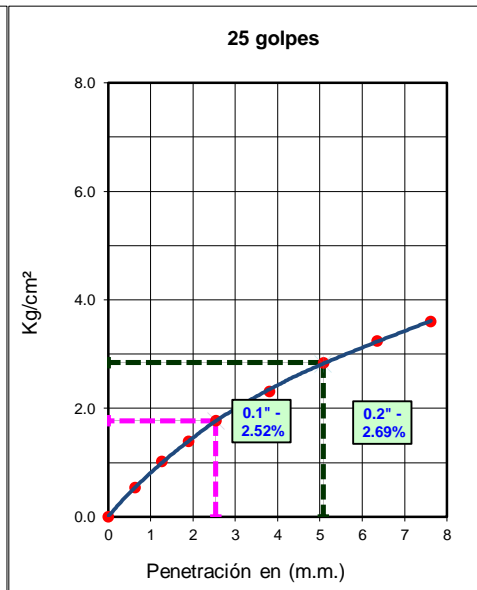
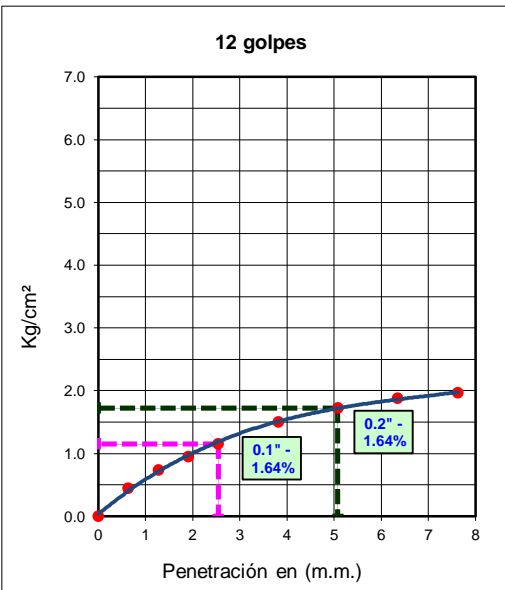
Datos de campo:

Tipo de Cal : HIDRATADA
 Dosis de Cal : 0.04
 Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+16
 Fecha de ensayo : 16/12/2019

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.678 gr/cm³
 WO% : 18.11 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hinchamiento promedio		4.07%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	4.23	2.25	



OBSERVACIONES:

La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

TESIS

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019”

UBICACIÓN

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

LIMITES DE CONSISTENCIA**Datos de Campo**

Tipo de Cal HIDRATADA
 Dosis de Cal 6%
 Ubicación CALICATA N° 01, KM 00+160
 Fecha de ensayo 19/08/2019

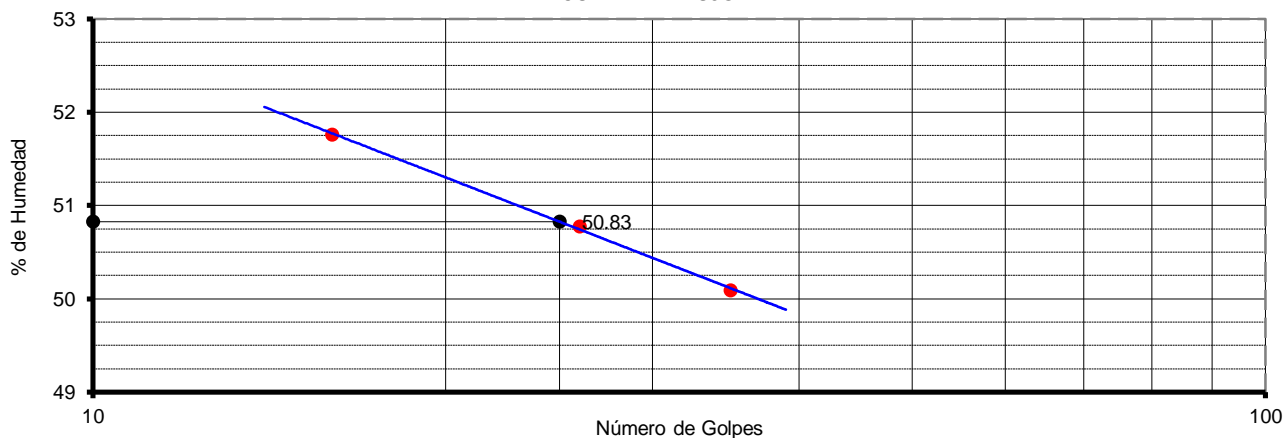
Resultados	
Límite Líquido	50.83
Límite Plástico	19.58
Ind. Plástico	31.25
Clas. SUCS	CH
Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

Límite Líquido**ASTM D 4318 - T 89**

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	16	26	35
R + Suelo Hum.	56.86	61.01	55.65
R + Suelo Seco	53.92	58.07	52.93
Peso de la Tara	48.24	52.28	47.50
Peso de agua	2.94	2.94	2.72
Peso de S. Seco	5.68	5.79	5.43
% de Humedad	51.76	50.78	50.09

Límite Plástico**ASTM D 4318 - T 90**

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	52.00	41.24	
R + Suelo Seco	51.71	40.92	
Peso de la Tara	50.12	39.39	
Peso de agua	0.29	0.32	
Peso de S. Seco	1.59	1.53	
% de Humedad	18.24	20.92	

CURVA DE FLUJO

ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para límite líquido y límite plástico ASTM D 4318 - T 90.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelos alterados, fue muestreada e identificada por el solicitante y trasladada al laboratorio.

RESULTADOS : Arcilla inorgánica, de color gris, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de alta plasticidad, clasificada como (CH) A-7-6 (11).
 En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 50.83, LP = 19.58 e IP = 31.25

Responsable del Ensayo
 Téc. Jack Sarmiento Morris

V°b° Jefe del Laboratorio

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: HIDRATADA	M. D. S.	1.630 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 6%	O. C. H.	18.08 %
Ubicación	: CALICATA N° 01, KM 00+160	Clas. SUCS	CH
Fecha de ensayo	: 12/12/2019	Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

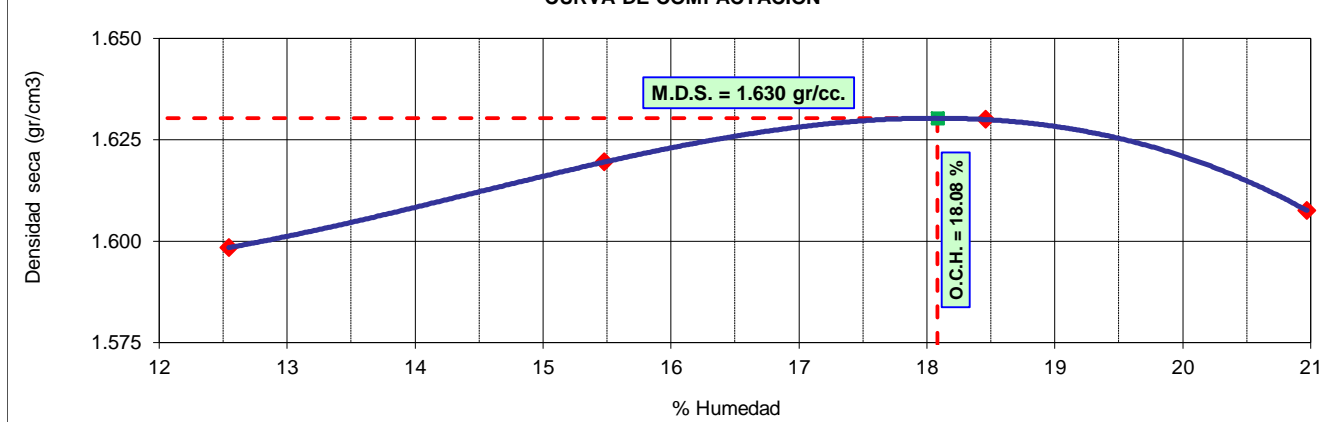
1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5850	5917	5974	5987
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1691	1758	1815	1828
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.799	1.870	1.931	1.945

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	115.77	104.18	91.12	103.61	112.22	113.16	94.31	95.12
Recipiente + suelo seco (gr.)	108.30	97.80	84.28	95.82	100.96	103.31	84.88	85.63
Peso de recipiente (gr.)	48.85	46.85	39.75	45.88	39.80	50.08	39.64	40.65
Peso de agua (gr.)	7.47	6.38	6.84	7.79	11.26	9.85	9.43	9.49
Peso de suelo seco (gr.)	59.45	50.95	44.53	49.94	61.16	53.23	45.24	44.98
Humedad (%)	12.57	12.52	15.36	15.60	18.41	18.50	20.84	21.10
Promedio Humedad (%)	12.54		15.48		18.46		20.97	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.598		1.620		1.630		1.608	

CURVA DE COMPACTACION



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.63 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 18.08 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal : HIDRATADA **M. D. S.** : 1.630 gr/cm³
Dosis de Cal : 6% **O. C. H.** : 18.08 %
Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+160 **Clas. SUCS** : CH
Fecha de ensayo : 17/12/2019 **Clas. AASHTO** : A-7-6 (18)

Molde	N°	1		12		25	
Capas	N°	5		5		5	
Golpes por capa	N°	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12418	12639	12527	12712	12903	13022
Peso del molde	Gr.	8542	8542	8500	8500	8744	8744
Volúmen del suelo	c.c.	2134	2134	2148	2148	2148	2148
Peso del suelo húmedo	Gr.	3876	4097	4027	4212	4159	4278
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.816	1.920	1.875	1.961	1.936	1.992

HUMEDAD

N° de Recipiente	N°	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	88.40	98.69	90.07	86.43	80.63	89.64
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	82.34	87.66	83.47	76.79	74.30	81.77
Peso de la Recipiente	Gr.	48.94	47.85	47.25	38.73	39.63	46.12
Peso del agua	Gr.	6.06	11.03	6.60	9.64	6.33	7.87
Peso del suelo seco	Gr.	33.40	39.81	36.22	38.06	34.67	35.65
Humedad	%	18.14	27.71	18.22	25.33	18.26	22.08
Densidad seca	Gr/c.c.	1.537	1.503	1.586	1.565	1.637	1.631

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
17 de Diciembre de 2019	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
18 de Diciembre de 2019	05:20	1	0.019	0.42	0.167	3.66	0.096	2.10
19 de Diciembre de 2019	06:00	2	0.023	0.09	0.212	0.99	0.112	0.35
20 de Diciembre de 2019	04:20	3	0.025	0.04	0.257	0.99	0.161	1.07
21 de Diciembre de 2019	03:30	4	0.026	0.02	0.273	0.35	0.180	0.42

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetración m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²
0.025	0.63	10.1	0.51	13.3	0.68	12.3	0.63
0.050	1.27	18.7	0.95	23.9	1.22	24.4	1.24
0.075	1.90	25.6	1.30	31.8	1.62	34.9	1.78
0.100	2.54	32.2	1.64	38.2	1.95	43.5	2.21
0.150	3.81	41.1	2.09	48.5	2.47	55.9	2.85
0.200	5.08	49.2	2.51	55.4	2.82	67.4	3.43
0.250	6.35	56.0	2.85	59.7	3.04	78.0	3.97
0.300	7.62	61.2	3.12	63.4	3.23	87.6	4.46

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm²
---------------	------------------	-------------------	---------------------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

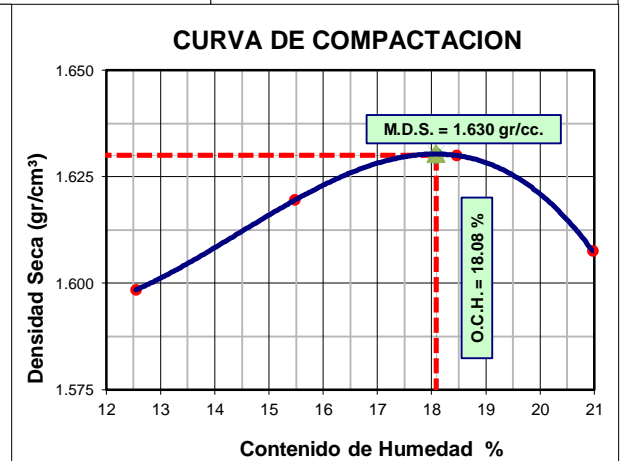
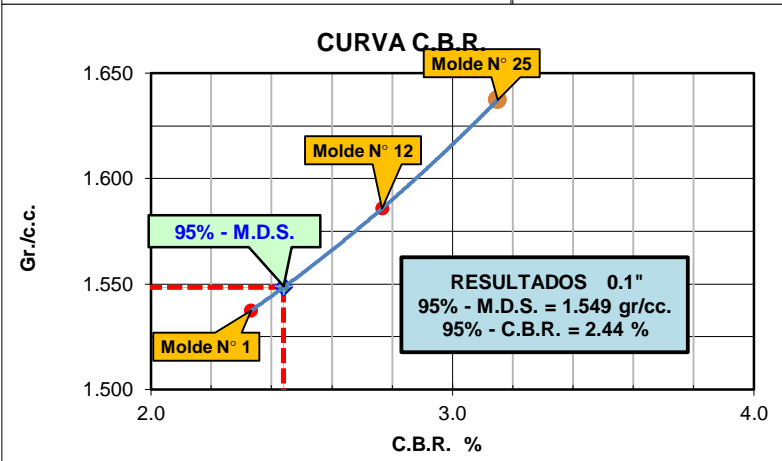
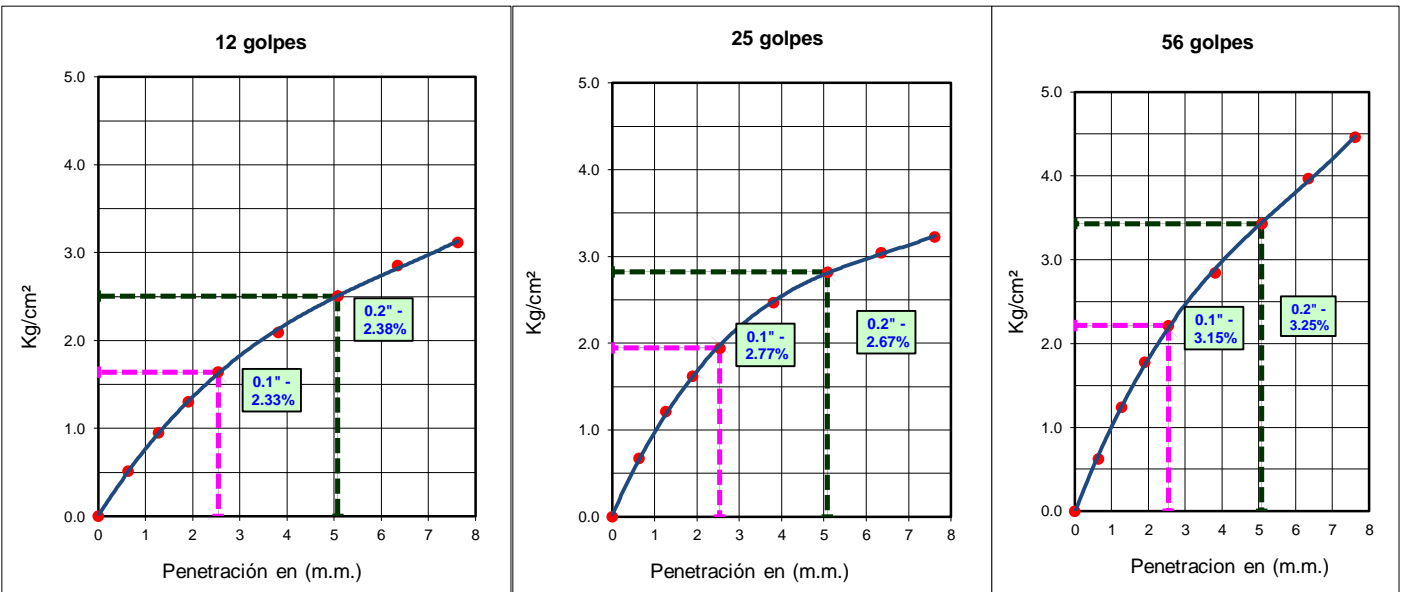
Datos de campo:

Tipo de Cal : HIDRATADA
 Dosis de Cal : 0.06
 Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+16
 Fecha de ensayo : 17/12/2019

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.630 gr/cm³
 WO% : 18.08 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hinchamiento promedio		3.50%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	3.15	2.44	



OBSERVACIONES: La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

TESIS

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019”

UBICACIÓN

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

LIMITES DE CONSISTENCIA**Datos de Campo**

Tipo de Cal HIDRATADA
 Dosis de Cal 2%
 Ubicación CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo 10/12/2019

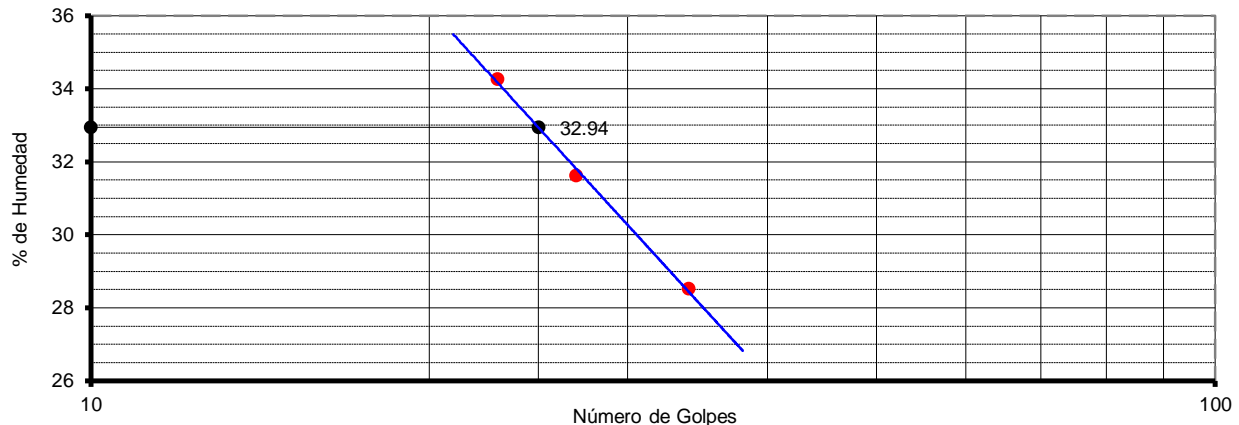
Resultados	
Límite Líquido	32.94
Límite Plástico	13.13
Ind. Plástico	19.82
Clas. SUCS	CL
Clas. AASHTO	A-6 (7)

Límite Líquido**ASTM D 4318 - T 89**

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	23	27	34
R + Suelo Hum.	58.63	57.80	59.65
R + Suelo Seco	55.71	54.88	57.00
Peso de la Tara	47.19	45.65	47.71
Peso de agua	2.92	2.92	2.65
Peso de S. Seco	8.52	9.23	9.29
% de Humedad	34.27	31.64	28.53

Límite Plástico**ASTM D 4318 - T 90**

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	55.79	47.92	
R + Suelo Seco	54.08	46.24	
Peso de la Tara	45.61	37.49	
Peso de agua	1.71	1.68	
Peso de S. Seco	8.47	8.75	
% de Humedad	20.19	19.20	

CURVA DE FLUJO

- ESPECIFICACIONES** : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90.
- OBSERVACIONES** : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.
- RESULTADOS** : Arcilla inorgánica, de color anaranjado, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-6 (7).
 En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 32.94, LP = 13.13 e IP = 19.82

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

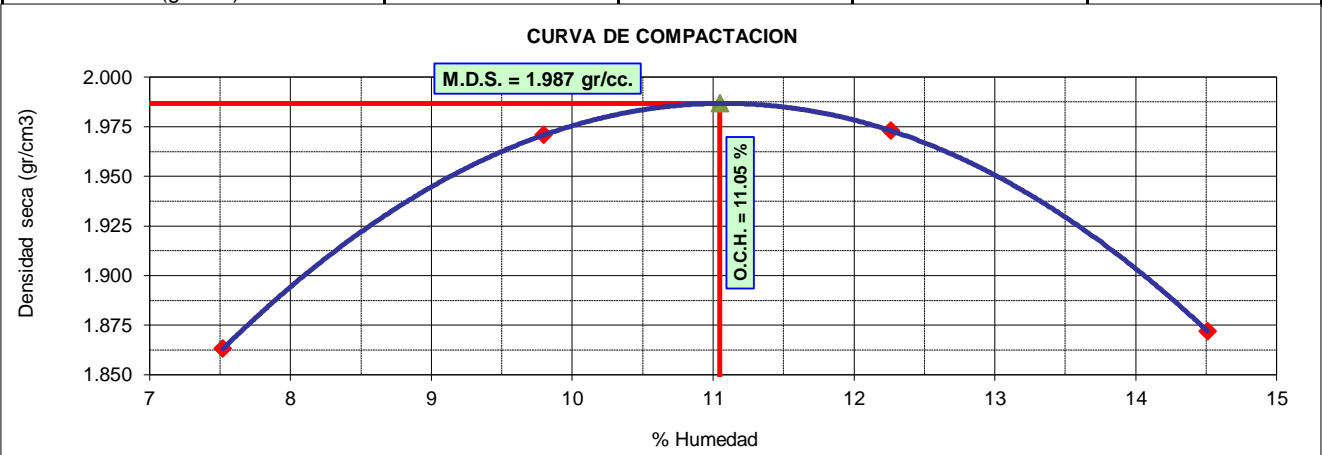
Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: HIDRATADA	M. D. S.	1.987 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 2%	O. C. H.	11.05 %
Ubicación	: CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	CL
Fecha de ensayo	: 20/01/2020	Clas. AASHTO	A-6 (7)

1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6042	6193	6241	6174
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1883	2034	2082	2015
Densidad humeda (gr/cm ³)	2.003	2.164	2.215	2.144

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	129.50	128.64	114.01	105.97	119.15	122.33	115.54	110.67
Recipiente + suelo seco (gr.)	123.82	123.18	107.37	99.93	110.25	114.35	107.46	102.89
Peso de recipiente (gr.)	48.51	50.35	39.33	38.51	37.93	49.04	52.00	49.05
Peso de agua (gr.)	5.68	5.46	6.64	6.04	8.90	7.98	8.08	7.78
Peso de suelo seco (gr.)	75.31	72.83	68.04	61.42	72.32	65.31	55.46	53.84
Humedad (%)	7.54	7.50	9.76	9.83	12.31	12.22	14.57	14.45
Promedio Humedad (%)	7.52		9.80		12.26		14.51	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.863		1.971		1.973		1.872	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.987 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 11.05 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal	:	HIDRATADA	M. D. S.	:	1.987	gr/cm3
Dosis de Cal	:	2%	O. C. H.	:	11.05	%
Ubicación	:	CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	:	CL	
Fecha de ensayo	:	27/01/2020	Clas. AASHTO	:	A-6 (7)	

