



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FACULTAD DE CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CAL A LOS SUELOS
DE LA CANTERA "VENTILLA" DEL KM 45+000 DE LA
CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA
PUNO - JULIACA

PRESENTADA POR:

Bach. GUILLEN QUINTANILLA, MARISOL

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA - PERÚ

2018



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y
CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CAL A LOS SUELOS
DE LA CANTERA "VENTILLA" DEL KM 45+000 DE LA
CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA
PUNO - JULIACA**

PRESENTADA POR:

Bach. GUILLEN QUINTANILLA, MARISOL

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

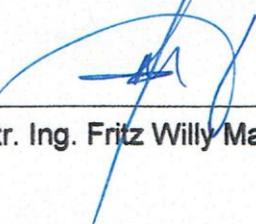
PRESIDENTE

: 
Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca

PRIMER MIEMBRO

: 
Mgtr. Ing. Orlando Edilberto La Torre Barra

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mgtr. Ing. Fritz Willy Mamani Apaza

JULIACA - PERÚ

2018



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

RESOLUCIÓN DECANAL Nº 113-2018-D-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de junio de 2018

VISTOS:

El Informe N° 016-2018-D-EPIC-FICP-UANCV, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, el Informe N° 063-2017-MQH-EPIC-UANCV del Presidente del Jurado dictaminador del Trabajo de Tesis, RESOLUCIÓN DECANAL N° 202-2016-D-FICP-UANCV, de aprobación del Perfil de tesis de fecha 20 de octubre de 2016, y el acta de calificación del Borrador de Tesis de fecha 26 de diciembre de 2017, para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA.

CONSIDERANDO:

Que, el(los) Bachiller(es): GUILLEN QUINTANILLA, MARISOL, ha presentado su Trabajo de Tesis Titulado: ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA.

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el presidente de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías, nominó como Jurado a los siguientes Docentes:

- * Presidente : Mgtr. Ing. MILTHON QUISPE HUANCA
- * 1er Miembro : Mgtr. Ing. ORLANDO EDILBERTO LA TORRE BARRA
- * 2do Miembro : Mgtr. Ing. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

Que, el Jurado Dictaminador ha aprobado en su integridad el Trabajo de Tesis titulado: ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA.

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen 115-2018 la originalidad del trabajo de investigación titulado ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA.

Estando en la opinión favorable por el Presidente de la Comisión de Grados y Títulos, en concordancia al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria 30220, ley de creación de la UANCV 23738 y modificación, Resolución de Institucionalización 1287-92-ANR D.L. 739, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el TRABAJO DE TESIS, de el(los) Bachiller(es): GUILLEN QUINTANILLA, MARISOL, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA.

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Tesis en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como ASESOR DE TESIS al docente , de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTICULO TERCERO.- La Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c.
Interesado
Arch.
ATZB/epl.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. ALFREDO T. ZEGARRA BUTRÓN
DECANO
CIP: 32590



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
SECRETARIO ACADÉMICO
Ing. Carlos A. Cáceres Vargas
SECRETARIO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CIP: 72725