Molde	N°	1		9		23	
Capas	N°	5		5		5	
Golpes por capa	N°	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12517	12877	12863	13127	13275	13418
Peso del molde	Gr.	8542	8542	8518	8518	8654	8654
Volúmen del suelo	c.c.	2132	2132	2160	2160	2132	2132
Peso del suelo húmedo	Gr.	3975	4335	4345	4609	4621	4764
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.864	2.033	2.011	2.134	2.167	2.234

HUMEDAD

N° de Recipiente	N°	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	100.31	115.08	100.55	103.79	107.25	122.90
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	94.92	103.33	95.92	96.17	100.06	112.06
Peso de la Recipiente	Gr.	45.98	40.42	52.02	39.64	37.47	48.83
Peso del agua	Gr.	5.39	11.75	4.63	7.62	7.19	10.84
Peso del suelo seco	Gr.	48.94	62.91	43.90	56.53	62.59	63.23
Humedad	%	11.01	18.68	10.55	13.48	11.49	17.14
Densidad seca	Gr/c.c.	1.679	1.713	1.819	1.880	1.944	1.907

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
27 de Enero de 2020	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
28 de Enero de 2020	05:20	1	0.152	3.33	0.161	3.53	0.093	2.04
29 de Enero de 2020	06:00	2	0.155	0.07	0.186	0.55	0.125	0.70
30 de Enero de 2020	04:20	3	0.157	0.04	0.191	0.11	0.145	0.44
31 de Enero de 2020	03:30	4	0.158	0.02	0.194	0.07	0.159	0.31

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2
0.025	0.63	7.6	0.39	8.8	0.45	16.7	0.85
0.050	1.27	12.3	0.63	19.4	0.99	32.7	1.66
0.075	1.90	16.3	0.83	27.4	1.40	49.0	2.49
0.100	2.54	19.6	1.00	32.7	1.66	67.7	3.45
0.150	3.81	21.4	1.09	40.9	2.08	105.7	5.38
0.200	5.08	24.7	1.26	48.6	2.47	144.7	7.37
0.250	6.35	27.6	1.41	55.5	2.83	180.6	9.20
0.300	7.62	30.3	1.54	62.3	3.17	213.9	10.89

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K =	19.64 cm2
---------------	------------------	-------------------	------------	------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

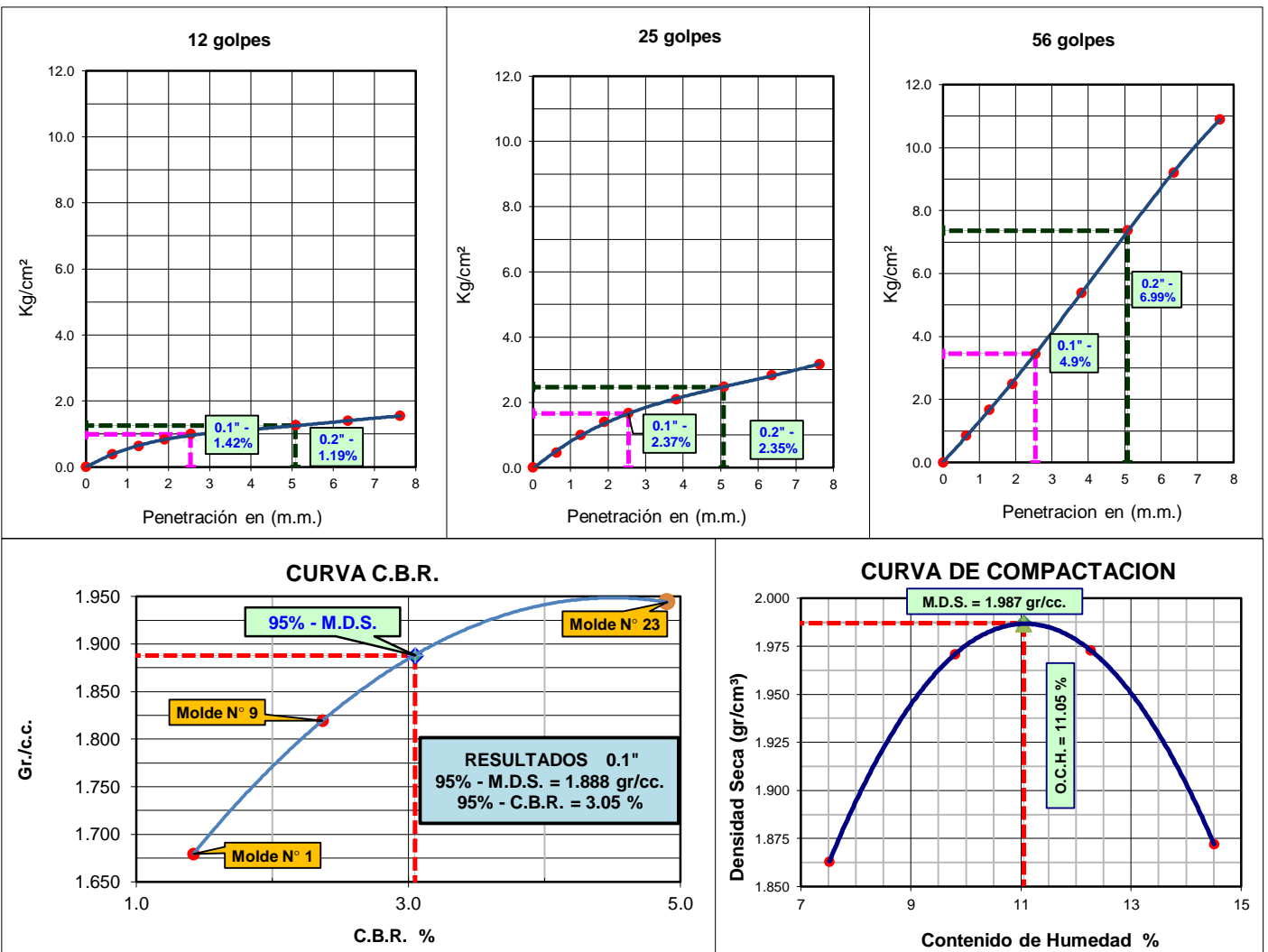
Datos de campo:

Tipo de Cal : HIDRATADA
 Dosis de Cal : 0.02
 Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo : 27/01/2020

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.987 gr/cm³
 WO% : 11.05 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hinchamiento promedio		3.73%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	4.90	3.05	
0.2"			



OBSERVACIONES:

La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

TESIS

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019”

UBICACIÓN

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

LIMITES DE CONSISTENCIA**Datos de Campo**

Tipo de Cal HIDRATADA
 Dosis de Cal 4%
 Ubicación CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo 10/12/2019

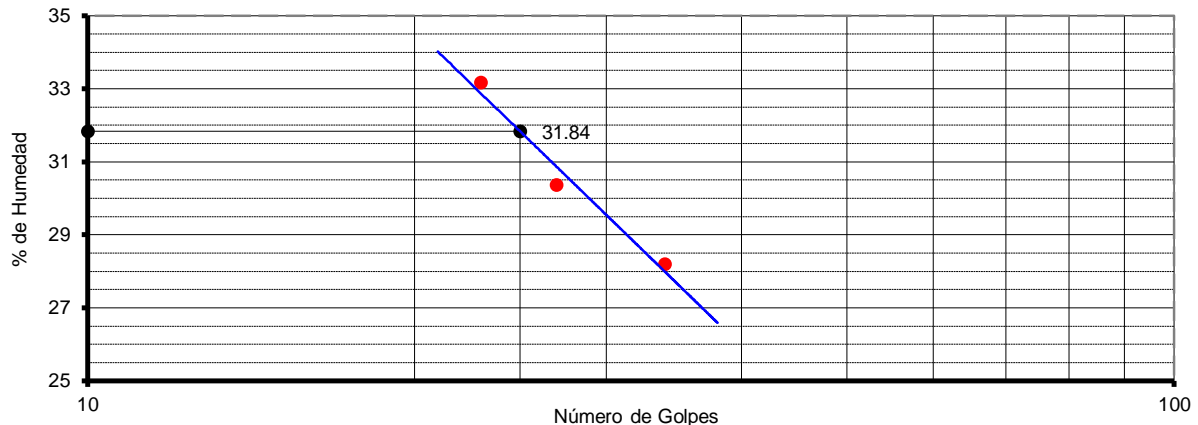
Resultados	
Límite Líquido	31.84
Límite Plástico	12.51
Ind. Plástico	19.33
Clas. SUCS	CL
Clas. AASHTO	A-6 (7)

Límite Líquido**ASTM D 4318 - T 89**

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	23	27	34
R + Suelo Hum.	58.60	57.85	59.65
R + Suelo Seco	55.71	54.88	57.00
Peso de la Tara	47.00	45.10	47.60
Peso de agua	2.89	2.97	2.65
Peso de S. Seco	8.71	9.78	9.40
% de Humedad	33.18	30.37	28.19

Límite Plástico**ASTM D 4318 - T 90**

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	55.74	47.80	
R + Suelo Seco	54.08	46.24	
Peso de la Tara	45.65	37.49	
Peso de agua	1.66	1.56	
Peso de S. Seco	8.43	8.75	
% de Humedad	19.69	17.83	

CURVA DE FLUJO

- ESPECIFICACIONES :** Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90.
- OBSERVACIONES :** La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.
- RESULTADOS :** Arcilla inorgánica, de color anaranjado, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-6 (7).
 En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 31.84, LP = 12.51 e IP = 19.33

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

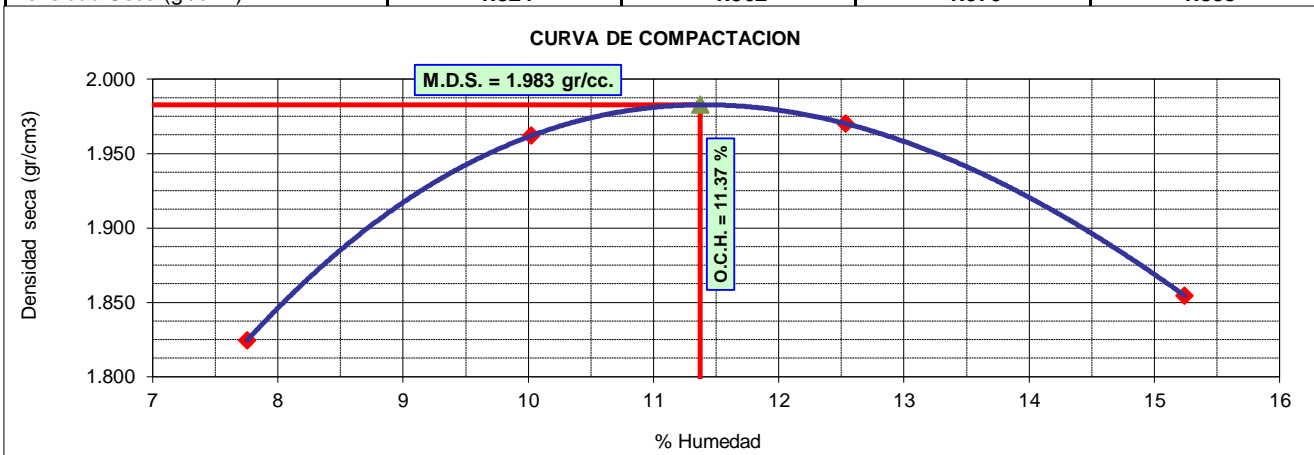
Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: HIDRATADA	M. D. S.	1.983 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 4%	O. C. H.	11.37 %
Ubicación	: CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	CL
Fecha de ensayo	: 20/01/2020	Clas. AASHTO	A-6 (7)

1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6007	6188	6243	6168
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1848	2029	2084	2009
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.966	2.159	2.217	2.137

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	139.28	126.34	123.93	117.06	104.32	122.27	119.34	104.47
Recipiente + suelo seco (gr.)	132.66	121.10	116.17	109.98	97.21	114.33	110.40	96.82
Peso de recipiente (gr.)	48.01	52.96	38.69	39.39	40.45	51.01	52.20	46.23
Peso de agua (gr.)	6.62	5.24	7.76	7.08	7.11	7.94	8.94	7.65
Peso de suelo seco (gr.)	84.65	68.14	77.48	70.59	56.76	63.32	58.20	50.59
Humedad (%)	7.82	7.69	10.02	10.03	12.53	12.54	15.36	15.12
Promedio Humedad (%)	7.76		10.02		12.53		15.24	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.824		1.962		1.970		1.855	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.983 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 11.37 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal	:	HIDRATADA	M. D. S.	:	1.983	gr/cm3
Dosis de Cal	:	4%	O. C. H.	:	11.37	%
Ubicación	:	CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	:	CL	
Fecha de ensayo	:	27/01/2020	Clas. AASHTO	:	A-6 (7)	

Molde	Nº	5	10	27			
Capas	Nº	5	5	5			
Golpes por capa	Nº	12	25	56			
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12521	12869	13131	13366	13304	13448
Peso del molde	Gr.	8506	8506	8693	8693	8649	8649
Volúmen del suelo	c.c.	2146	2146	2123	2123	2132	2132
Peso del suelo húmedo	Gr.	4015	4363	4438	4673	4655	4799
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.871	2.033	2.090	2.201	2.183	2.251

HUMEDAD

Nº de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	100.82	137.16	96.91	116.24	92.20	112.09
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	94.89	123.34	92.50	107.47	87.74	105.79
Peso de la Recipiente	Gr.	39.78	51.34	50.20	45.60	46.86	54.26
Peso del agua	Gr.	5.93	13.82	4.41	8.77	4.46	6.30
Peso del suelo seco	Gr.	55.11	72.00	42.30	61.87	40.88	51.53
Humedad	%	10.76	19.19	10.43	14.17	10.91	12.23
Densidad seca	Gr/c.c.	1.689	1.706	1.893	1.928	1.968	2.006

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
27 de Enero de 2020	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
28 de Enero de 2020	05:20	1	0.142	3.11	0.117	2.56	0.109	2.39
29 de Enero de 2020	06:00	2	0.145	0.07	0.141	0.53	0.138	0.64
30 de Enero de 2020	04:20	3	0.148	0.07	0.147	0.13	0.152	0.31
31 de Enero de 2020	03:30	4	0.149	0.02	0.152	0.11	0.159	0.15

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2
0.025	0.63	9.4	0.48	15.9	0.81	16.9	0.86
0.050	1.27	14.6	0.74	25.6	1.30	31.7	1.61
0.075	1.90	18.2	0.93	36.0	1.83	47.0	2.39
0.100	2.54	21.0	1.07	46.2	2.35	61.1	3.11
0.150	3.81	24.4	1.24	68.4	3.48	86.4	4.40
0.200	5.08	28.1	1.43	90.0	4.58	107.9	5.49
0.250	6.35	31.4	1.60	112.0	5.70	127.7	6.50
0.300	7.62	34.8	1.77	132.6	6.75	145.5	7.41

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K =	19.64 cm2
---------------	------------------	-------------------	------------	------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

Datos de campo:

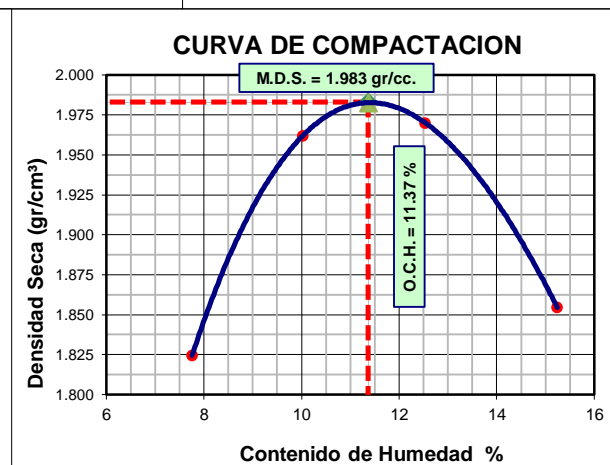
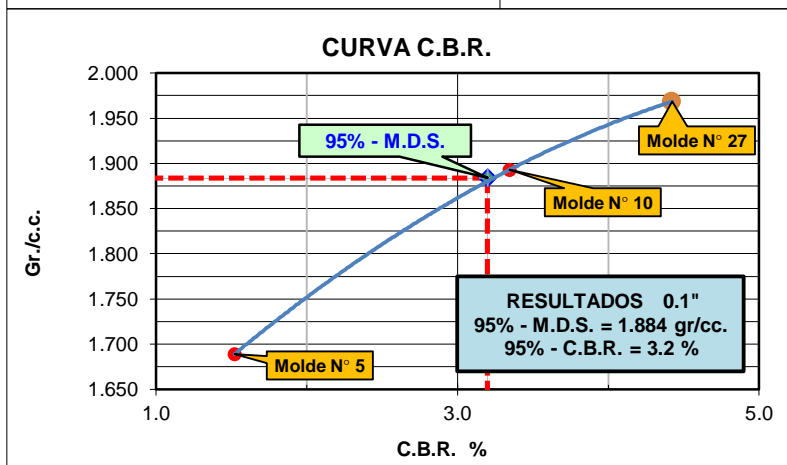
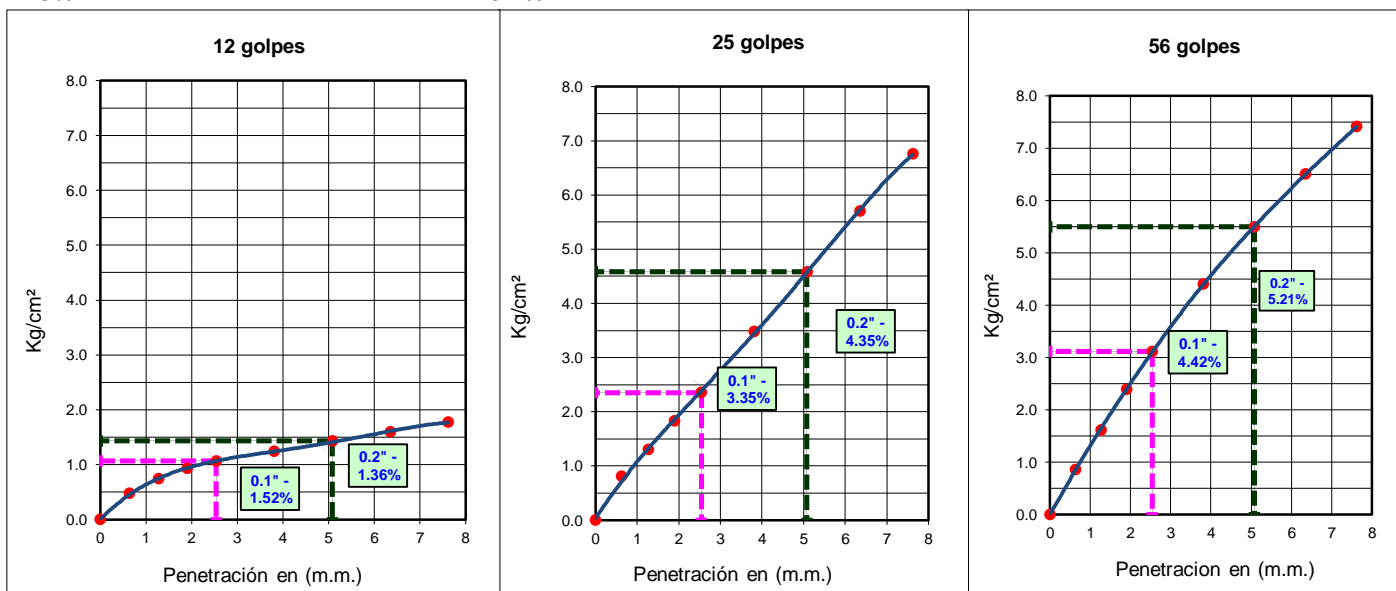
Tipo de Cal : HIDRATADA
 Dosis de Cal : 0.04
 Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420

Fecha de ensayo :

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.983 gr/cm³
 WO% : 11.37 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hinchamiento promedio		3.36%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	4.42	3.20	
0.2"			



OBSERVACIONES:

La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

LIMITES DE CONSISTENCIA

Datos de Campo

Tipo de Cal	HIDRATADA
Dosis de Cal	6%
Ubicación	CALICATA N° 02, KM 00+420
Fecha de ensayo	10/12/2019

Resultados	
Límite Líquido	30.46
Límite Plástico	12.54
Ind. Plástico	17.91
Clas. SUCS	CL
Clas. AASHTO	A-6 (7)

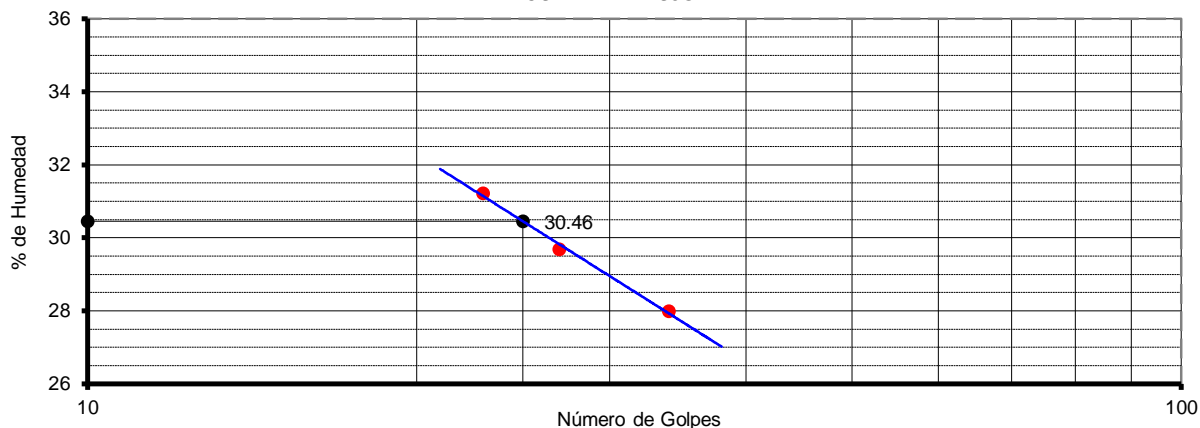
Límite Líquido ASTM D 4318 - T 89

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	23	27	34
R + Suelo Hum.	58.37	57.62	59.60
R + Suelo Seco	55.71	54.88	57.00
Peso de la Tara	47.19	45.65	47.71
Peso de agua	2.66	2.74	2.60
Peso de S. Seco	8.52	9.23	9.29
% de Humedad	31.22	29.69	27.99

Límite Plástico ASTM D 4318 - T 90

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	55.74	47.89	
R + Suelo Seco	54.12	46.26	
Peso de la Tara	45.61	37.49	
Peso de agua	1.62	1.63	
Peso de S. Seco	8.51	8.77	
% de Humedad	19.04	18.59	

CURVA DE FLUJO



- ESPECIFICACIONES :** Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90.
- OBSERVACIONES :** La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.
- RESULTADOS :** Arcilla inorgánica, de color anaranjado, húmeda; porcentaje apreciable de particulas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-6 (6).
En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 30.46, LP = 12.54 e IP = 17.91

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

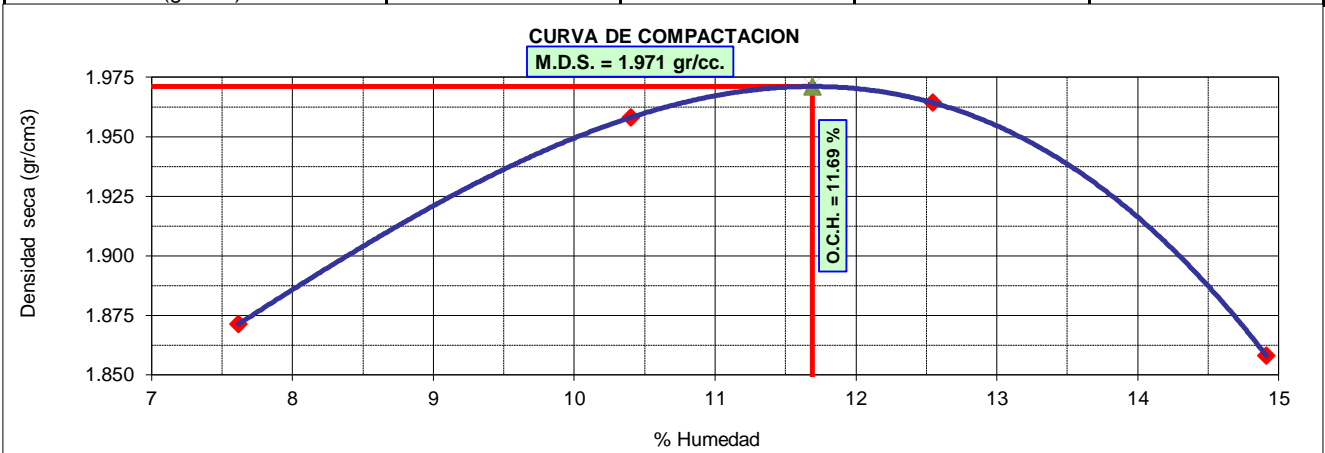
Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: HIDRATADA	M. D. S.	1.971 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 6%	O. C. H.	11.69 %
Ubicación	: CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	CL
Fecha de ensayo	: 21/01/2020	Clas. AASHTO	A-6 (7)

1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6052	6191	6237	6166
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1893	2032	2078	2007
Densidad humeda (gr/cm ³)	2.014	2.162	2.211	2.135

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	132.18	148.51	125.78	117.25	121.10	117.74	103.25	112.06
Recipiente + suelo seco (gr.)	126.40	142.08	118.54	110.79	111.75	110.49	95.00	102.75
Peso de recipiente (gr.)	50.08	58.13	48.59	48.99	37.66	52.36	39.56	40.46
Peso de agua (gr.)	5.78	6.43	7.24	6.46	9.35	7.25	8.25	9.31
Peso de suelo seco (gr.)	76.32	83.95	69.95	61.80	74.09	58.13	55.44	62.29
Humedad (%)	7.57	7.66	10.35	10.45	12.62	12.47	14.88	14.95
Promedio Humedad (%)	7.62		10.40		12.55		14.91	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.871		1.958		1.964		1.858	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.971 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 11.69 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal	:	HIDRATADA	M. D. S.	:	1.971	gr/cm3
Dosis de Cal	:	6%	O. C. H.	:	11.69	%
Ubicación	:	CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	:	CL	
Fecha de ensayo	:	27/01/2020	Clas. AASHTO	:	A-6 (7)	

Molde	Nº	2		14		24	
Capas	Nº	5		5		5	
Golpes por capa	Nº	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12554	12850	12965	13176	13289	13409
Peso del molde	Gr.	8501	8501	8572	8572	8648	8648
Volúmen del suelo	c.c.	2160	2160	2132	2132	2132	2132
Peso del suelo húmedo	Gr.	4053	4349	4393	4604	4641	4761
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.876	2.013	2.060	2.159	2.177	2.233

HUMEDAD

Nº de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	117.24	107.96	96.09	130.79	88.60	121.19
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	110.98	99.31	91.20	120.01	83.88	113.62
Peso de la Recipiente	Gr.	52.96	48.41	48.98	50.08	39.54	52.23
Peso del agua	Gr.	6.26	8.65	4.89	10.78	4.72	7.57
Peso del suelo seco	Gr.	58.02	50.90	42.22	69.93	44.34	61.39
Humedad	%	10.79	16.99	11.58	15.42	10.65	12.33
Densidad seca	Gr/c.c.	1.693	1.721	1.847	1.871	1.967	1.988

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
27 de Enero de 2020	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
28 de Enero de 2020	05:20	1	0.131	2.87	0.117	2.56	0.148	3.24
29 de Enero de 2020	06:00	2	0.135	0.09	0.139	0.48	0.259	2.43
30 de Enero de 2020	04:20	3	0.136	0.02	0.147	0.18	0.293	0.75
31 de Enero de 2020	03:30	4	0.138	0.04	0.152	0.11	0.313	0.44

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2
0.025	0.63	12.8	0.65	21.8	1.11	29.5	1.50
0.050	1.27	18.6	0.95	32.7	1.66	48.8	2.48
0.075	1.90	23.3	1.19	41.7	2.12	69.7	3.55
0.100	2.54	24.8	1.26	48.6	2.47	94.2	4.80
0.150	3.81	29.7	1.51	62.3	3.17	145.3	7.40
0.200	5.08	34.5	1.76	74.8	3.81	196.5	10.01
0.250	6.35	39.0	1.99	86.1	4.38	243.4	12.39
0.300	7.62	43.4	2.21	97.0	4.94	287.1	14.62

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2
---------------	------------------	-------------------	----------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

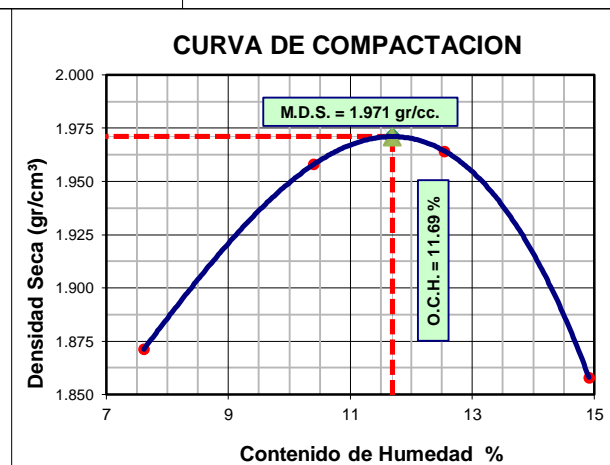
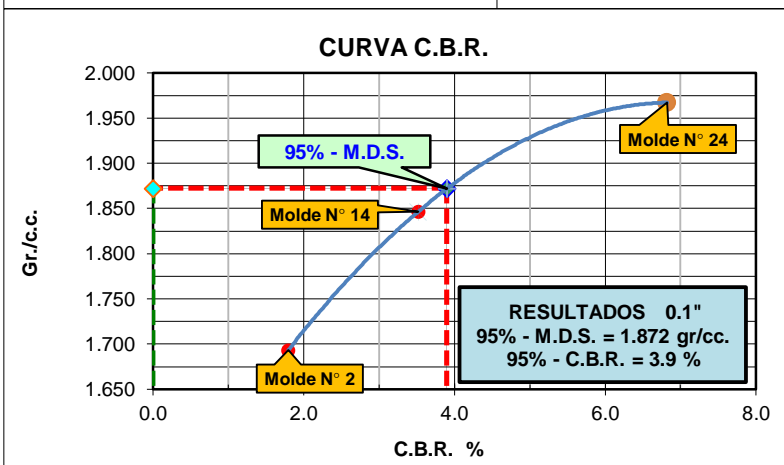
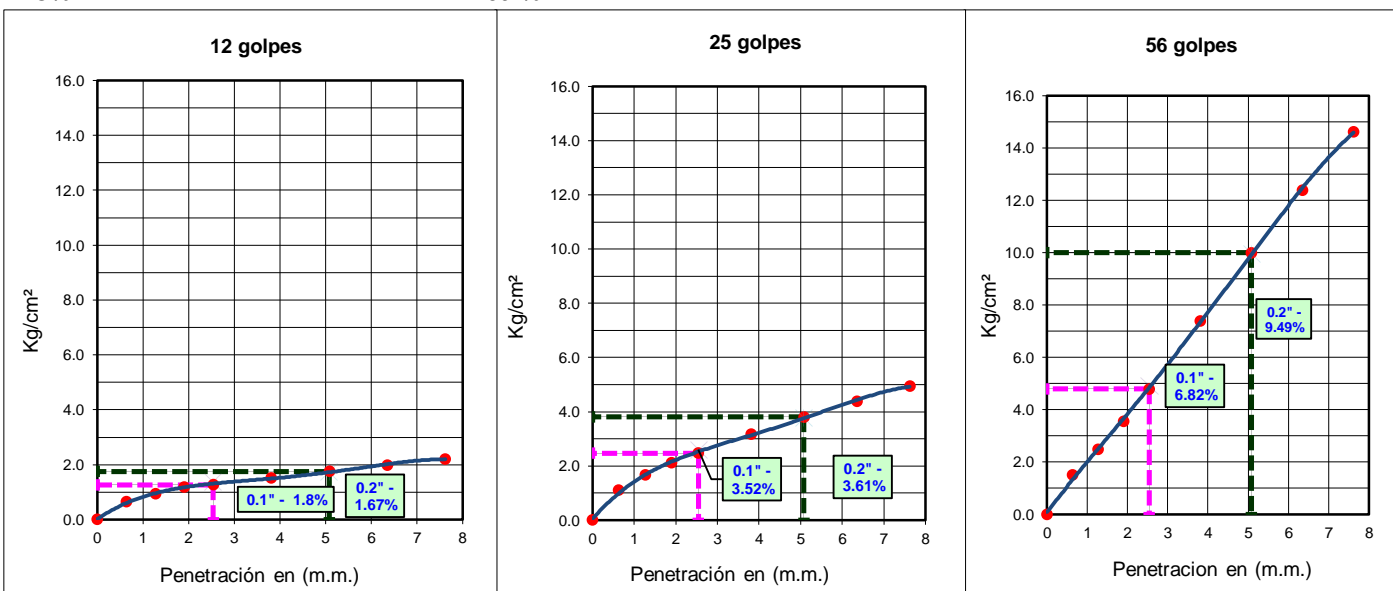
Datos de campo:

Tipo de Cal : HIDRATADA
 Dosis de Cal : 0.06
 Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo : 27/01/2020

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.971 gr/cm³
 WO% : 11.69 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hinchamiento promedio		4.41%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	6.82	3.90	
0.2"			



OBSERVACIONES: La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

TESIS

"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

Datos de Campo

Tipo de Cal HIDRATADA
 Dosis de Cal 4%
 Ubicación CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo 10/12/2019

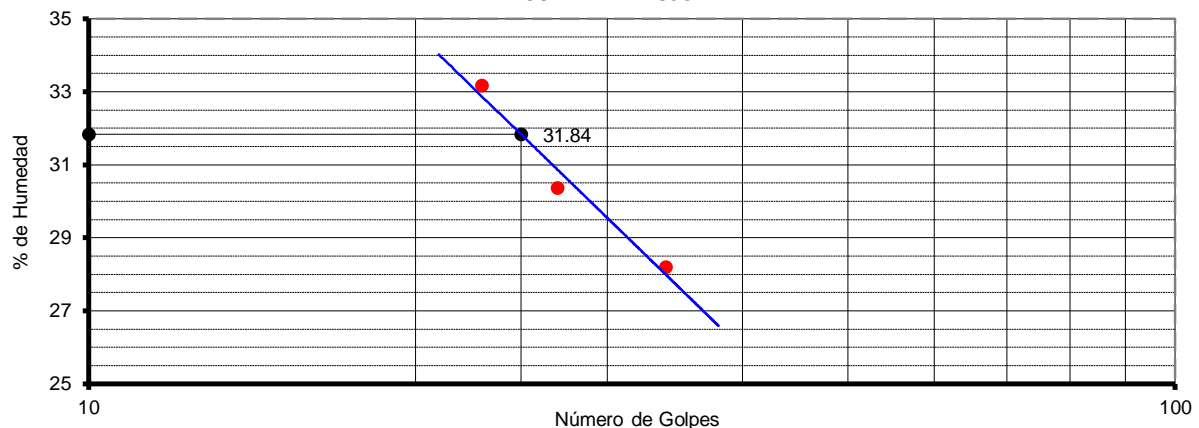
Resultados	
Límite Líquido	31.84
Límite Plástico	12.51
Ind. Plástico	19.33
Clas. SUCS	CL
Clas. AASHTO	A-6 (7)

Límite Líquido**ASTM D 4318 - T 89**

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	23	27	34
R + Suelo Hum.	58.60	57.85	59.65
R + Suelo Seco	55.71	54.88	57.00
Peso de la Tara	47.00	45.10	47.60
Peso de agua	2.89	2.97	2.65
Peso de S. Seco	8.71	9.78	9.40
% de Humedad	33.18	30.37	28.19

Límite Plástico**ASTM D 4318 - T 90**

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	55.74	47.80	
R + Suelo Seco	54.08	46.24	
Peso de la Tara	45.65	37.49	
Peso de agua	1.66	1.56	
Peso de S. Seco	8.43	8.75	
% de Humedad	19.69	17.83	

CURVA DE FLUJO

- ESPECIFICACIONES** : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90.
- OBSERVACIONES** : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.
- RESULTADOS** : Arcilla inorgánica, de color anaranjado, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-6 (7).
 En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 31.84, LP = 12.51 e IP = 19.33

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

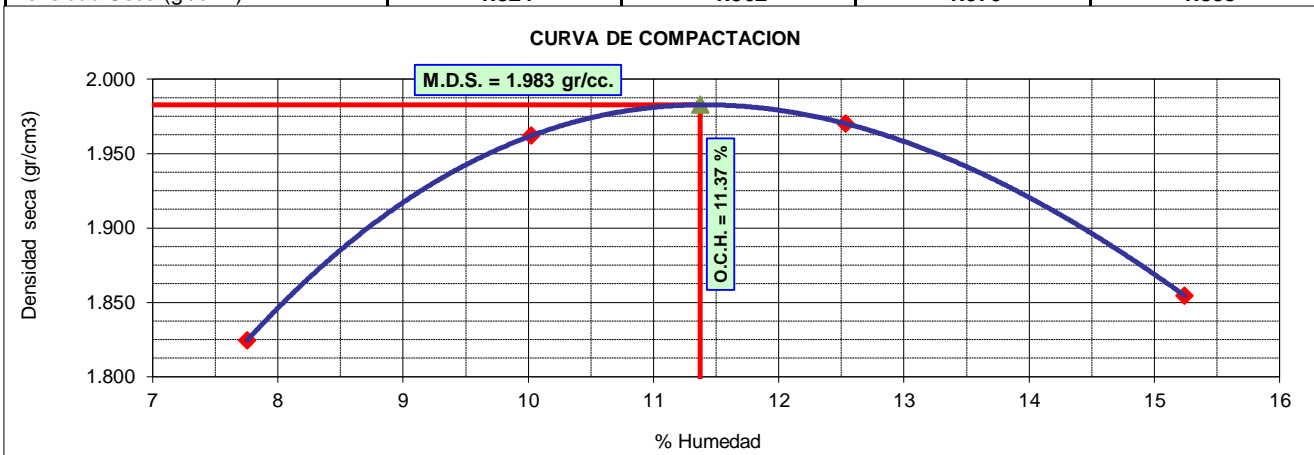
Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: HIDRATADA	M. D. S.	1.983 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 4%	O. C. H.	11.37 %
Ubicación	: CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	CL
Fecha de ensayo	: 20/01/2020	Clas. AASHTO	A-6 (7)

1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6007	6188	6243	6168
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1848	2029	2084	2009
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.966	2.159	2.217	2.137

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	139.28	126.34	123.93	117.06	104.32	122.27	119.34	104.47
Recipiente + suelo seco (gr.)	132.66	121.10	116.17	109.98	97.21	114.33	110.40	96.82
Peso de recipiente (gr.)	48.01	52.96	38.69	39.39	40.45	51.01	52.20	46.23
Peso de agua (gr.)	6.62	5.24	7.76	7.08	7.11	7.94	8.94	7.65
Peso de suelo seco (gr.)	84.65	68.14	77.48	70.59	56.76	63.32	58.20	50.59
Humedad (%)	7.82	7.69	10.02	10.03	12.53	12.54	15.36	15.12
Promedio Humedad (%)	7.76		10.02		12.53		15.24	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.824		1.962		1.970		1.855	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.983 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 11.37 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal	:	HIDRATADA	M. D. S.	:	1.983	gr/cm3
Dosis de Cal	:	4%	O. C. H.	:	11.37	%
Ubicación	:	CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	:	CL	
Fecha de ensayo	:	27/01/2020	Clas. AASHTO	:	A-6 (7)	

Molde	Nº	5	10	27			
Capas	Nº	5	5	5			
Golpes por capa	Nº	12	25	56			
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12521	12869	13131	13366	13304	13448
Peso del molde	Gr.	8506	8506	8693	8693	8649	8649
Volúmen del suelo	c.c.	2146	2146	2123	2123	2132	2132
Peso del suelo húmedo	Gr.	4015	4363	4438	4673	4655	4799
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.871	2.033	2.090	2.201	2.183	2.251

HUMEDAD

Nº de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	100.82	137.16	96.91	116.24	92.20	112.09
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	94.89	123.34	92.50	107.47	87.74	105.79
Peso de la Recipiente	Gr.	39.78	51.34	50.20	45.60	46.86	54.26
Peso del agua	Gr.	5.93	13.82	4.41	8.77	4.46	6.30
Peso del suelo seco	Gr.	55.11	72.00	42.30	61.87	40.88	51.53
Humedad	%	10.76	19.19	10.43	14.17	10.91	12.23
Densidad seca	Gr/c.c.	1.689	1.706	1.893	1.928	1.968	2.006

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
27 de Enero de 2020	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
28 de Enero de 2020	05:20	1	0.142	3.11	0.117	2.56	0.109	2.39
29 de Enero de 2020	06:00	2	0.145	0.07	0.141	0.53	0.138	0.64
30 de Enero de 2020	04:20	3	0.148	0.07	0.147	0.13	0.152	0.31
31 de Enero de 2020	03:30	4	0.149	0.02	0.152	0.11	0.159	0.15

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2
0.025	0.63	9.4	0.48	15.9	0.81	16.9	0.86
0.050	1.27	14.6	0.74	25.6	1.30	31.7	1.61
0.075	1.90	18.2	0.93	36.0	1.83	47.0	2.39
0.100	2.54	21.0	1.07	46.2	2.35	61.1	3.11
0.150	3.81	24.4	1.24	68.4	3.48	86.4	4.40
0.200	5.08	28.1	1.43	90.0	4.58	107.9	5.49
0.250	6.35	31.4	1.60	112.0	5.70	127.7	6.50
0.300	7.62	34.8	1.77	132.6	6.75	145.5	7.41

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K =	19.64 cm2
---------------	------------------	-------------------	------------	------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

Datos de campo:

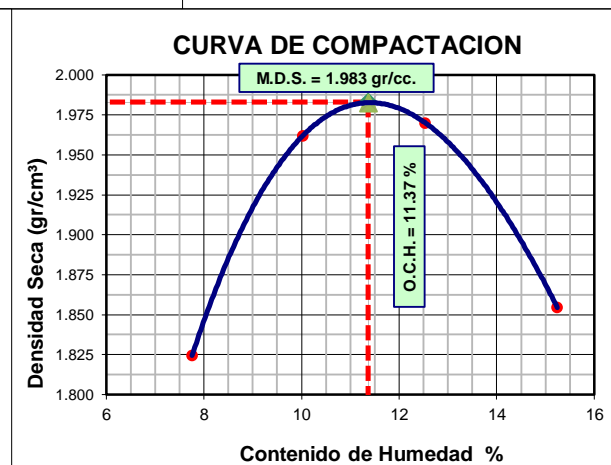
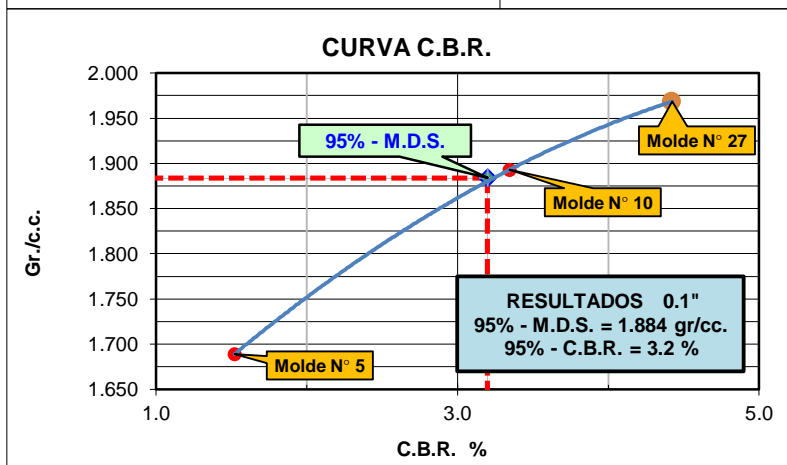
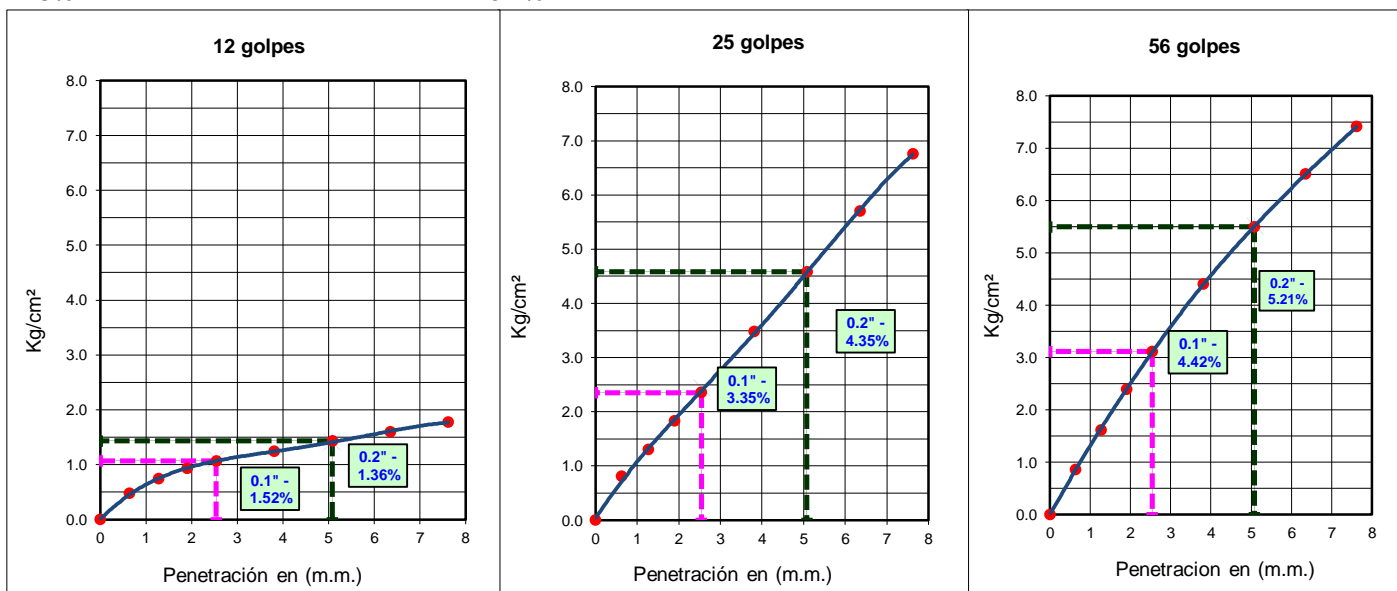
Tipo de Cal : HIDRATADA
 Dosis de Cal : 0.04
 Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420