DEDICATORIA

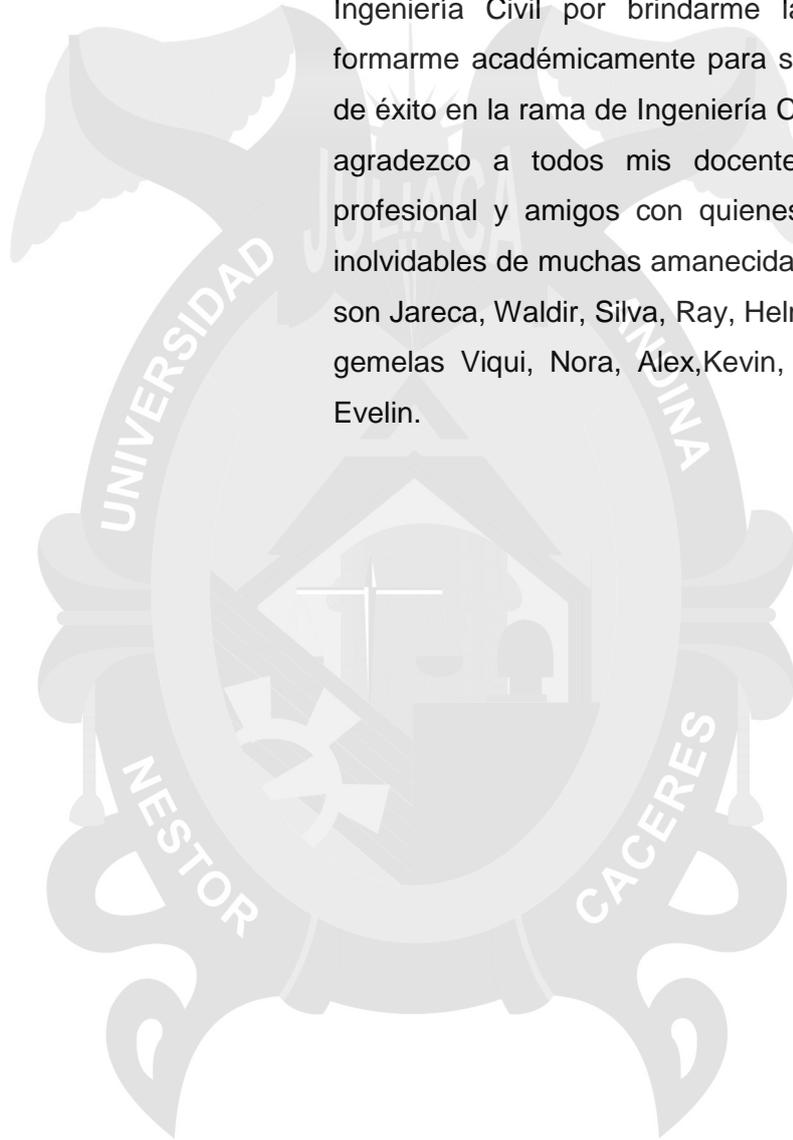
Esta tesis dedico a mi querido padre Darío y madre Hilda mi esposo Alejandro e hijos Marita Alexandra y Darío Alexander por ser ellos mi familia que me apoyaron primordialmente con su amor, me motivaron a seguir adelante y sobre todo a nuestro Creador Dios.





AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi casa de Estudio, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por brindarme la oportunidad de formarme académicamente para ser una profesional de éxito en la rama de Ingeniería Civil, de igual forma agradezco a todos mis docentes de la escuela profesional y amigos con quienes pase momentos inolvidables de muchas amanecidas de estudio como son Jareca, Waldir, Silva, Ray, Helmercito, Rogercito, gemelas Viqui, Nora, Alex, Kevin, Jasmani y amiga Evelin.





ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE	iii
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.EXPOSICIÓN DE SITUACIÓN ACTUAL.....	1
1.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1.INTERROGANTE GENERAL.	3
1.2.2.INTERROGANTES ESPECÍFICAS.....	3
1.3.JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3.1.TÉCNICA	4
1.3.2.ECONÓMICA	5
1.4.OBJETIVOS.....	7
1.4.1.OBJETIVO GENERAL.	7
1.4.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.5.HIPÓTESIS.	8
1.5.1.HIPÓTESIS GENERAL.....	8
1.5.2.HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.	8
1.6.VARIABLES E INDICADORES.	8
1.7.MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	9