Fecha de ensayo :

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.983 gr/cm³
 WO% : 11.37 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hinchamiento promedio		3.36%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	4.42	3.20	
0.2"			



OBSERVACIONES:

La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

LIMITES DE CONSISTENCIA

Datos de Campo

Tipo de Cal	HIDRATADA
Dosis de Cal	6%
Ubicación	CALICATA N° 02, KM 00+420
Fecha de ensayo	10/12/2019

Resultados	
Límite Líquido	30.46
Límite Plástico	12.54
Ind. Plástico	17.91
Clas. SUCS	CL
Clas. AASHTO	A-6 (7)

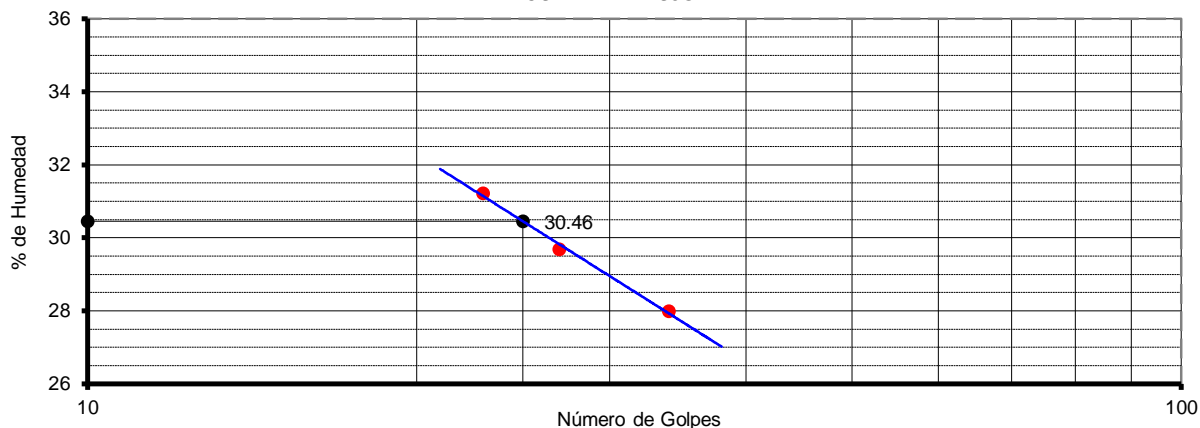
Límite Líquido ASTM D 4318 - T 89

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	23	27	34
R + Suelo Hum.	58.37	57.62	59.60
R + Suelo Seco	55.71	54.88	57.00
Peso de la Tara	47.19	45.65	47.71
Peso de agua	2.66	2.74	2.60
Peso de S. Seco	8.52	9.23	9.29
% de Humedad	31.22	29.69	27.99

Límite Plástico ASTM D 4318 - T 90

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	55.74	47.89	
R + Suelo Seco	54.12	46.26	
Peso de la Tara	45.61	37.49	
Peso de agua	1.62	1.63	
Peso de S. Seco	8.51	8.77	
% de Humedad	19.04	18.59	

CURVA DE FLUJO



- ESPECIFICACIONES :** Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90.
- OBSERVACIONES :** La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.
- RESULTADOS :** Arcilla inorgánica, de color anaranjado, húmeda; porcentaje apreciable de particulas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-6 (6).
En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 30.46, LP = 12.54 e IP = 17.91

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

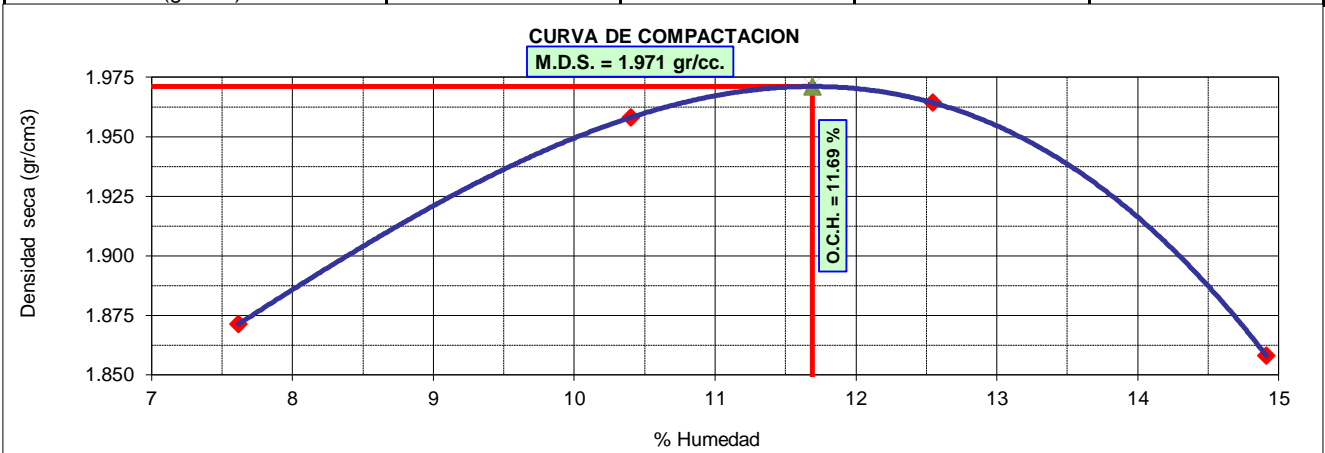
Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: HIDRATADA	M. D. S.	1.971 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 6%	O. C. H.	11.69 %
Ubicación	: CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	CL
Fecha de ensayo	: 21/01/2020	Clas. AASHTO	A-6 (7)

1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6052	6191	6237	6166
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1893	2032	2078	2007
Densidad humeda (gr/cm ³)	2.014	2.162	2.211	2.135

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	132.18	148.51	125.78	117.25	121.10	117.74	103.25	112.06
Recipiente + suelo seco (gr.)	126.40	142.08	118.54	110.79	111.75	110.49	95.00	102.75
Peso de recipiente (gr.)	50.08	58.13	48.59	48.99	37.66	52.36	39.56	40.46
Peso de agua (gr.)	5.78	6.43	7.24	6.46	9.35	7.25	8.25	9.31
Peso de suelo seco (gr.)	76.32	83.95	69.95	61.80	74.09	58.13	55.44	62.29
Humedad (%)	7.57	7.66	10.35	10.45	12.62	12.47	14.88	14.95
Promedio Humedad (%)	7.62		10.40		12.55		14.91	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.871		1.958		1.964		1.858	



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.971 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 11.69 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal	:	HIDRATADA	M. D. S.	:	1.971	gr/cm ³
Dosis de Cal	:	6%	O. C. H.	:	11.69	%
Ubicación	:	CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	:	CL	
Fecha de ensayo	:	27/01/2020	Clas. AASHTO	:	A-6 (7)	

Molde	Nº	2		14		24	
Capas	Nº	5		5		5	
Golpes por capa	Nº	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12554	12850	12965	13176	13289	13409
Peso del molde	Gr.	8501	8501	8572	8572	8648	8648
Volúmen del suelo	c.c.	2160	2160	2132	2132	2132	2132
Peso del suelo húmedo	Gr.	4053	4349	4393	4604	4641	4761
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.876	2.013	2.060	2.159	2.177	2.233

HUMEDAD

Nº de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	117.24	107.96	96.09	130.79	88.60	121.19
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	110.98	99.31	91.20	120.01	83.88	113.62
Peso de la Recipiente	Gr.	52.96	48.41	48.98	50.08	39.54	52.23
Peso del agua	Gr.	6.26	8.65	4.89	10.78	4.72	7.57
Peso del suelo seco	Gr.	58.02	50.90	42.22	69.93	44.34	61.39
Humedad	%	10.79	16.99	11.58	15.42	10.65	12.33
Densidad seca	Gr/c.c.	1.693	1.721	1.847	1.871	1.967	1.988

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
27 de Enero de 2020	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
28 de Enero de 2020	05:20	1	0.131	2.87	0.117	2.56	0.148	3.24
29 de Enero de 2020	06:00	2	0.135	0.09	0.139	0.48	0.259	2.43
30 de Enero de 2020	04:20	3	0.136	0.02	0.147	0.18	0.293	0.75
31 de Enero de 2020	03:30	4	0.138	0.04	0.152	0.11	0.313	0.44

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²
0.025	0.63	12.8	0.65	21.8	1.11	29.5	1.50
0.050	1.27	18.6	0.95	32.7	1.66	48.8	2.48
0.075	1.90	23.3	1.19	41.7	2.12	69.7	3.55
0.100	2.54	24.8	1.26	48.6	2.47	94.2	4.80
0.150	3.81	29.7	1.51	62.3	3.17	145.3	7.40
0.200	5.08	34.5	1.76	74.8	3.81	196.5	10.01
0.250	6.35	39.0	1.99	86.1	4.38	243.4	12.39
0.300	7.62	43.4	2.21	97.0	4.94	287.1	14.62

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K =	19.64 cm²
---------------	------------------	-------------------	------------	-----------------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

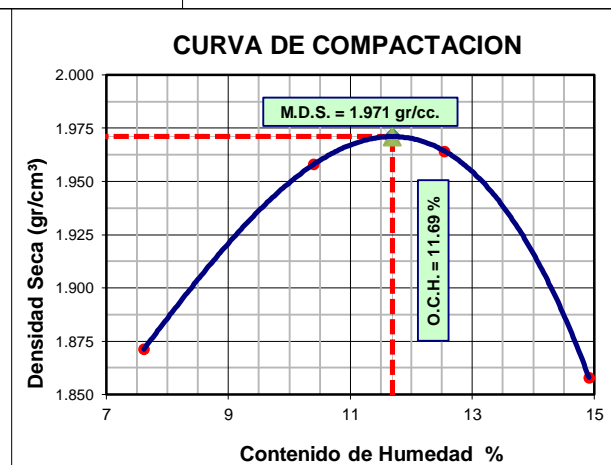
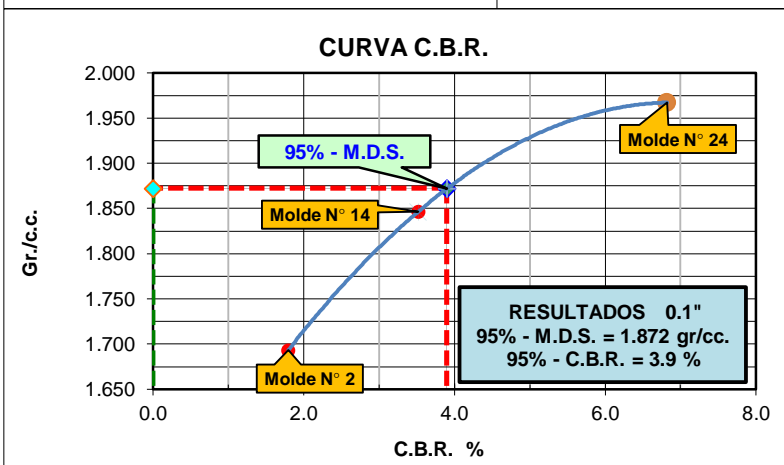
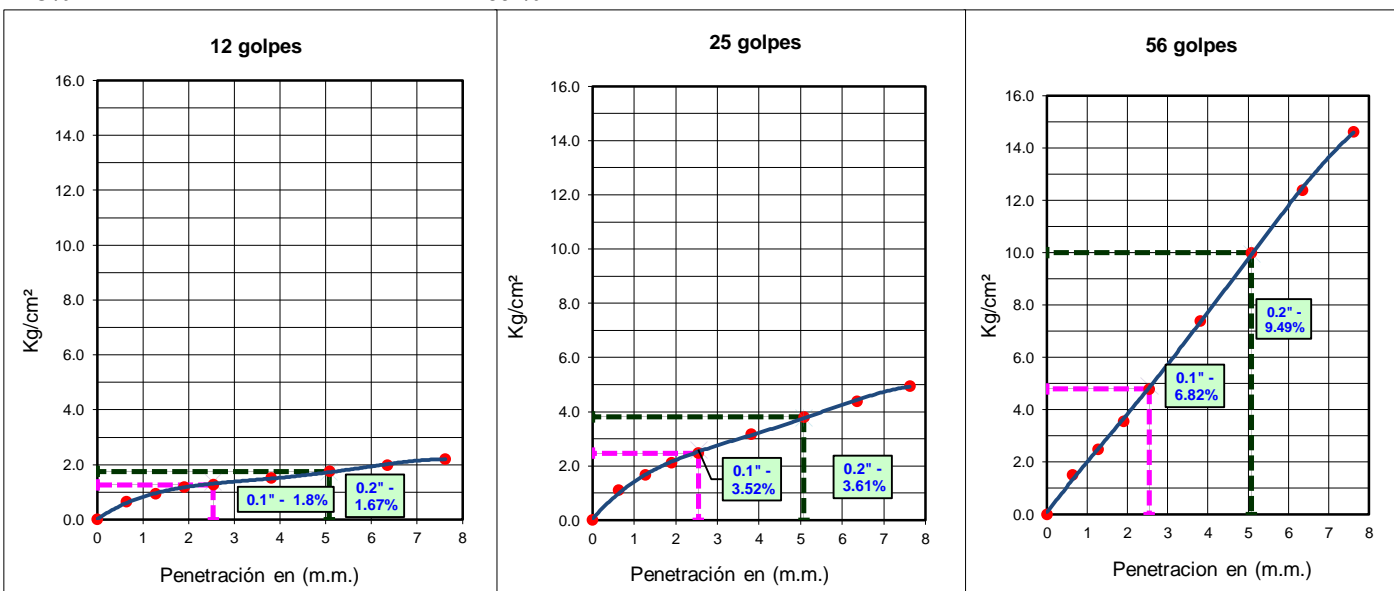
Datos de campo:

Tipo de Cal : HIDRATADA
 Dosis de Cal : 0.06
 Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo : 27/01/2020

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.971 gr/cm³
 WO% : 11.69 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hinchamiento promedio		4.41%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	6.82	3.90	
0.2"			



OBSERVACIONES: La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ANEXO 06

TESIS

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019”

UBICACIÓN

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – QUITOS

LIMITES DE CONSISTENCIA**Datos de Campo**

Tipo de Cal VIVA
 Dosis de Cal 2%
 Ubicación CALICATA N° 01, KM 00+160
 Fecha de ensayo 19/08/2019

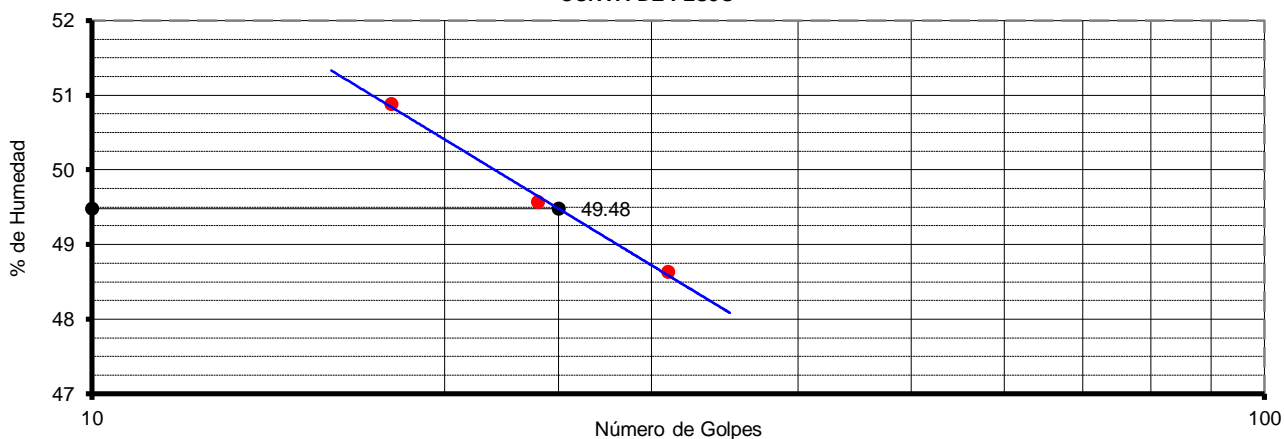
Resultados	
Límite Líquido	49.48
Límite Plástico	19.18
Ind. Plástico	30.30
Clas. SUCS	CH
Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

Límite Líquido**ASTM D 4318 - T 89**

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	18	24	31
R + Suelo Hum.	56.81	60.97	55.63
R + Suelo Seco	53.92	58.09	52.97
Peso de la Tara	48.24	52.28	47.50
Peso de agua	2.89	2.88	2.66
Peso de S. Seco	5.68	5.81	5.47
% de Humedad	50.88	49.57	48.63

Límite Plástico**ASTM D 4318 - T 90**

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	52.00	41.24	
R + Suelo Seco	51.71	40.93	
Peso de la Tara	50.12	39.39	
Peso de agua	0.29	0.31	
Peso de S. Seco	1.59	1.54	
% de Humedad	18.24	20.13	

CURVA DE FLUJO

ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para límite líquido y límite plástico ASTM D 4318 - T 90.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelos alterados, fue muestreada e identificada por el solicitante y trasladada al laboratorio.

RESULTADOS : Arcilla inorgánica, de color gris, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-7-6 (11).
 En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 49.48, LP = 19.18 e IP = 30.3

Responsable del Ensayo
 Téc. Jack Sarmiento Morris

V°b° Jefe del Laboratorio

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: VIVA	M. D. S.	1.678 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 2%	O. C. H.	16.86 %
Ubicación	: CALICATA N° 01, KM 00+160	Clas. SUCS	CH
Fecha de ensayo	: 12/10/2019	Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

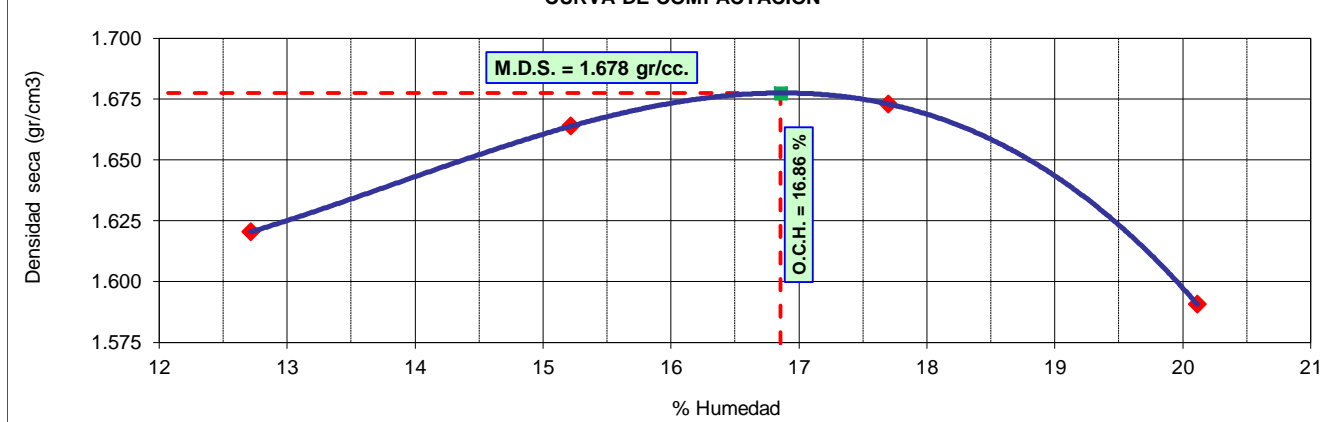
1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5876	5961	6010	5955
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1717	1802	1851	1796
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.827	1.917	1.969	1.911

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	100.63	110.08	102.61	76.97	88.46	103.14	74.04	88.53
Recipiente + suelo seco (gr.)	93.95	103.30	95.51	72.07	82.43	94.26	67.90	81.67
Peso de recipiente (gr.)	41.29	50.12	48.95	39.79	48.57	43.78	37.66	47.24
Peso de agua (gr.)	6.68	6.78	7.10	4.90	6.03	8.88	6.14	6.86
Peso de suelo seco (gr.)	52.66	53.18	46.56	32.28	33.86	50.48	30.24	34.43
Humedad (%)	12.69	12.75	15.25	15.18	17.81	17.59	20.30	19.92
Promedio Humedad (%)	12.72		15.21		17.70		20.11	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.621		1.664		1.673		1.591	

CURVA DE COMPACTACION



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.678 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 16.86 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal : VIVA **M. D. S.** : 1.678 gr/cm3
Dosis de Cal : 2% **O. C. H.** : 16.86 %
Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+160 **Clas. SUCS** : CH
Fecha de ensayo : 17/10/2019 **Clas. AASHTO** : A-7-6 (18)

Molde	N°	2		9		14	
Capas	N°	5		5		5	
Golpes por capa	N°	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12113	12675	12306	12771	12734	13096
Peso del molde	Gr.	8501	8501	8518	8518	8572	8572
Volúmen del suelo	c.c.	2162	2162	2162	2162	2134	2134
Peso del suelo húmedo	Gr.	3612	4174	3788	4253	4162	4524
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.671	1.931	1.752	1.967	1.950	2.120

HUMEDAD

N° de Recipiente	N°	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	113.43	99.75	86.47	95.30	79.15	89.25
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	105.18	89.39	80.00	87.85	74.60	82.57
Peso de la Recipiente	Gr.	54.33	47.72	40.91	52.00	47.53	47.80
Peso del agua	Gr.	8.25	10.36	6.47	7.45	4.55	6.68
Peso del suelo seco	Gr.	50.85	41.67	39.09	35.85	27.07	34.77
Humedad	%	16.22	24.86	16.55	20.78	16.81	19.21
Densidad seca	Gr/c.c.	1.437	1.546	1.503	1.629	1.670	1.778

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
17 de Octubre de 2019	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
18 de Octubre de 2019	05:20	1	0.139	3.05	0.235	5.15	0.203	4.45
19 de Octubre de 2019	06:00	2	0.140	0.02	0.236	0.02	0.204	0.02
20 de Octubre de 2019	04:20	3	0.142	0.04	0.237	0.02	0.204	0.00
21 de Octubre de 2019	03:30	4	0.143	0.02	0.237	0.00	0.204	0.00

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2
0.025	0.63	55.1	2.81	66.5	3.39	75.6	3.85
0.050	1.27	97.7	4.97	118.9	6.05	155.8	7.93
0.075	1.90	133.8	6.81	163.9	8.35	227.3	11.57
0.100	2.54	161.8	8.24	206.8	10.53	300.7	15.31
0.150	3.81	206.1	10.49	270.5	13.77	395.7	20.15
0.200	5.08	239.3	12.18	313.8	15.98	468.2	23.84
0.250	6.35	264.1	13.45	342.9	17.46	508.9	25.91
0.300	7.62	280.1	14.26	360.5	18.36	529.4	26.96

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2
---------------	------------------	-------------------	----------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

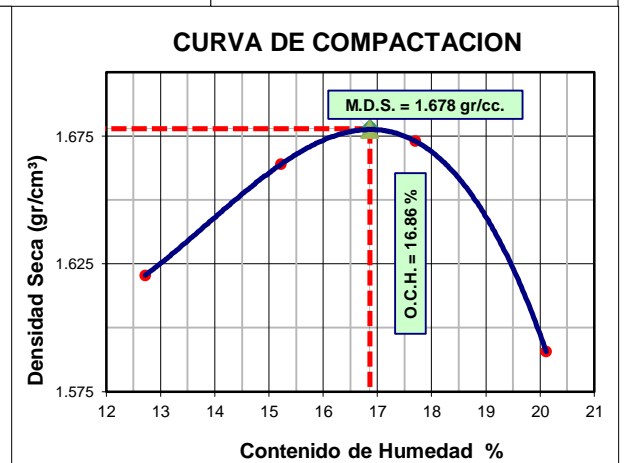
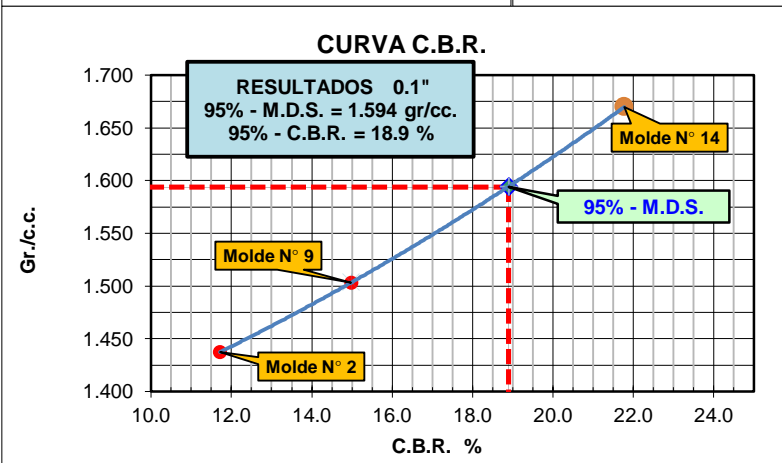
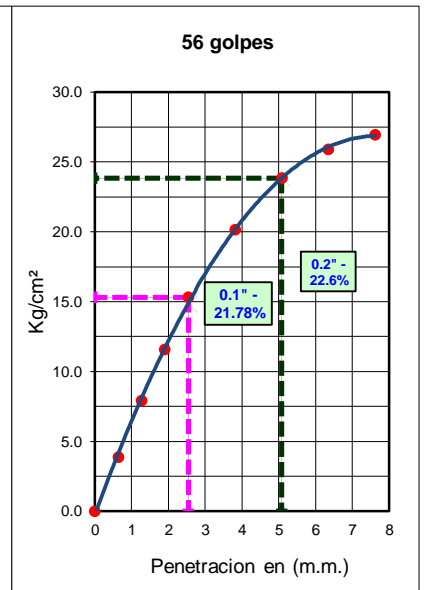
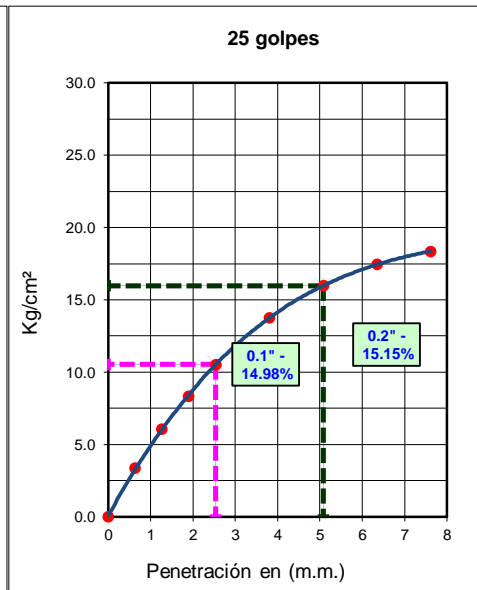
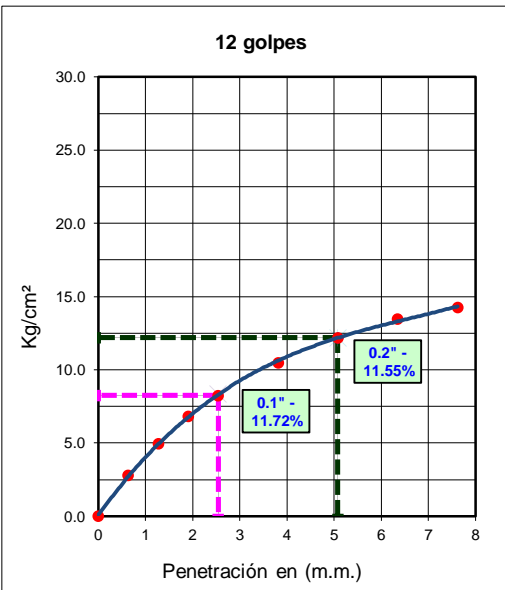
Datos de campo:

Tipo de Cal : VIVA
 Dosis de Cal : 0.02
 Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+16
 Fecha de ensayo : 17/10/2019

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.678 gr/cm³
 WO% : 16.86 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hincharamiento promedio		4.27%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	21.78	18.90	



OBSERVACIONES:

La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

TESIS

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019”

UBICACIÓN

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – QUITOS

LIMITES DE CONSISTENCIA**Datos de Campo**

Tipo de Cal VIVA
 Dosis de Cal 4%
 Ubicación CALICATA N° 01, KM 00+160
 Fecha de ensayo 19/08/2019

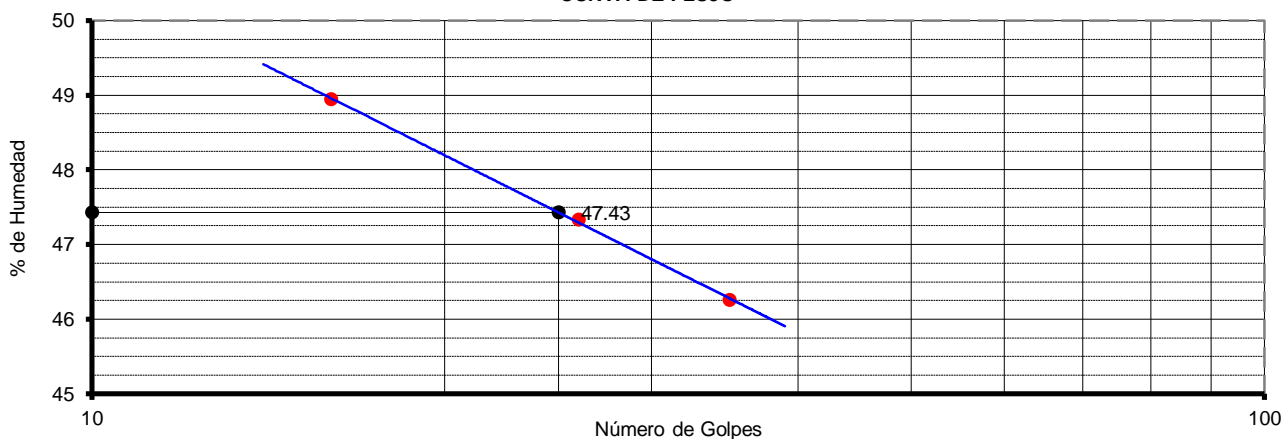
Resultados	
Límite Líquido	47.43
Límite Plástico	20.46
Ind. Plástico	26.97
Clas. SUCS	CH
Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

Límite Líquido**ASTM D 4318 - T 89**

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	16	26	35
R + Suelo Hum.	56.70	60.84	55.50
R + Suelo Seco	53.92	58.09	52.97
Peso de la Tara	48.24	52.28	47.50
Peso de agua	2.78	2.75	2.53
Peso de S. Seco	5.68	5.81	5.47
% de Humedad	48.94	47.33	46.25

Límite Plástico**ASTM D 4318 - T 90**

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	52.02	41.26	
R + Suelo Seco	51.71	40.93	
Peso de la Tara	50.12	39.39	
Peso de agua	0.31	0.33	
Peso de S. Seco	1.59	1.54	
% de Humedad	19.50	21.43	

CURVA DE FLUJO

ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para límite líquido y límite plástico ASTM D 4318 - T 90.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelos alterados, fue muestreada e identificada por el solicitante y trasladada al laboratorio.

RESULTADOS : Arcilla inorgánica, de color gris, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-7-6 (10).
 En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 47.43, LP = 20.46 e IP = 26.97

Responsable del Ensayo
 Téc. Jack Sarmiento Morris

V°b° Jefe del Laboratorio

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: VIVA	M. D. S.	1.766 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 4%	O. C. H.	16.43 %
Ubicación	: CALICATA N° 01, KM 00+160	Clas. SUCS	CH
Fecha de ensayo	: 12/10/2019	Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

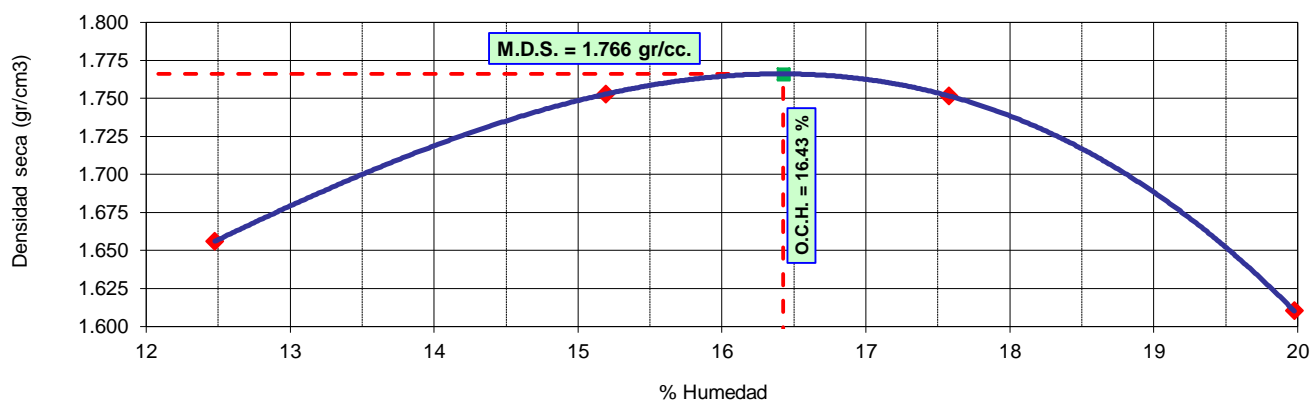
1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5910	6057	6095	5975
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1751	1898	1936	1816
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.863	2.019	2.060	1.932

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	108.63	111.07	99.95	91.24	82.99	84.06	125.33	110.31
Recipiente + suelo seco (gr.)	101.74	104.27	91.89	85.84	76.28	77.22	112.98	98.23
Peso de recipiente (gr.)	45.93	50.34	39.42	49.89	37.90	38.51	49.45	39.34
Peso de agua (gr.)	6.89	6.80	8.06	5.40	6.71	6.84	12.35	12.08
Peso de suelo seco (gr.)	55.81	53.93	52.47	35.95	38.38	38.71	63.53	58.89
Humedad (%)	12.35	12.61	15.36	15.02	17.48	17.67	19.44	20.51
Promedio Humedad (%)	12.48		15.19		17.58		19.98	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.656		1.753		1.752		1.610	

CURVA DE COMPACTACION



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.766 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 16.43 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal : VIVA **M. D. S.** : 1.766 gr/cm3
Dosis de Cal : 4% **O. C. H.** : 16.43 %
Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+160 **Clas. SUCS** : CH
Fecha de ensayo : 17/10/2019 **Clas. AASHTO** : A-7-6 (18)

Molde	Nº	11	12	19			
Capas	Nº	5	5	5			
Golpes por capa	Nº	12	25	56			
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12609	13175	12778	13262	13098	13554
Peso del molde	Gr.	8498	8498	8500	8500	8699	8699
Volúmen del suelo	c.c.	2125	2125	2148	2148	2134	2134
Peso del suelo húmedo	Gr.	4111	4677	4278	4762	4399	4855
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.935	2.201	1.992	2.217	2.061	2.275

HUMEDAD

Nº de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	83.97	86.16	107.83	91.54	96.67	90.45
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	79.03	76.77	99.92	84.41	87.99	81.87
Peso de la Recipiente	Gr.	48.84	40.66	51.84	50.09	35.67	39.82
Peso del agua	Gr.	4.94	9.39	7.91	7.13	8.68	8.58
Peso del suelo seco	Gr.	30.19	36.11	48.08	34.32	52.32	42.05
Humedad	%	16.36	26.00	16.45	20.78	16.59	20.40
Densidad seca	Gr/c.c.	1.663	1.747	1.710	1.836	1.768	1.890

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
17 de Octubre de 2019	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
18 de Octubre de 2019	05:20	1	0.181	3.97	0.194	4.25	0.187	4.10
19 de Octubre de 2019	06:00	2	0.222	0.90	0.195	0.02	0.187	0.00
20 de Octubre de 2019	04:20	3	0.223	0.02	0.196	0.02	0.188	0.02
21 de Octubre de 2019	03:30	4	0.223	0.00	0.196	0.00	0.188	0.00

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2
0.025	0.63	57.3	2.92	77.8	3.96	189.3	9.64
0.050	1.27	144.8	7.37	166.7	8.49	329.5	16.78
0.075	1.90	224.8	11.45	262.5	13.37	453.9	23.11
0.100	2.54	291.0	14.82	347.9	17.71	556.7	28.35
0.150	3.81	396.6	20.19	484.6	24.67	672.8	34.26
0.200	5.08	475.3	24.20	594.4	30.26	725.2	36.92
0.250	6.35	535.6	27.27	665.7	33.90	749.4	38.16
0.300	7.62	574.7	29.26	693.2	35.30	899.3	45.79

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2
---------------	------------------	-------------------	----------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

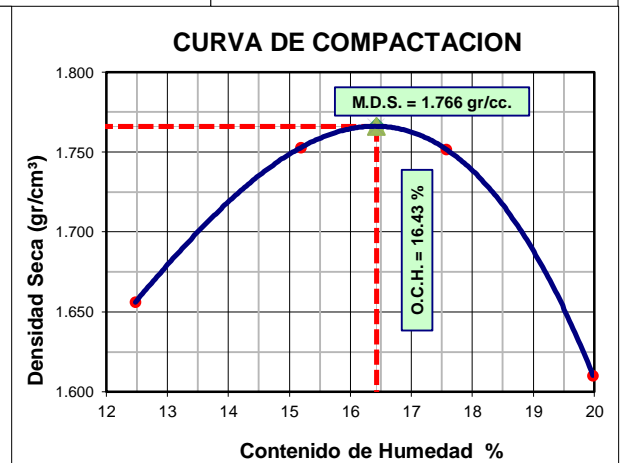
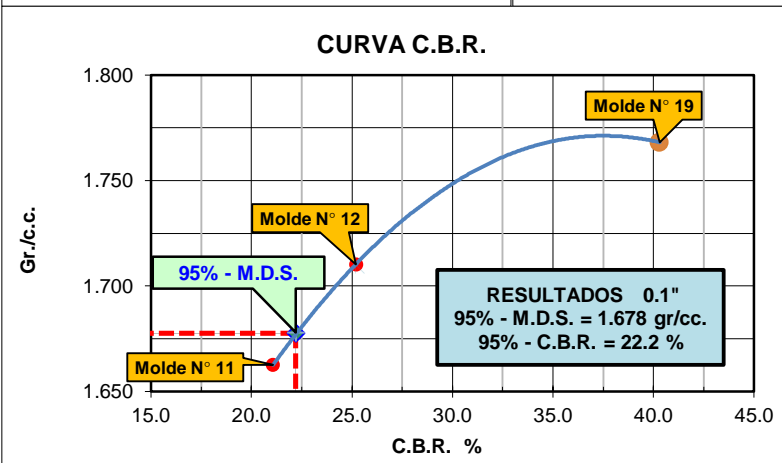
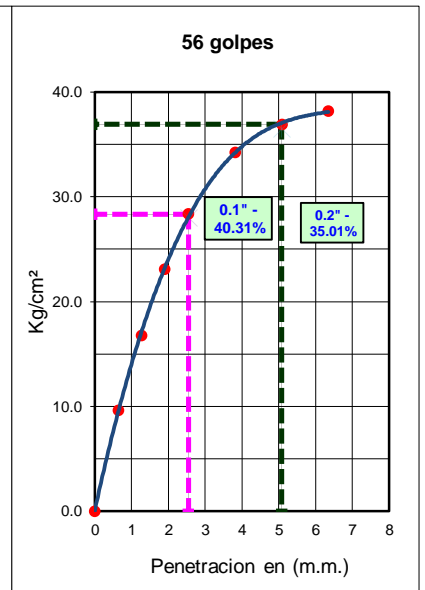
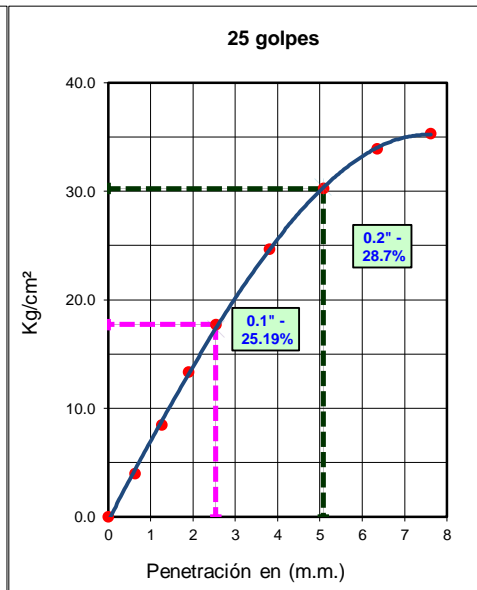
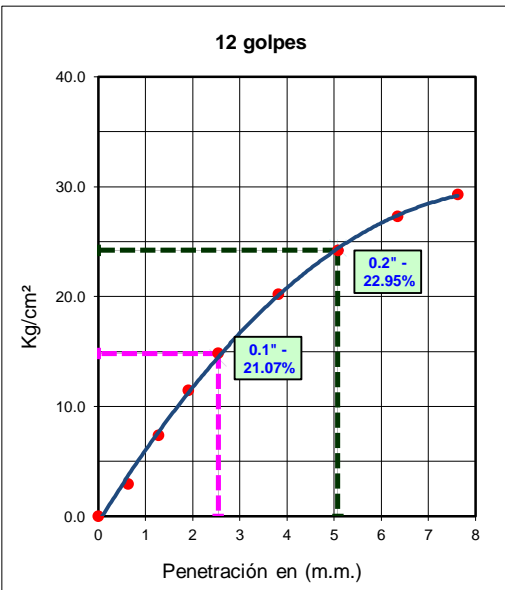
Datos de campo:

Tipo de Cal : VIVA
 Dosis de Cal : 0.04
 Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+16
 Fecha de ensayo : 17/10/2019

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.766 gr/cm³
 WO% : 16.43 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hinchamiento promedio		4.43%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	40.31	22.20	



OBSERVACIONES:

La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

TESIS

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019”

UBICACIÓN

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – QUITOS

LIMITES DE CONSISTENCIA**Datos de Campo**

Tipo de Cal VIVA
 Dosis de Cal 6%
 Ubicación CALICATA N° 01, KM 00+160
 Fecha de ensayo 19/08/2019

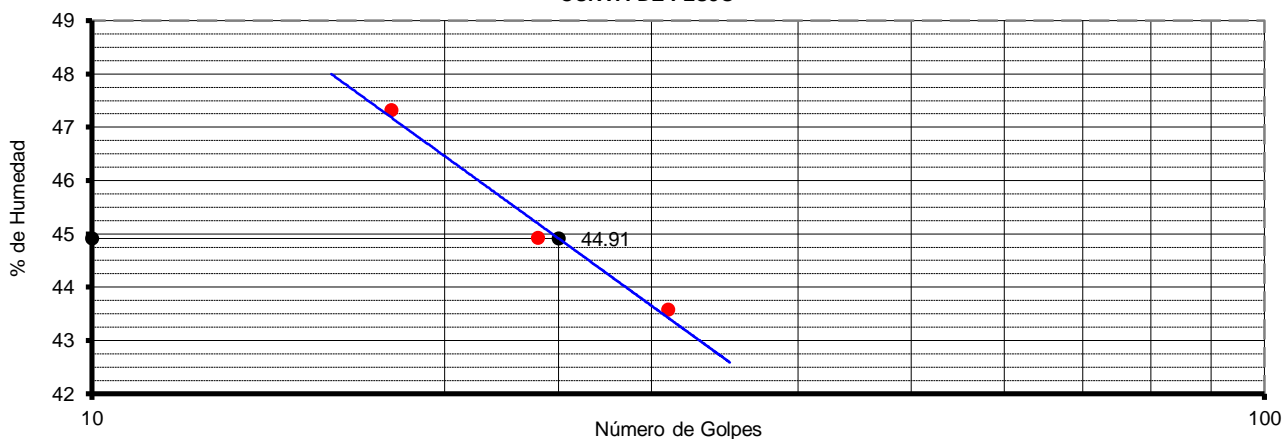
Resultados	
Límite Líquido	44.91
Límite Plástico	20.86
Ind. Plástico	24.05
Clas. SUCS	CH
Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

Límite Líquido**ASTM D 4318 - T 89**

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	18	24	31
R + Suelo Hum.	56.70	60.84	55.60
R + Suelo Seco	53.97	58.10	52.99
Peso de la Tara	48.20	52.00	47.00
Peso de agua	2.73	2.74	2.61
Peso de S. Seco	5.77	6.10	5.99
% de Humedad	47.31	44.92	43.57

Límite Plástico**ASTM D 4318 - T 90**

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	52.02	41.26	
R + Suelo Seco	51.71	40.92	
Peso de la Tara	50.12	39.39	
Peso de agua	0.31	0.34	
Peso de S. Seco	1.59	1.53	
% de Humedad	19.50	22.22	

CURVA DE FLUJO

ESPECIFICACIONES : Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para límite líquido y límite plástico ASTM D 4318 - T 90.