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.	11
2.1.1.ANTECEDENTE LOCAL.....	11
2.1.2.ANTECEDENTE NACIONAL.....	12
2.1.3.ANTECEDENTE INTERNACIONAL	13
2.2.MARCO TEÓRICO.	15
2.2.1.RECONOCIMIENTO Y SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS	15
2.2.2.SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS.....	17
2.2.3.PROPIEDADES FÍSICAS E ÍNDICE DEL SUELO.....	30
2.2.4.GRANULOMETRÍA DE SUELOS	33
2.2.5.LÍMITES DE ATTERBERG	37
2.2.6.SUELOS GRANULARES Y SUELOS COHESIVOS.....	40
2.2.7.ESTABILIZACIÓN DE SUELOS	43
2.2.8.CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE ESTABILIZACIÓN ..	44
2.2.9.ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS Y PRODUCTOS EMPLEADOS	48
2.2.10.PROPOSTA DE ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE CAL A SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA.....	57
2.2.11.CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CAL	61
2.2.12.CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA CAL	63
2.2.13.PROCEDIMIENTO DE HIDRATACIÓN DE LA CAL	65
2.2.14.QUÍMICA DEL TRATAMIENTO CON CAL.	66
2.3.MARCO CONCEPTUAL	68
2.3.1.ESTABILIZACIÓN.	68
2.3.2.ESTABILIZACIÓN MECÁNICA.....	68
2.3.3.ESTABILIZACIÓN POR MEDIOS ELÉCTRICOS.....	69
2.3.4.ESTABILIZACIÓN POR CALCINACIÓN O TRATAMIENTO TÉRMICO	69
2.3.5.ESTABILIZACIÓN POR DRENAJE.	70
2.3.6.ESTABILIZACIÓN QUÍMICA.....	70
2.3.7.ESTABILIZACIÓN IÓNICA.....	70
2.3.8.ESTABILIZACIÓN CON POLÍMEROS.....	71



2.3.9.ESTABILIZACIÓN CON ENZIMAS ORGÁNICA. 71

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.DISEÑO DE INVESTIGACIÓN. 73

3.1.1.ENFOQUE CUANTITATIVO..... 73

3.1.2.NIVEL EXPERIMENTAL..... 74

3.1.3.TIPO APLICADA. 74

3.2.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 75

3.3.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN. 75

3.3.1.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DE UBICACIÓN DE LA CANTERA DE SUELOS VENTILLA. 76

3.3.2.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA CANTERA “VENTILLA”..... 76

3.3.3.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LOS PROCESOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON ADICIÓN DE CAL..... 77

3.3.4.ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DE LA PROPORCIÓN ADECUADA DE ADICIÓN DE CAL A LOS SUELOS. 78

3.4.CARACTERÍSTICAS DE UBICACIÓN DE LA CANTERA DE SUELOS “VENTILLA” DEL KM. 45+000 DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA.. 79

3.5.CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA. 88

CAPÍTULO IV

PROCESO DE RESULTADOS

4.1.RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA..... 89

4.2.RESULTADOS DEL CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD DE LOS SUELOS DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO-



JULIACA. 91

4.3.RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA DE LOS SUELOS NATURALES DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA. 92

4.4.RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS NATURALES DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA. 94

4.5.RESULTADOS DE LOS ENSAYOS RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR MODIFICADO DE LOS SUELOS NATURALES DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA..... 95

4.6.RESULTADOS DE LOS ENSAYOS RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR DE LOS SUELOS NATURALES DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO – JULIACA. 97

4.7.ANÁLISIS DE LAS PROPORCIONES CAL - SUELOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA. 101

4.7.1.ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 3% DE CAL.
..... 103

4.7.2.ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 6% DE CAL.
..... 107

4.7.3.ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 9% DE CAL.
..... 110

4.7.4.ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 12% DE CAL.
..... 114

4.7.5.ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA CON ADICIÓN DEL 15% DE CAL.
..... 118

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 123

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 126

ANEXOS 128



LISTA DE TABLAS

TABLA 1: Cantera de suelos “Ventilla” – Puno. 79

TABLA 2: Resultados de análisis granulométrico de suelos de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno – Juliaca..... 89

TABLA 3: Resultados del contenido de humedad natural de los suelos de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno-Juliaca 91

TABLA 4: Resultados de los ensayos de límites de consistencia de los suelos naturales de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno-Juliaca 92

TABLA 5: Resultados de los ensayos de clasificación de suelos naturales de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno - Juliaca 94

TABLA 6: Resultados de los ensayos de relación humedad – densidad proctor modificado de los suelos naturales de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno - Juliaca 95

TABLA 7: Resultados de los ensayos razón soporte california cbr de los suelos naturales de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno – Juliaca 97

TABLA 8: Proporciones de suelo-cal para procesos de estabilización de suelos de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno-Juliaca 101