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelos alterados, fue muestreada e identificada por el solicitante y trasladada al laboratorio.

RESULTADOS : Arcilla inorgánica, de color gris, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-7-6 (8).
 En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 44.91, LP = 20.86 e IP = 24.05

Responsable del Ensayo
 Téc. Jack Sarmiento Morris

V°b° Jefe del Laboratorio

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: VIVA	M. D. S.	1.683 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 6%	O. C. H.	15.93 %
Ubicación	: CALICATA N° 01, KM 00+160	Clas. SUCS	CH
Fecha de ensayo	: 12/10/2019	Clas. AASHTO	A-7-6 (18)

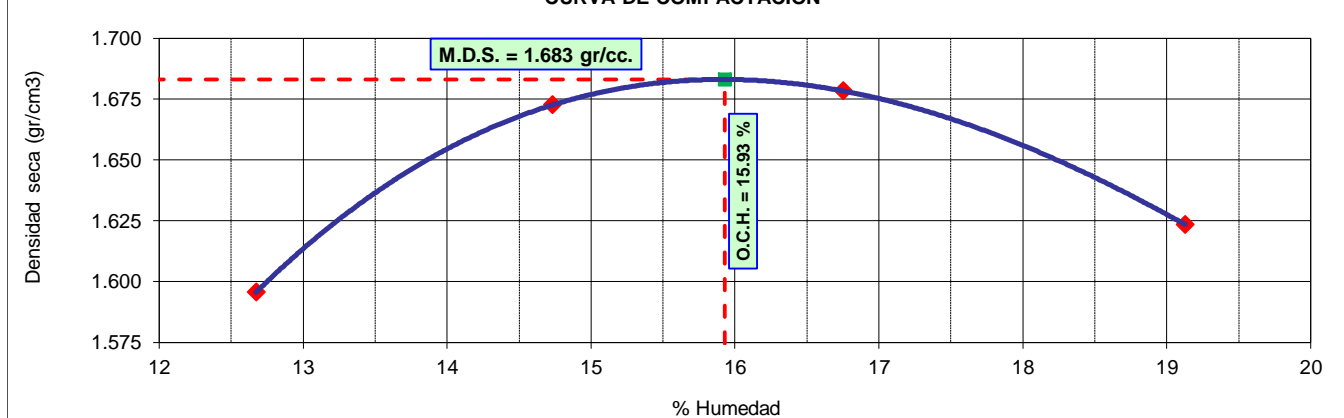
1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5849	5963	6001	5977
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1690	1804	1842	1818
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.798	1.919	1.960	1.934

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	103.77	95.16	100.60	100.99	97.12	76.42	96.76	112.07
Recipiente + suelo seco (gr.)	97.02	89.02	92.81	94.16	90.08	70.99	87.44	102.87
Peso de recipiente (gr.)	45.00	39.38	39.82	47.91	48.24	38.44	38.89	54.60
Peso de agua (gr.)	6.75	6.14	7.79	6.83	7.04	5.43	9.32	9.20
Peso de suelo seco (gr.)	52.02	49.64	52.99	46.25	41.84	32.55	48.55	48.27
Humedad (%)	12.98	12.37	14.70	14.77	16.83	16.68	19.20	19.06
Promedio Humedad (%)	12.67		14.73		16.75		19.13	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.596		1.673		1.678		1.623	

CURVA DE COMPACTACION



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.683 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 15.93 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal : VIVA **M. D. S.** : 1.683 gr/cm3
Dosis de Cal : 6% **O. C. H.** : 15.93 %
Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+160 **Clas. SUCS** : CH
Fecha de ensayo : 17/10/2019 **Clas. AASHTO** : A-7-6 (18)

Molde	Nº	5		8		24	
Capas	Nº	5		5		5	
Golpes por capa	Nº	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12436	12553	12661	12731	12754	12801
Peso del molde	Gr.	8506	8506	8633	8633	8648	8648
Volúmen del suelo	c.c.	2148	2148	2148	2148	2134	2134
Peso del suelo húmedo	Gr.	3930	4047	4028	4098	4106	4153
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.830	1.884	1.875	1.908	1.924	1.946

HUMEDAD

Nº de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	108.70	118.69	116.52	108.40	107.18	125.20
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	99.12	103.76	107.30	95.69	97.80	109.57
Peso de la Recipiente	Gr.	39.32	48.25	49.87	47.18	39.79	49.23
Peso del agua	Gr.	9.58	14.93	9.22	12.71	9.38	15.63
Peso del suelo seco	Gr.	59.80	55.51	57.43	48.51	58.01	60.34
Humedad	%	16.02	26.90	16.05	26.20	16.17	25.90
Densidad seca	Gr/c.c.	1.577	1.485	1.616	1.512	1.656	1.546

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
17 de Octubre de 2019	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
18 de Octubre de 2019	05:20	1	0.009	0.20	0.007	0.15	0.004	0.09
19 de Octubre de 2019	06:00	2	0.010	0.02	0.007	0.00	0.005	0.02
20 de Octubre de 2019	04:20	3	0.010	0.00	0.008	0.02	0.005	0.00
21 de Octubre de 2019	03:30	4	0.011	0.02	0.008	0.00	0.005	0.00

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2	Kg	kg/cm2
0.025	0.63	327.3	16.66	312.5	15.91	524.6	26.71
0.050	1.27	576.5	29.35	720.2	36.67	853.5	43.46
0.075	1.90	720.7	36.70	957.8	48.77	1046.3	53.27
0.100	2.54	831.4	42.33	1111.6	56.60	1227.8	62.52
0.150	3.81	971.8	49.48	1667.4	84.90	1841.7	93.77
0.200	5.08	1062.3	54.09				
0.250	6.35	1327.9	67.61				
0.300	7.62						

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm2
---------------	------------------	-------------------	----------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019"

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

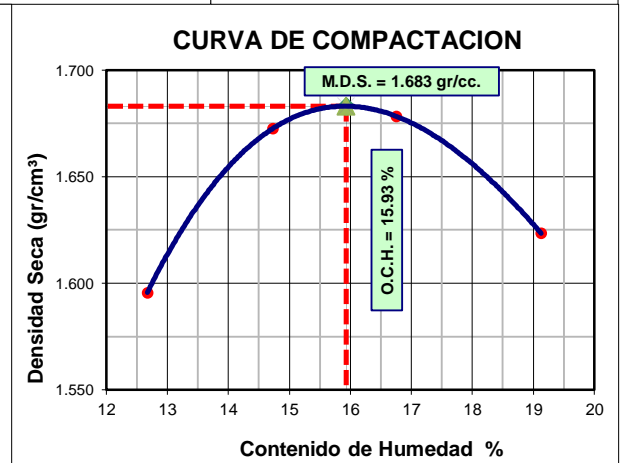
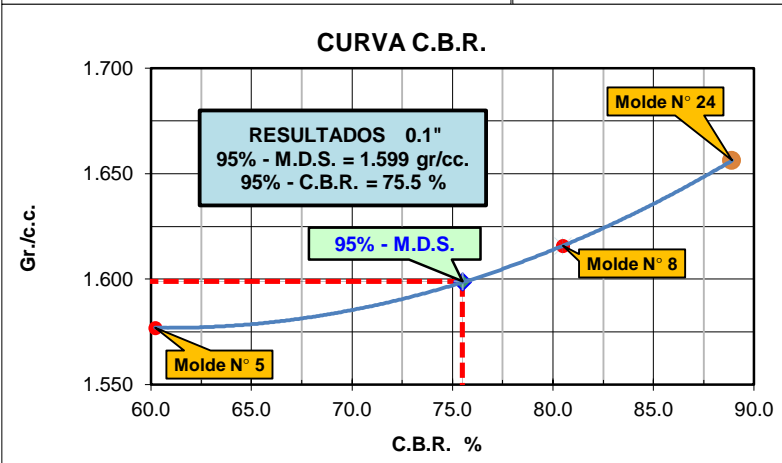
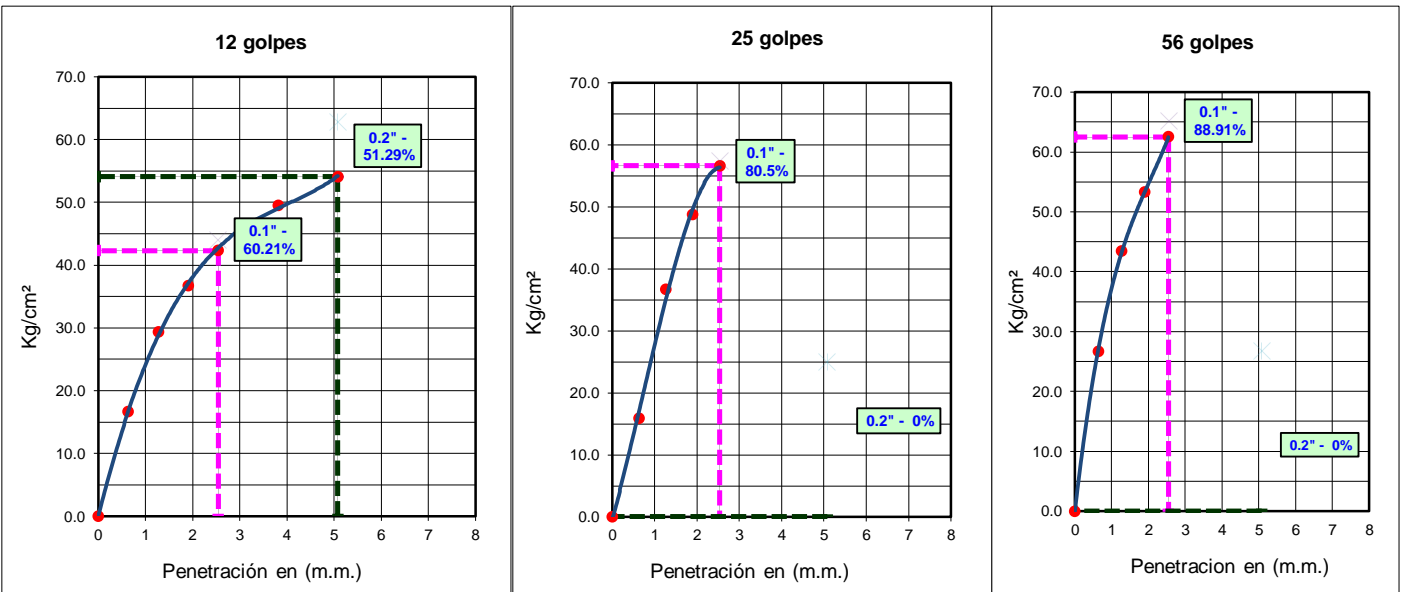
Datos de campo:

Tipo de Cal : VIVA
 Dosis de Cal : 0.06
 Ubicación : CALICATA N° 01, KM 00+16
 Fecha de ensayo : 17/10/2019

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.683 gr/cm³
 WO% : 15.93 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hincharamiento promedio		0.18%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	88.91	75.50	



OBSERVACIONES:

La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

TESIS

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019”

UBICACIÓN

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

Datos de Campo

Tipo de Cal VIVA
 Dosis de Cal 2%
 Ubicación CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo 10/12/2019

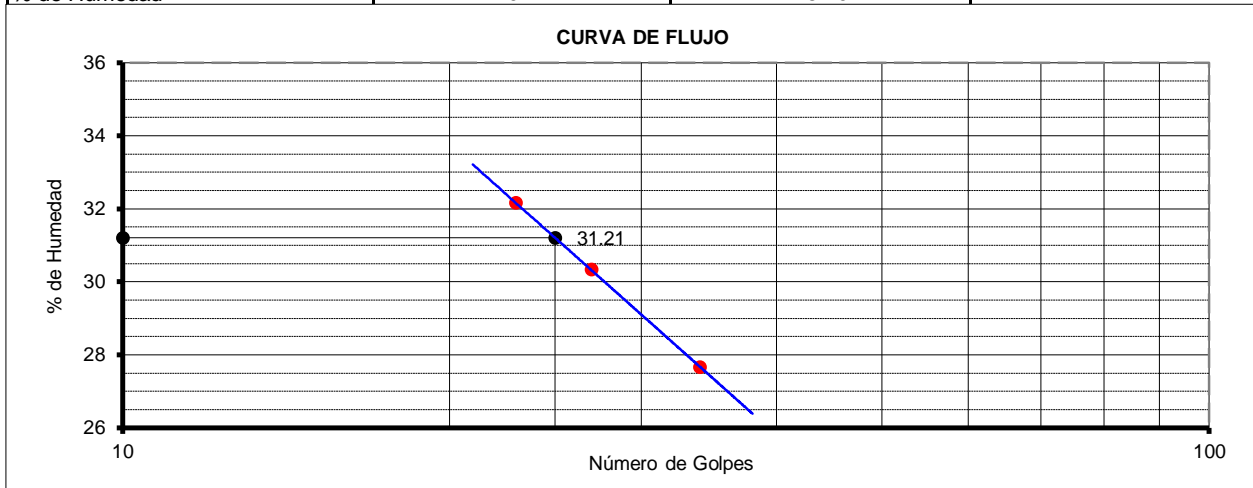
Resultados	
Límite Líquido	31.21
Límite Plástico	12.81
Ind. Plástico	18.39
Clas. SUCS	CL
Clas. AASHTO	A-6 (7)

Límite Líquido ASTM D 4318 - T 89

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	23	27	34
R + Suelo Hum.	58.45	57.68	59.57
R + Suelo Seco	55.71	54.88	57.00
Peso de la Tara	47.19	45.65	47.71
Peso de agua	2.74	2.80	2.57
Peso de S. Seco	8.52	9.23	9.29
% de Humedad	32.16	30.34	27.66

Límite Plástico ASTM D 4318 - T 90

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	55.80	47.90	
R + Suelo Seco	54.12	46.26	
Peso de la Tara	45.61	37.49	
Peso de agua	1.68	1.64	
Peso de S. Seco	8.51	8.77	
% de Humedad	19.74	18.70	



- ESPECIFICACIONES :** Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90.
- OBSERVACIONES :** La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.
- RESULTADOS :** Arcilla inorgánica, de color anaranjado, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-6 (7). En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 31.21, LP = 12.81 e IP = 18.39

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: VIVA	M. D. S.	1.907 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 2%	O. C. H.	13.00 %
Ubicación	: CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	CL
Fecha de ensayo	: 11/02/2020	Clas. AASHTO	A-6 (7)

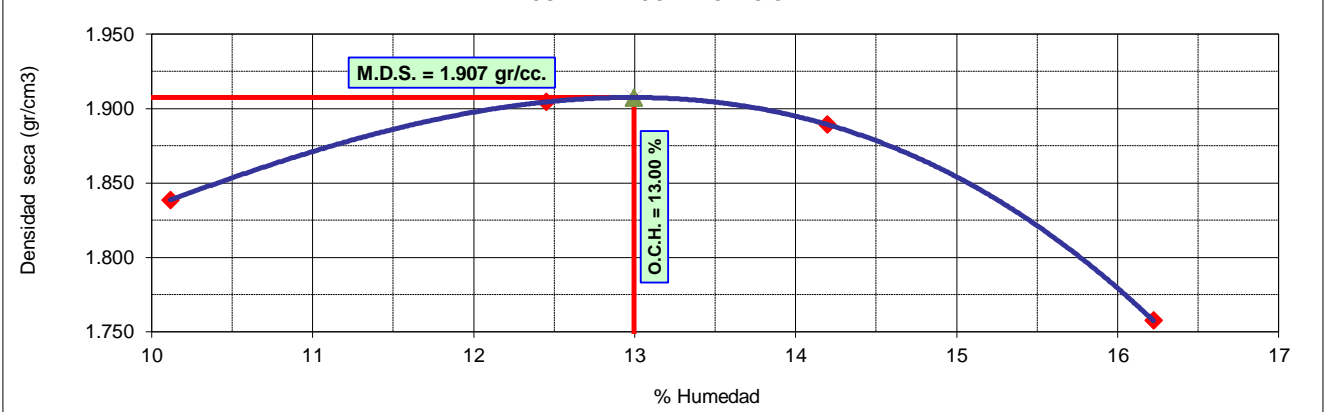
1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6062	6172	6187	6079
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1903	2013	2028	1920
Densidad humeda (gr/cm ³)	2.024	2.141	2.157	2.043

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	118.81	144.27	96.41	135.45	113.09	99.57	121.09	149.89
Recipiente + suelo seco (gr.)	111.45	135.50	89.94	125.76	105.02	91.85	109.37	136.63
Peso de recipiente (gr.)	38.51	49.03	37.93	48.00	48.18	37.47	37.66	54.28
Peso de agua (gr.)	7.36	8.77	6.47	9.69	8.07	7.72	11.72	13.26
Peso de suelo seco (gr.)	72.94	86.47	52.01	77.76	56.84	54.38	71.71	82.35
Humedad (%)	10.09	10.14	12.44	12.46	14.20	14.20	16.34	16.10
Promedio Humedad (%)	10.12		12.45		14.20		16.22	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.838		1.904		1.889		1.757	

CURVA DE COMPACTACION



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.907 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 13 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal	: VIVA	M. D. S.	: 1.907	gr/cm ³
Dosis de Cal	: 2%	O. C. H.	: 13.00	%
Ubicación	: CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	: CL	
Fecha de ensayo	: 03/03/2020	Clas. AASHTO	: A-6 (7)	

Molde	Nº	12	14	23			
Capas	Nº	5	5	5			
Golpes por capa	Nº	12	25	56			
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12445	12756	12854	13042	13221	13335
Peso del molde	Gr.	8500	8500	8572	8572	8654	8654
Volúmen del suelo	c.c.	2146	2146	2132	2132	2132	2132
Peso del suelo húmedo	Gr.	3945	4256	4282	4470	4567	4681
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.838	1.983	2.008	2.096	2.142	2.195

HUMEDAD

Nº de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	133.55	149.61	113.77	118.08	123.81	108.95
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	123.81	138.92	105.22	109.08	115.18	101.03
Peso de la Recipiente	Gr.	48.92	58.13	39.64	48.98	49.03	48.19
Peso del agua	Gr.	9.74	10.69	8.55	9.00	8.63	7.92
Peso del suelo seco	Gr.	74.89	80.79	65.58	60.10	66.15	52.84
Humedad	%	13.01	13.23	13.04	14.98	13.05	14.99
Densidad seca	Gr/c.c.	1.627	1.751	1.777	1.823	1.895	1.909

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
3 de Marzo de 2020	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
4 de Marzo de 2020	05:20	1	0.071	1.56	0.042	0.92	0.022	0.48
5 de Marzo de 2020	06:00	2	0.071	0.00	0.042	0.00	0.022	0.00
6 de Marzo de 2020	04:20	3	0.071	0.00	0.041	-0.02	0.022	0.00
7 de Marzo de 2020	03:30	4	0.071	0.00	0.041	0.00	0.022	0.00

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²
0.025	0.63	120.7	6.15	248.5	12.65	433.5	22.07
0.050	1.27	202.2	10.30	469.6	23.91	813.2	41.41
0.075	1.90	306.6	15.61	615.8	31.35	1105.1	56.27
0.100	2.54	387.9	19.75	746.2	37.99	1346.3	68.55
0.150	3.81	503.9	25.66	891.4	45.39	1648.3	83.93
0.200	5.08	576.4	29.35	1001.2	50.98	1809.3	92.12
0.250	6.35	626.8	31.91	1113.5	56.70	1884.9	95.97
0.300	7.62	665.8	33.90	1174.1	59.78	1899.4	96.71

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm²
---------------	------------------	-------------------	---------------------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

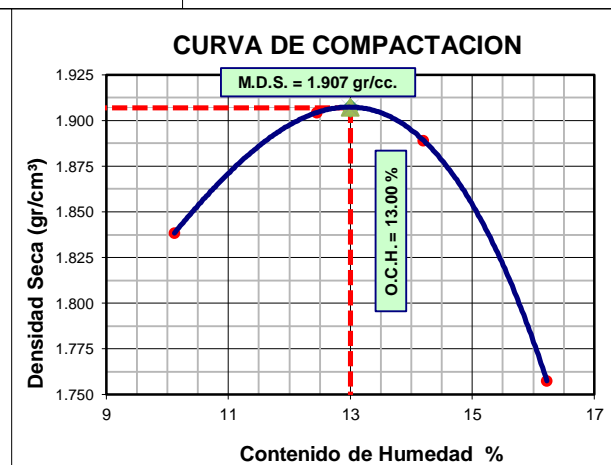
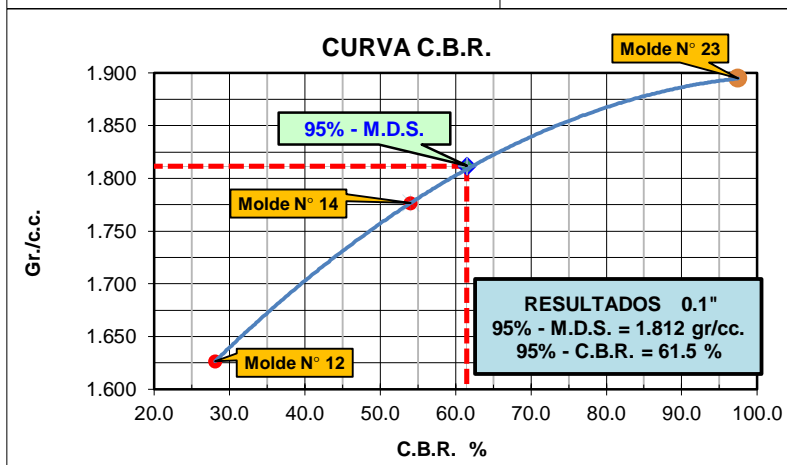
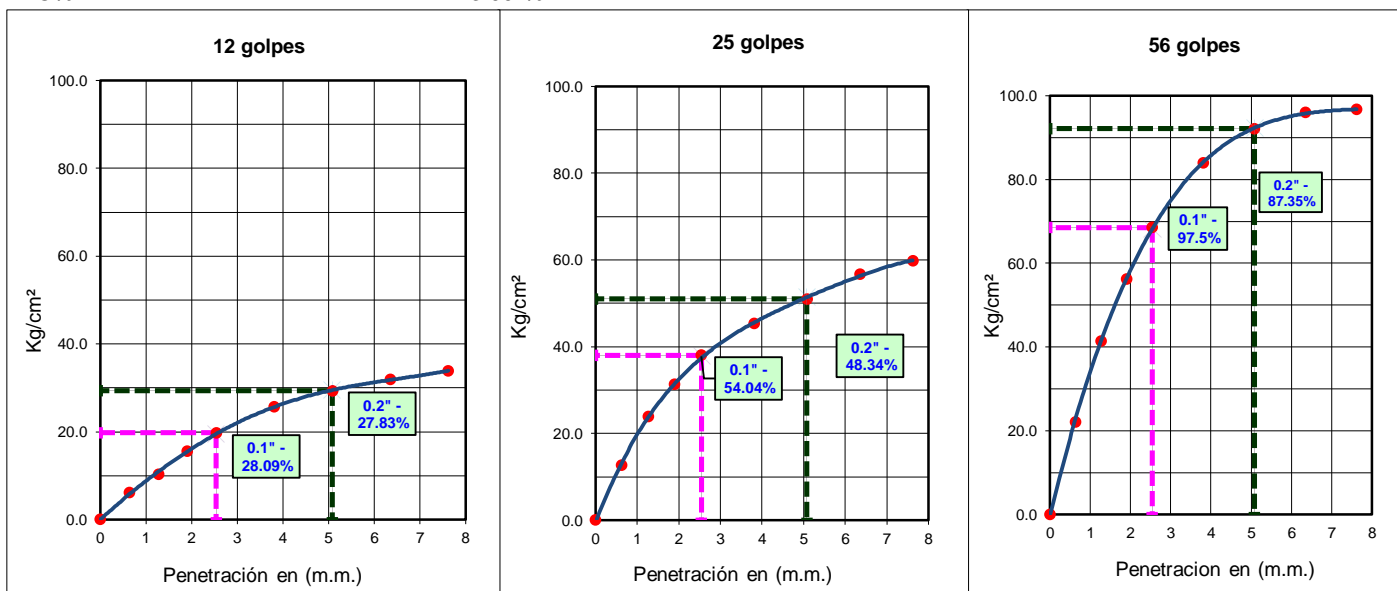
Datos de campo:

Tipo de Cal : VIVA
 Dosis de Cal : 0.02
 Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo : 03/03/2020

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.907 gr/cm³
 WO% : 13.00 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hincharamiento promedio		0.98%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	97.50	61.50	
0.2"			



OBSERVACIONES:

La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

TESIS

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019”

UBICACIÓN

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

Datos de Campo

Tipo de Cal VIVA
 Dosis de Cal 4%
 Ubicación CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo 10/12/2019

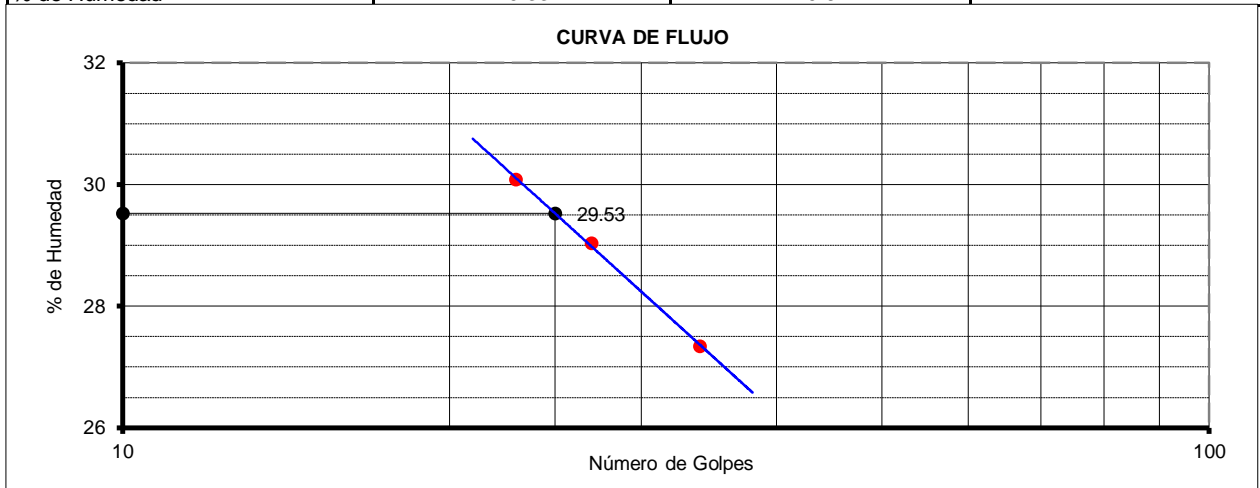
Resultados	
Límite Líquido	29.53
Límite Plástico	13.66
Ind. Plástico	15.87
Clas. SUCS	CL
Clas. AASHTO	A-6 (7)

Límite Líquido ASTM D 4318 - T 89

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	23	27	34
R + Suelo Hum.	58.33	57.72	59.57
R + Suelo Seco	55.71	54.88	57.00
Peso de la Tara	47.00	45.10	47.60
Peso de agua	2.62	2.84	2.57
Peso de S. Seco	8.71	9.78	9.40
% de Humedad	30.08	29.04	27.34

Límite Plástico ASTM D 4318 - T 90

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	55.85	48.07	
R + Suelo Seco	54.12	46.26	
Peso de la Tara	45.61	37.49	
Peso de agua	1.73	1.81	
Peso de S. Seco	8.51	8.77	
% de Humedad	20.33	20.64	



- ESPECIFICACIONES :** Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90.
- OBSERVACIONES :** La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.
- RESULTADOS :** Arcilla inorgánica, de color anaranjado, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-6 (6).
 En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 29.53, LP = 13.66 e IP = 15.87

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: VIVA	M. D. S.	1.885 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 4%	O. C. H.	12.64 %
Ubicación	: CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	CL
Fecha de ensayo	: 11/02/2020	Clas. AASHTO	A-6 (7)

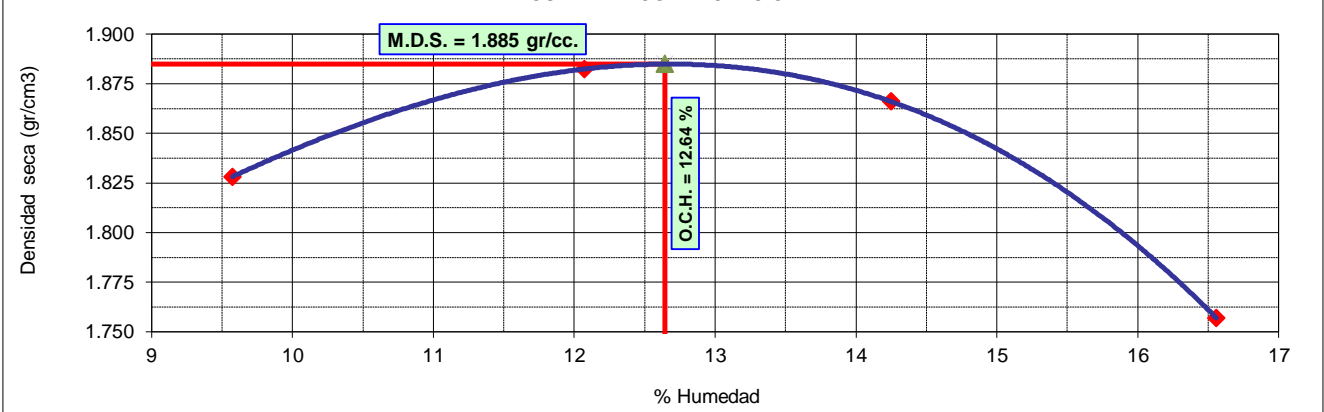
1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6042	6142	6163	6084
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1883	1983	2004	1925
Densidad humeda (gr/cm ³)	2.003	2.110	2.132	2.048

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	144.97	152.94	129.65	135.40	135.32	140.65	149.93	115.81
Recipiente + suelo seco (gr.)	136.94	143.85	120.90	126.33	123.40	129.63	135.47	105.05
Peso de recipiente (gr.)	52.01	50.08	48.24	51.36	39.79	52.23	47.79	40.33
Peso de agua (gr.)	8.03	9.09	8.75	9.07	11.92	11.02	14.46	10.76
Peso de suelo seco (gr.)	84.93	93.77	72.66	74.97	83.61	77.40	87.68	64.72
Humedad (%)	9.45	9.69	12.04	12.10	14.26	14.24	16.49	16.63
Promedio Humedad (%)	9.57		12.07		14.25		16.56	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.828		1.882		1.866		1.757	

CURVA DE COMPACTACION



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.885 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 12.64 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal : VIVA **M. D. S.** : 1.885 gr/cm³
Dosis de Cal : 4% **O. C. H.** : 12.64 %
Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420 **Clas. SUCS** : CL
Fecha de ensayo : 03/03/2020 **Clas. AASHTO** : A-6 (7)

Molde	Nº	2		5		24	
Capas	Nº	5		5		5	
Golpes por capa	Nº	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Óptima	Saturado	Hum. Óptima	Saturado	Hum. Óptima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12514	12952	12620	12945	13138	13352
Peso del molde	Gr.	8501	8501	8506	8506	8648	8648
Volúmen del suelo	c.c.	2160	2160	2146	2146	2132	2132
Peso del suelo húmedo	Gr.	4013	4451	4114	4439	4490	4704
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.858	2.060	1.917	2.068	2.106	2.206

HUMEDAD

Nº de Recipiente	Nº	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	142.89	129.23	124.23	86.05	140.56	92.61
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	132.37	114.46	116.05	77.35	130.87	83.29
Peso de la Recipiente	Gr.	50.20	50.33	52.00	37.93	51.36	37.66
Peso del agua	Gr.	10.52	14.77	8.18	8.70	9.69	9.32
Peso del suelo seco	Gr.	82.17	64.13	64.05	39.42	79.51	45.63
Humedad	%	12.80	23.03	12.77	22.07	12.19	20.43
Densidad seca	Gr/c.c.	1.647	1.675	1.700	1.694	1.877	1.832

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
3 de Marzo de 2020	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
4 de Marzo de 2020	05:20	1	0.491	10.76	0.478	10.48	0.399	8.74
5 de Marzo de 2020	06:00	2	0.500	0.20	0.479	0.02	0.390	-0.20
6 de Marzo de 2020	04:20	3	0.500	0.00	0.480	0.02	0.390	0.00
7 de Marzo de 2020	03:30	4	0.500	0.00	0.480	0.00	0.390	0.00

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²
0.025	0.63	71.9	3.66	108.5	5.52	207.2	10.55
0.050	1.27	103.3	5.26	206.8	10.53	409.7	20.86
0.075	1.90	127.8	6.51	283.1	14.41	554.3	28.22
0.100	2.54	147.9	7.53	339.6	17.29	666.5	33.94
0.150	3.81	181.4	9.24	423.8	21.58	821.1	41.81
0.200	5.08	211.3	10.76	503.5	25.64	931.6	47.43
0.250	6.35	241.3	12.29	566.3	28.83	1007.8	51.31
0.300	7.62	274.1	13.96	622.6	31.70	1051.1	53.52

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm²
---------------	------------------	-------------------	---------------------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

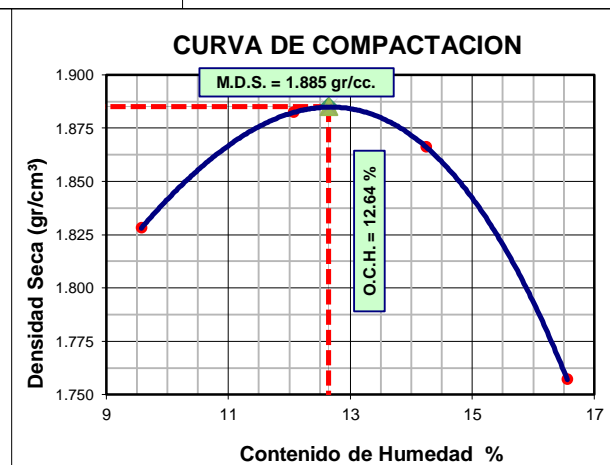
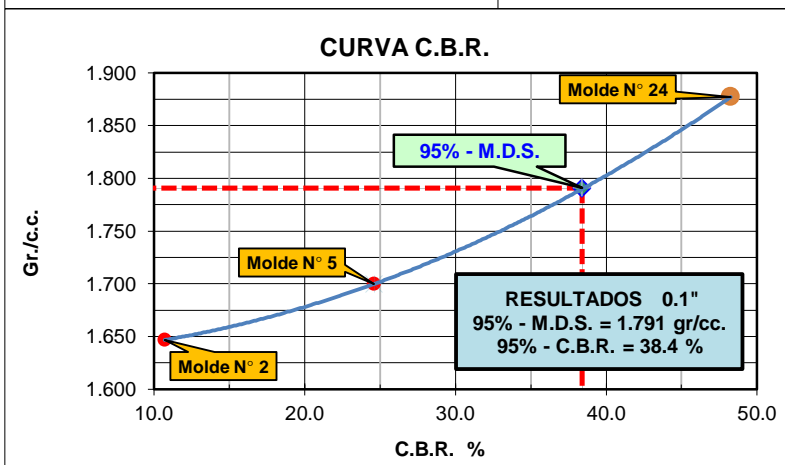
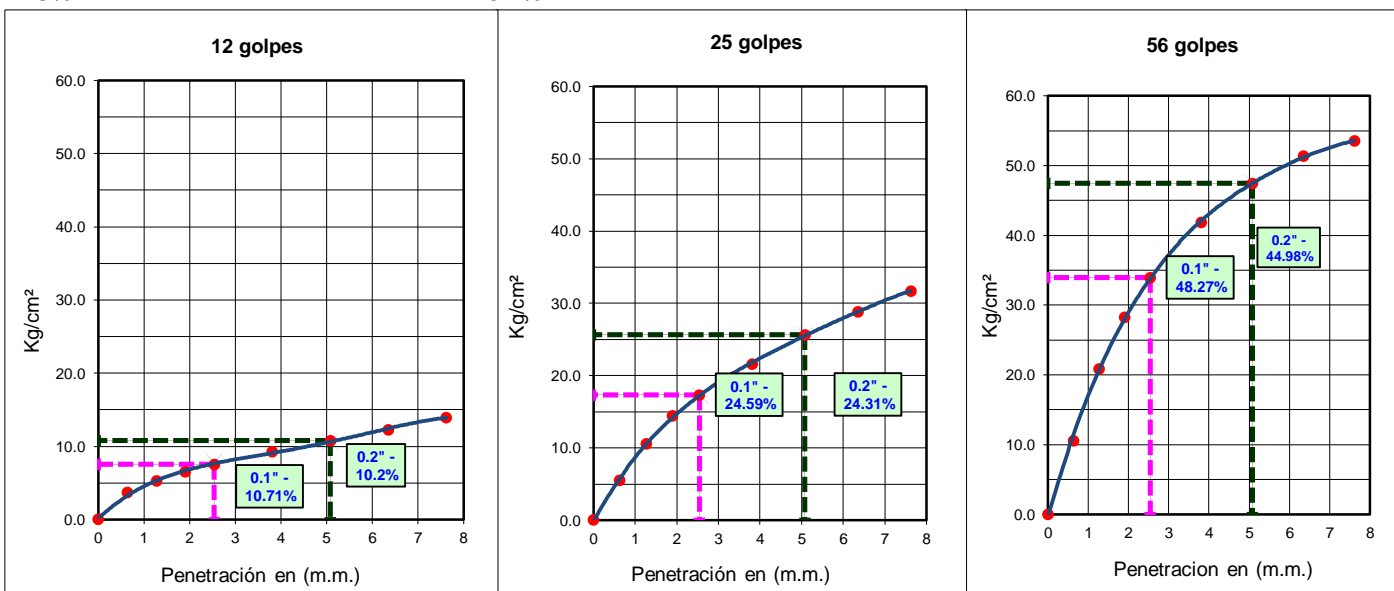
Datos de campo:

Tipo de Cal : VIVA
 Dosis de Cal : 0.04
 Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo : 03/03/2020

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.885 gr/cm³
 WO% : 12.64 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hincharamiento promedio		10.01%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	48.27	38.40	
0.2"			



OBSERVACIONES: La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

TESIS

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER - 2019”

UBICACIÓN

DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

Datos de Campo

Tipo de Cal VIVA
 Dosis de Cal 6%
 Ubicación CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo 10/12/2019

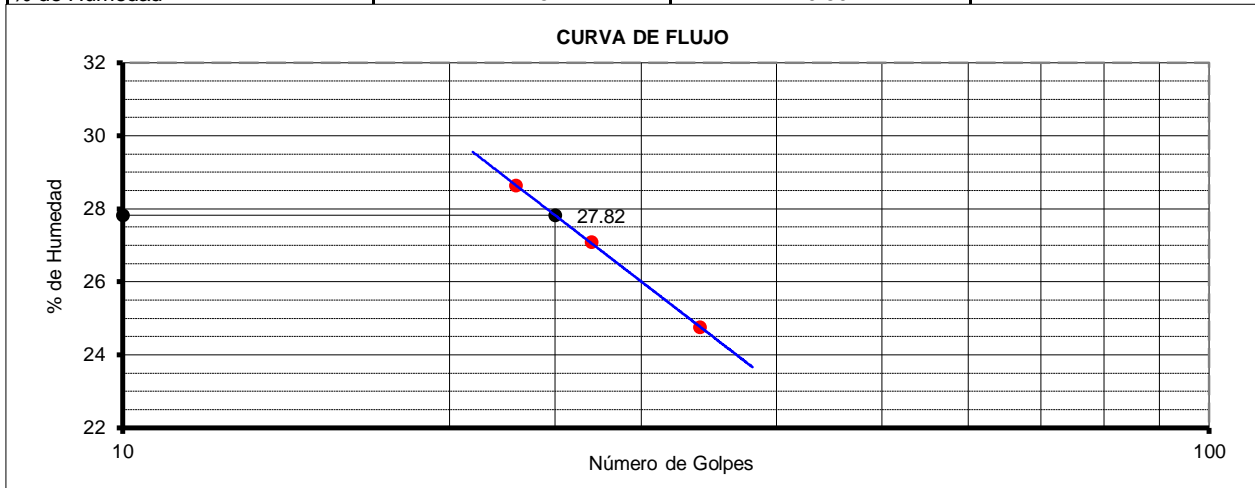
Resultados	
Límite Líquido	27.82
Límite Plástico	13.55
Ind. Plástico	14.27
Clas. SUCS	CL
Clas. AASHTO	A-6 (7)

Límite Líquido ASTM D 4318 - T 89

ENSAYO N°	1	2	3
N° de Golpes	23	27	34
R + Suelo Hum.	58.15	57.38	59.30
R + Suelo Seco	55.71	54.88	57.00
Peso de la Tara	47.19	45.65	47.71
Peso de agua	2.44	2.50	2.30
Peso de S. Seco	8.52	9.23	9.29
% de Humedad	28.64	27.09	24.76

Límite Plástico ASTM D 4318 - T 90

ENSAYO N°	1	2	3
R + Suelo Hum.	55.92	47.97	
R + Suelo Seco	54.12	46.26	
Peso de la Tara	45.61	37.49	
Peso de agua	1.80	1.71	
Peso de S. Seco	8.51	8.77	
% de Humedad	21.15	19.50	



- ESPECIFICACIONES :** Los Límites de consistencia está especificado según las Normas ASTM D 4318 - T89 para limite liquido y limite plástico ASTM D 4318 - T 90.
- OBSERVACIONES :** La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.
- RESULTADOS :** Arcilla inorgánica, de color anaranjado, húmeda; porcentaje apreciable de partículas finas, de baja plasticidad, clasificada como (CL) A-6 (5).
 En los ensayos realizados a la muestra se obtuvo LL = 27.82, LP = 13.55 e IP = 14.27

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

METODO "A" (ASTM D1557)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:		Resultados	
Tipo de Cal	: VIVA	M. D. S.	1.880 gr/cm ³
Dosis de Cal	: 6%	O. C. H.	12.26 %
Ubicación	: CALICATA N° 02, KM 00+420	Clas. SUCS	CL
Fecha de ensayo	: 11/02/2020	Clas. AASHTO	A-6 (7)

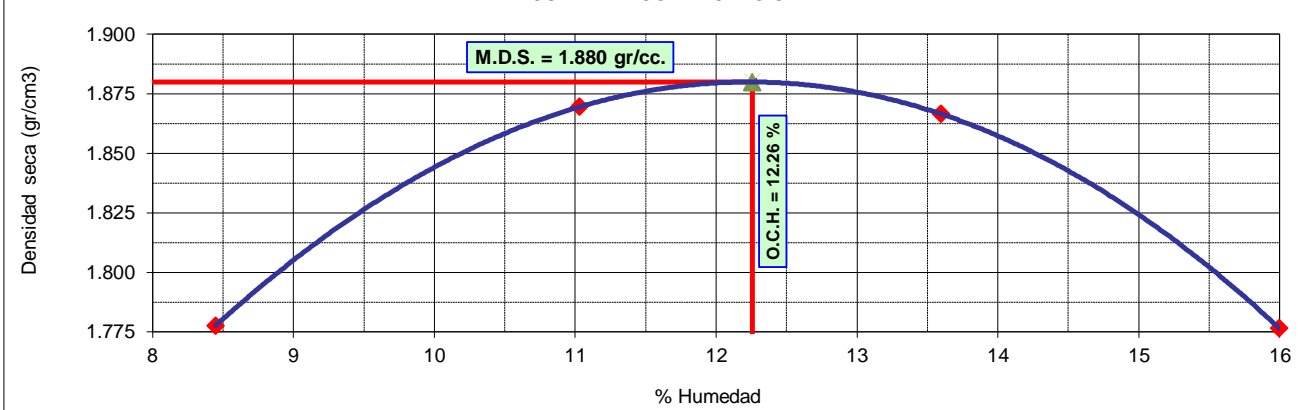
1.- Compactación

Prueba N°	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5971	6110	6152	6096
Peso molde (gr.)	4159	4159	4159	4159
Volumen del molde (cm ³)	940	940	940	940
Peso suelo compactado (gr.)	1812	1951	1993	1937
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.928	2.076	2.120	2.061

2.- Humedad (%)

N° Recipiente	1	2	3	4	5	6	7	8
Recipiente + suelo húmedo (gr.)	139.68	120.07	115.81	114.24	110.88	119.52	105.16	95.42
Recipiente + suelo seco (gr.)	132.69	114.24	109.64	106.33	102.30	111.28	97.59	88.66
Peso de recipiente (gr.)	49.46	45.60	48.99	39.76	39.56	50.32	47.18	48.85
Peso de agua (gr.)	6.99	5.83	6.17	7.91	8.58	8.24	7.57	6.76
Peso de suelo seco (gr.)	83.23	68.64	60.65	66.57	62.74	60.96	50.41	39.81
Humedad (%)	8.40	8.49	10.17	11.88	13.68	13.52	15.02	16.98
Promedio Humedad (%)	8.45		11.03		13.60		16.00	
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.778		1.869		1.866		1.776	

CURVA DE COMPACTACION



ESPECIFICACIONES : El Proctor Modificado se realizó según las Normas Técnicas ASTM D1557, por el método "A".