TABLA 9: Límites de consistencia de suelos sin adición de cal..... 102

TABLA 10 : Relación humedad - densidad proctor sin adición de cal 102

TABLA 11 : Razón Soporte California CBR sin adición de cal 102

TABLA 12 : Resultados de ensayo de limites de consistencia de suelos de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno - Juliaca, con adición del 3% de cal..... 103

TABLA 13: Resultados de ensayo de relación humedad - densidad proctor de suelos de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno - Juliaca, con adición del 3% de cal. 105

TABLA 14: Resultados de ensayo de razón Soporte California CBR de suelos de la cantera “Ventilla” de la autopista puno - Juliaca, con adición del 3% de cal. 106

TABLA 15: Resultados de ensayo de limites de consistencia de suelos de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno - Juliaca, con adición del 6% de cal..... 107

TABLA 16: Resultados de ensayo de relación humedad - densidad proctor de suelos de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno - Juliaca, con adición del 6% de cal. 108

TABLA 17: Resultados de ensayo de razón soporte california cbr de suelos de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno - Juliaca, con adición del 6% de cal..... 110

TABLA 18: Resultados de ensayo de limites de consistencia de suelos de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno -Juliaca, con adición del 9% de cal..... 111

TABLA 19: Resultados de ensayo de relación humedad - densidad proctor de suelos de la cantera “Ventilla” de la autopista Puno - Juliaca, con adición del 9% de cal. 112

TABLA 20: Resultados de ensayo de razón soporte california cbr de suelos de la cantera “ventilla” de la autopista puno - juliaca, con adición del 9% de cal..... 113



TABLA 21: Resultados de ensayo de limites de consistencia de suelos de la cantera "Ventilla" de la autopista Puno - Juliaca, con adición del 12% de cal. 114

TABLA 22: Resultados de ensayo de relación humedad - densidad proctor de suelos de la cantera "Ventilla" de la autopista Puno - Juliaca, con adición del 12% de cal. 116

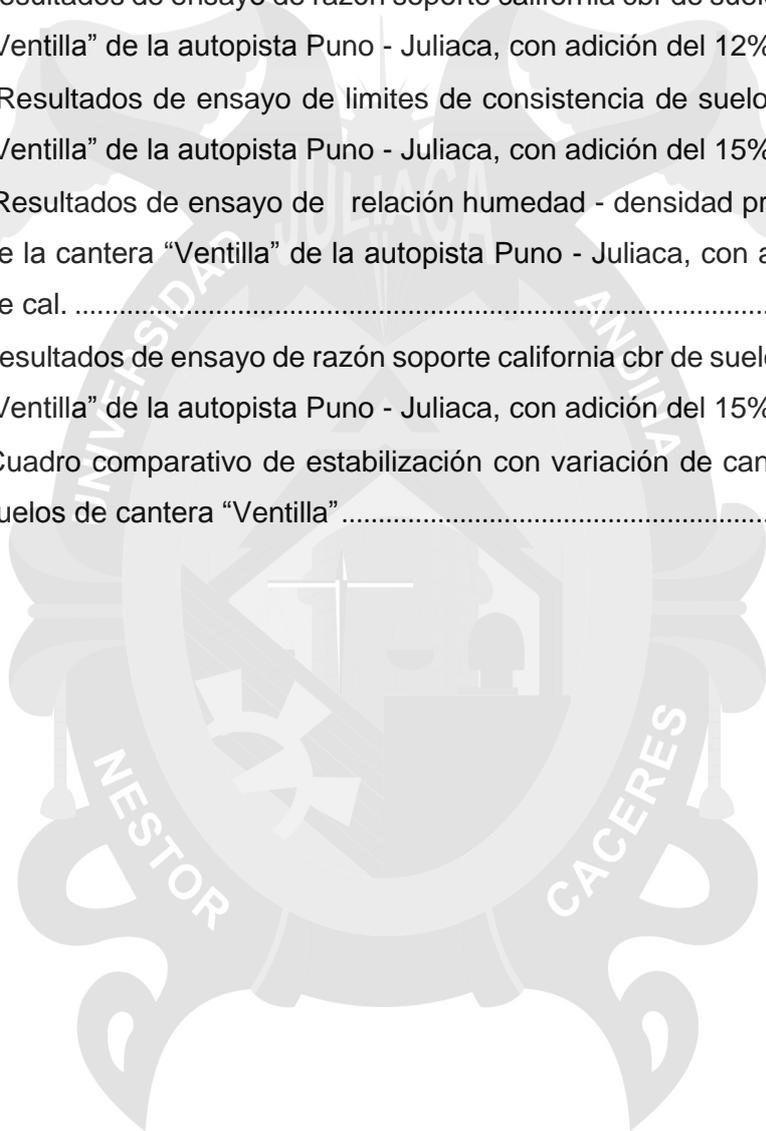
TABLA 23: Resultados de ensayo de razón soporte california cbr de suelos de la cantera "Ventilla" de la autopista Puno - Juliaca, con adición del 12% de cal. 117