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

RESULTADOS : Conforme al ensayo realizado, el material de muestreo alcanzó una Máxima Densidad Seca 1.88 gr/cm³, para un Óptimo contenido de Humedad de 12.26 %.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

Datos de campo:

Tipo de Cal : VIVA **M. D. S.** : 1.880 gr/cm³
Dosis de Cal : 6% **O. C. H.** : 12.26 %
Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420 **Clas. SUCS** : CL
Fecha de ensayo : 03/03/2020 **Clas. AASHTO** : A-6 (7)

Molde	N°	1		13		17	
Capas	N°	5		5		5	
Golpes por capa	N°	12		25		56	
Condición de muestra		Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado	Hum. Optima	Saturado
Peso de suelo húmedo + molde	Gr.	12536	13042	12821	13318	13142	13206
Peso del molde	Gr.	8542	8542	8641	8641	8558	8558
Volúmen del suelo	c.c.	2132	2132	2123	2123	2160	2160
Peso del suelo húmedo	Gr.	3994	4500	4180	4677	4584	4648
Densidad húmeda	Gr/c.c.	1.873	2.111	1.969	2.203	2.122	2.152

HUMEDAD

N° de Recipiente	N°	4	5	6	7	8	9
Peso del suelo húmedo + Recip.	Gr.	121.42	127.01	98.09	118.29	113.17	106.99
Peso del suelo seco + Recip.	Gr.	112.41	112.94	91.56	107.84	105.89	97.59
Peso de la Recipiente	Gr.	40.33	48.01	39.75	50.08	48.84	38.49
Peso del agua	Gr.	9.01	14.07	6.53	10.45	7.28	9.40
Peso del suelo seco	Gr.	72.08	64.93	51.81	57.76	57.05	59.10
Humedad	%	12.50	21.67	12.60	18.09	12.76	15.91
Densidad seca	Gr/c.c.	1.665	1.735	1.748	1.865	1.882	1.856

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo días	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %	Dial (pulg.)	Expansión %
3 de Marzo de 2020	06:15	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
4 de Marzo de 2020	05:20	1	0.600	13.15	0.605	13.26	0.638	13.98
5 de Marzo de 2020	06:00	2	0.610	0.22	0.600	-0.11	0.635	-0.07
6 de Marzo de 2020	04:20	3	0.610	0.00	0.600	0.00	0.640	0.11
7 de Marzo de 2020	03:30	4	0.610	0.00	0.600	0.00	0.640	0.00

PENETRACION

Penetración Pulgadas	Penetracion m.m	Carga		Carga		Carga	
		Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²	Kg	kg/cm ²
0.025	0.63	52.9	2.69	79.3	4.04	206.5	10.51
0.050	1.27	99.2	5.05	143.2	7.29	350.1	17.83
0.075	1.90	132.3	6.74	210.3	10.71	443.7	22.59
0.100	2.54	153.3	7.81	273.4	13.92	519.9	26.47
0.150	3.81	184.5	9.39	369.9	18.83	641.5	32.66
0.200	5.08	214.4	10.92	442.1	22.51	736.3	37.49
0.250	6.35	242.6	12.35	490.8	24.99	813.2	41.41
0.300	7.62	253.4	12.90	514.6	26.20	886.5	45.14

ANILLO	CAPACIDAD	SOBRECARGA	K = 19.64 cm²
---------------	------------------	-------------------	---------------------------------

OBSERVACIONES : La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA

UBICACIÓN : DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS

DETERMINACION DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE ENSAYO DE PENETRACION C.B.R.

(ASTM D-1883)

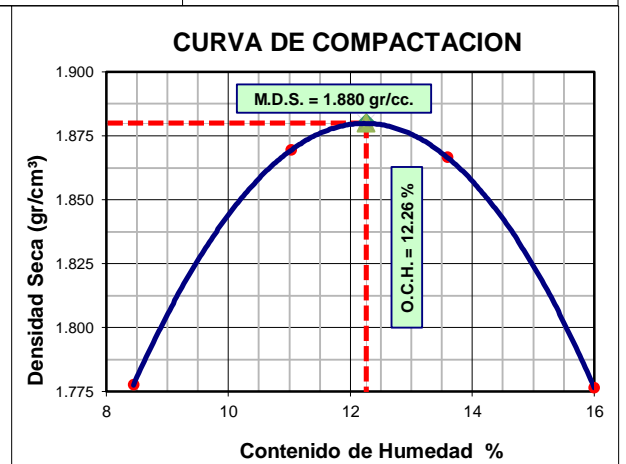
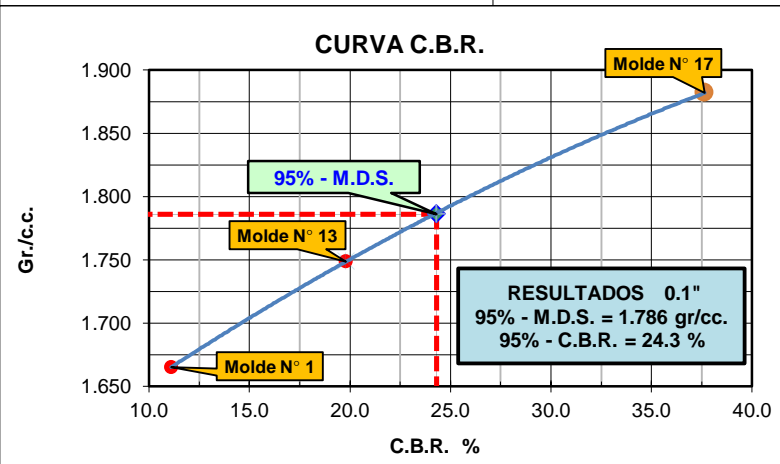
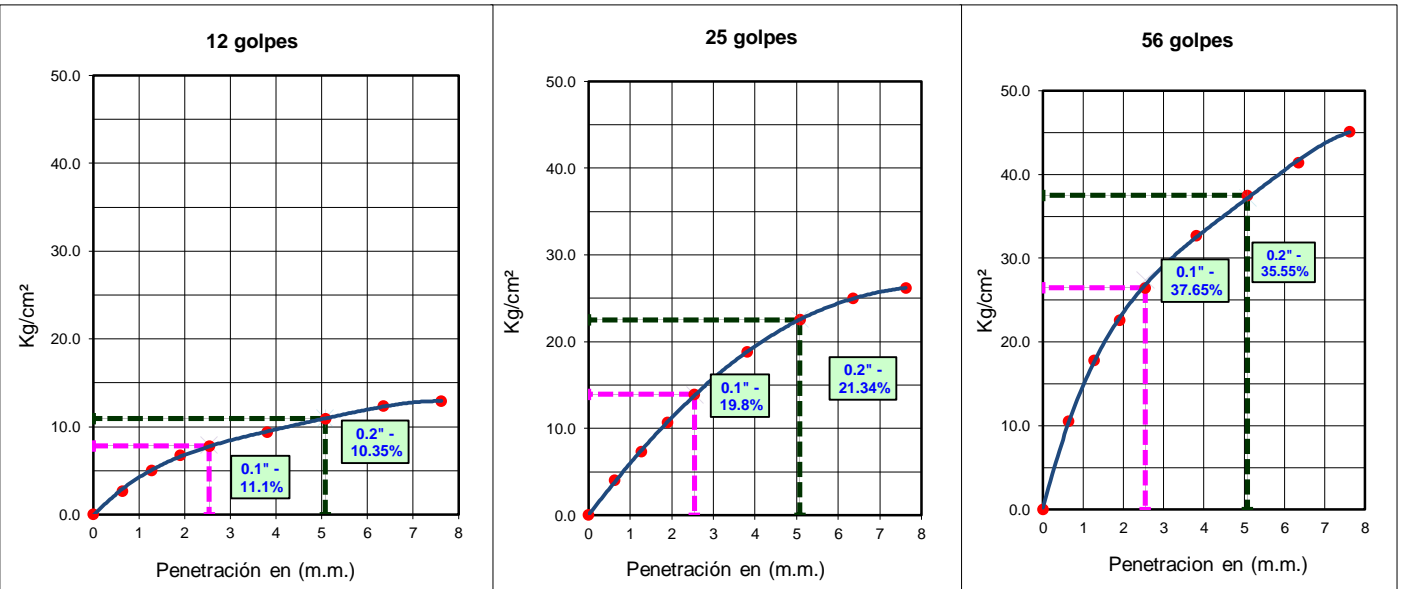
Datos de campo:

Tipo de Cal : VIVA
 Dosis de Cal : 0.06
 Ubicación : CALICATA N° 02, KM 00+420
 Fecha de ensayo : 03/03/2020

Datos de Proctor

M.D.S. : 1.880 gr/cm³
 WO% : 12.26 %

Razón de Soporte California CBR ASTM D 1883			
Condición de la Muestra		4 días de saturación	
Sobrecarga		10.00 lbs.	
Hinchamiento promedio		13.51%	
C.B.R.	100% MDS	95% MDS	
0.1"	37.65	24.30	
0.2"			



OBSERVACIONES:

La muestra corresponde a suelo alterado, fueron muestreadas por el solicitante y trasladadas al laboratorio.

ANEXO 07

Anexo 05: Panel fotográfico de los ensayos realizados



Foto N°01: Vista de Prolongación Navarro Cauper



Foto N°02: Vista de Prolongación Navarro Cauper



Foto N°03: Excavación Calicata 01



Foto N°04: Excavación Calicata 01



Foto N°05: Excavación Calicata 02



Foto N°06: Excavación Calicata 02



Foto N°07: Secado de muestras para Límites de Atterberg



Foto N°08: Límite líquido en copa de Casagrande



Foto N°09: Preparación de muestras con diferentes % de Humedad para Proctor Modificado



Foto N°10: Preparación de muestras con diferentes % de Humedad para Proctor Modificado



Foto N°11: Ensayo Proctor modificado con diferentes % de humedad. Calicata 01



Foto N°12: Ensayo Proctor modificado con diferentes % de humedad. Calicata 01



Foto N°13: Ensayo de CBR muestra natural. Calicata 01



Foto N°14: Ensayo de CBR después de penetración. Calicata 01.



Foto N°15: Preparación de muestra para ensayos CBR. Calicata 02.



Foto N°16: Preparación de muestra para ensayos CBR. Calicata 02.



Foto N°17: Pesado de moldes y material natural para ensayo CBR. Calicata 02.



Foto N°18: Preparación de moldes y material natural para ensayo CBR. Calicata 02.



Foto N°19: Inmersión de moldes de CBR en material natural. Calicata 02.



Foto N°20: Lectura de carga de ensayo CBR en material natural. Calicata 02.



Foto N°21: Preparación de muestras para Límites de Atterberg con cal hidratada. Calicata 01



Foto N°22: Preparación de muestras para Límites de Atterberg con cal hidratada. Calicata 01



Foto N°23: Material para Proctor modificado con diferentes % de cal hidratada. Calicata 01.



Foto N°24: Ensayo Proctor modificado con diferentes % de humedad. Calicata 01



Foto N°25: Pesado de molde Proctor modificado con diferentes % de humedad. Calicata 01



Foto N°26: Ensayo Proctor modificado con diferentes % de humedad. Calicata 01



Foto N°27: Preparación de CBR de muestra con diferentes % de cal hidratada. Calicata 01.



Foto N°28: Preparación de CBR de muestra con diferentes % de cal hidratada. Calicata 01.



Foto N°29: Moldes de muestra con diferentes % de cal hidrata listo para inmersión. Calicata 01.



Foto N°30: Moldes de muestra con diferentes % de cal hidrata en inmersión. Calicata 01.



Foto N°31: Revisión de moldes de CBR con diferentes % de cal hidratada. Calicata 01



Foto N°32: Lectura de expansión en los moldes de CBR con diferentes % de cal hidratada. Calicata 01



Foto N°33: Se deja reposar el molde de muestra con diferentes % de cal hidratada. Calicata 01.

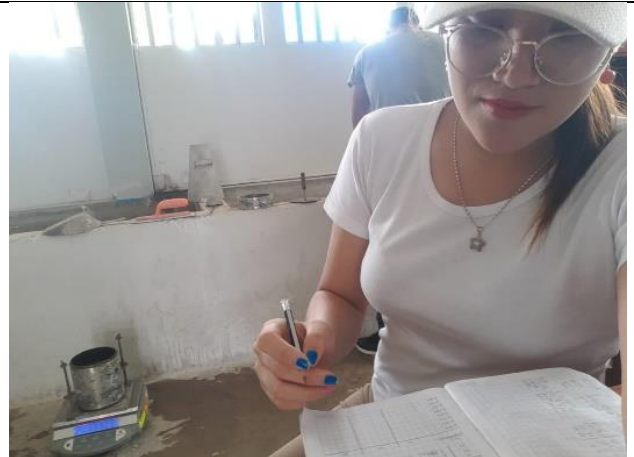


Foto N°34: Lectura del peso de la muestra con diferentes % de cal hidratada. Calicata 01.



Foto N°35: Lectura de carga de CBR de la muestra con diferentes % de cal hidratada Calicata 01.



Foto N°36: Lectura de carga de CBR de la muestra con diferentes % de cal hidratada Calicata 01.



Foto N°37: Peso de cal viva a utilizar. Calicata 01.



Foto N°38: Preparación de material con diferentes % de cal viva para Proctor Modificado. Calicata 01.



Foto N°39: Pesado de material para preparar con diferentes % de cal viva para CBR. Calicata 01.



Foto N°40: Pesado de material para preparar con diferentes % de cal viva para CBR. Calicata 01.



Foto N°41: Lectura de carga de CBR de la muestra con diferentes % de cal viva Calicata 01.



Foto N°42: Lectura de carga de CBR de la muestra con diferentes % de cal viva Calicata 01.



Foto N°43: Moldes de CBR con diferentes % de cal viva, sumergido para lectura de expansión. Calicata 02.



Foto N°44: Moldes de CBR con diferentes % de cal viva, después de ensayo. Calicata 02.



Foto N°45: Preparación de material con diferentes % de cal hidratada para Proctor Modificado. Calicata 02



Foto N°46: Proctor modificado del material con diferentes % de cal hidratada. Calicata 02.



Foto N°47: Preparación de material con diferentes % de cal hidratada para CBR. Calicata 02



Foto N°48: Ensayo de CBR de material con diferentes % de cal hidratada. Calicata 02.



Foto N°49: Moldes de CBR con diferentes % de cal hidratada, sumergido para lectura de expansión. Calicata 02.



Foto N°50: Moldes de CBR con diferentes % de cal hidratada, después de ensayo. Calicata 02.



Foto N°51: Preparación de material con diferentes % de cal viva para CBR. Calicata 02



Foto N°52: Moldes de CBR con diferentes % de cal viva, sumergido para lectura de expansión. Calicata 02.



Foto N°53: Lectura de expansión en los moldes de CBR con diferentes % de cal viva. Calicata 02



Foto N°54: Copa Casagrande para obtener Límite Líquido.



Foto N°55: Acanalador para uso en copa Casagrande para obtener Límite Líquido.



Foto N°56: Horno eléctrico, para secado de muestras de calicata 01 y calicata 02.



Foto N°57: Cal hidratada empleada

ANEXO 08



PROCALKADI

Servicio de transporte de carga a nivel nacional
Productores de óxido de calcio y deshidratos

FICHA TÉCNICA CAL VIVA MOLIDA PASANTE MALLA 100

Emisión: 14/05/2018
Revisión: 18/06/2018

IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y FABRICANTE

Nombre : Óxido de calcio
Granulometría : Pasante Malla 100
Fabricante : Productos Calcáreos KADI S.R.L.
Domicilio Fiscal : Carretera Huaraz – Caraz S/N – Acopampa
Planta de producción : Acopampa – Carhuaz - Ancash
Email : secretaria@procalcadi.com
ventas@procalcadi.com

ORIGEN

Su origen principal se debe a los procesos sedimentarios y a los procesos biológicos (caparazones de moluscos, corales, etc.). La calcita se forma por cristalización directa de disoluciones diluidas o por transformación paramorfa de las demás fases que son menos estables.

PREPARACION Y/O TRATAMIENTO PREVIO A SUS USOS O PROCESAMIENTO

Cal viva, (óxido de calcio – CaO), se produce a partir de la piedra caliza seleccionada de alta pureza, con un alto contenido de Carbonato de Calcio, que se calcina en hornos verticales a altas temperaturas. El análisis físico-químico se realiza bajo los lineamientos de la norma NTC 1398.

CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Fórmula	Compuesto	Valores
CaO Total*	Cal Total	90%
CaO Útil	Cal disponible	85%
SiO ₂	Óxido de Silicio	2.68%
MgO	Óxido de Magnesio	1.55%
S	Azufre	< 0.058%
Ba	Bario	< 0.03 %
Pb	Plomo	< 2 mg/kg
F-	Fluoruro	< 50 mg/kg
Óxidos combinados		< 0.8%
Sedimentos		Máximo 16 %
Reactividad		Inicio 1' 30"
		Final 7' 45"

*Según requerimiento del cliente



METODO DE PRODUCCIÓN

La piedra caliza es extraída de la cantera y reducida a un tamaño estándar antes de su ingreso al horno vertical artesanal para su cocción. Una vez calcinada es seleccionada y molida, luego es envasada según requerimiento del cliente.

METODO DE EMBALAJE Y DISTRIBUCIÓN

El método de embalaje es manual en sacos de polipropileno laminados rotulados (número de lote, fecha de producción, nombre insumo y otros), cocidos a máquina de 30, 40 o 50 kg. La distribución del insumo, es transportado en nuestras propias unidades, las mismas que transportan un máximo de 32 TM, por lote a distribuir, los cuales cuentan con todos los permisos vigente para el transporte de bienes fiscalizados.

GRANULOMETRÍA

Densidad específica	:	3.10
Granulometría	:	Pasante Malla 100 (99%)
Oxido de calcio	:	método interno
Parámetro	:	Especificación
Aspecto físico	:	Polvo blanco grisáceo

ALMACENAMIENTO

El óxido de calcio se en lugar destinado para el almacenamiento bajo techo, fresco, protegido de la humedad y del anhídrido carbónico del aire, apilados en sacos de polipropileno, por un periodo no mayor a un mes.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD Y MANEJO

- Toxicidad: La cal es extremadamente corrosiva, se deben usar equipos de protección adecuados para la piel y los ojos.
- Almacenamiento: Evitar almacenar en lugares o ambientes húmedos.
- Cuidados: Evitar el contacto con la piel y los ojos. Evitar inhalar
- Primeros auxilios: En caso de quemadura se debe lavar con abundante agua por 20 minutos.

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Observación : Uso personal calificado.
- Nivel de riesgo : Moderado.

ANEXO 09



RUC:10106853202

CAL. 6 MZ. B LTE. 16 PROGRAMA DE VIVIENDA SANTA BARBARA S.M.P – LIMA-LIMA

CEL: 996990976 – 995992373

FICHA TECNICA

PRODUCTO: CAL DE OBRA(NO FISCALIZADO)

Características
Compuesto formado de trazas de carbonato de calcio, hidróxido de calcio o bien una mezcla de carbonato de calcio y partículas de rocas disgregadas. Es un aportante de calcio.
Marca: VIHERSA
Contenido : 1 unidad
Aspecto: Polvo
%Ca(OH): 4 - 16%
Olor: Inodoro
Modo de empleo
En suelos que tienen en promedio 1.56 kg de Na ⁺ /50m ² , esparcir 20 kg de cal de obra por cada 50m ² previamente el suelo esté rastrillado. Espolvorear de manera uniforme en zanjas y suelos salitrosos: 1.5 kg/m ² .La cal en su aleación con el cemento, forman el conglomerante ideal para el uso tanto en mortero de junta como de estuco, debido a que le otorga una mayor trabajabilidad,retentividad, impermeabilidad y adherencia. La cal disminuye el costo del mortero por m ³ , además debido a sus propiedades, la cal reduce las pérdidas de mortero en su ejecución y aumenta el rendimiento de la mano de obra, lo que aumenta los beneficios económicos de su utilización.
Almacenamiento
Almacenar en ambientes protegidos, frescos y secos. Proteger el producto de la húmedas porque puede formar grumos.
Presentacion: bolsas de 1kg. Y sacos y/o bolsa de 20 kg.
Color: Blanco humo a grisáceo
Uso: Para mejorar suelos ácidos y suelos sódicos. En construcción y marcado de campos.
Procedencia: Nacional
Tipo: Cal
Recomendaciones : Manténgase la bolsa herméticamente cerrada. No ingerir el producto. No mezclar con ácidos, puede liberar gases, si esto ocurre ventile el área.
Categoría: Cemento y complementos.

Representaciones "VIHERSA"
Químicos para la industria ferretera

Frank Angel Vicente Huerta
D.N.I: 10685320
REPRESENTANTE LEGAL

CAL HIDRATADA TIPO N	GRANULOMETRÍA
Retenido en Malla 100	Max. 10%
Retenido en Malla 200	Max. 4%
Retenido en Malla 325	Max. 2%
Fondo (Pasante Malla 325)	Min. 85%

REQUISITO	UNIDAD	ESPECIFICACION	METODO ANALITICO
		TIPO N	
Ca(OH) ₂ Disponible	% m/m	81.8 – 89.7	NTC 1398
CaO Disponible	% m/m	62 – 68	NTC 1398
Material insoluble en ácido	% m/m	5.0 Máx.	NTC 1398 I-GP-07
Fe ₂ O ₃	% m/m	0.5 Máx.	ASTM C – 25 – 72
Al ₂ O ₃	% m/m	0.5 Máx.	ASTM C – 25 – 72
MgO	% m/m	2.0 Máx.	ASTM C – 25 – 72
SiO ₂	% m/m	1.0 Máx.	ASTM C – 25 – 72
Humedad Libre	%m/m	2.0 Máx.	I-GP-17