TABLA 24 : Resultados de ensayo de limites de consistencia de suelos de la cantera "Ventilla" de la autopista Puno - Juliaca, con adición del 15% de cal 118

TABLA 25 : Resultados de ensayo de relación humedad - densidad proctor de suelos de la cantera "Ventilla" de la autopista Puno - Juliaca, con adición del 15% de cal. 119

TABLA 26: Resultados de ensayo de razón soporte california cbr de suelos de la cantera "Ventilla" de la autopista Puno - Juliaca, con adición del 15% de cal. 121

TABLA 27: Cuadro comparativo de estabilización con variación de cantidad de cal en suelos de cantera "Ventilla" 122





LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Características geológicas de la cantera de suelos "Ventilla"	3
FIGURA 2: Esquema de una muestra de suelo, como indicadór de los	32
FIGURA 3: Mapa del Perú	80
FIGURA 4: Mapa de Puno	81
FIGURA 5: Plano de ubicación de la cantera "Ventilla"	82





LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 1: Características geológicas de la cantera de suelos "Ventilla"	83
FOTOGRAFIA 2: Características de explotación de la cantera de suelos "Ventilla"	83
FOTOGRAFÍA 3 : Características de los suelos de la cantera "Ventilla"	84
FOTOGRAFÍA 4 : Características de los suelos de la cantera "Ventilla"	84
FOTOGRAFÍA 5: Área de explotación de la cantera de suelos "Ventilla"	85
FOTOGRAFÍA 6 : obra en construcción con suelos de la cantera "Ventilla"	85
FOTOGRAFÍA 7 : Preparación de suelos de la cantera "Ventilla" para ensayos	86
FOTOGRAFÍA 8 : Secado de suelos en laboratorio EPIC - UANCV	86
FOTOGRAFÍA 9 : Empleo del horno para secado de suelos – EPIC - UANCV	87
FOTOGRAFÍA 10 : Preparación de suelos para su estabilización	87
FOTOGRAFÍA 11 : Análisis granulométrico de suelos de la	90
FOTOGRAFÍA 12: Determinación del contenido de humedad de	91
FOTOGRAFÍA 13: Determinación de límite líquido de suelos	93
FOTOGRAFÍA 14 : Clasificación de suelos de cantera "Ventilla"	94
FOTOGRAFÍA 15: Compactación de suelos cantera "Ventilla"	96
FOTOGRAFÍA 16: Resultados de los ensayos de la cantera "Ventilla"	98
FOTOGRAFÍA17: Preparación de suelos para ensayos de compactación	99
FOTOGRAFÍA 18: Análisis granulométrico de suelos EPIC - UANCV	99
FOTOGRAFÍA 19: Equipo para ensayos CBR EPIC - UANCV	100
FOTOGRAFÍA 20: Compactación de suelos EPIC - UANCV	100

RESUMEN

El trabajo de Investigación se realiza con la finalidad de dar respuesta a la inestabilidad de los suelos que se presentan a lo largo de la autopista de Puno – Juliaca, la que debe de brindar la seguridad del caso, por ser obras sociales de servicios generales, por donde transitan vehículos de diferentes tonelajes, por ello requiere la estabilización de los suelos de la autopista Puno - Juliaca, con la adición de productos químicos, para ello en la investigación se utiliza cal del distrito de Samán, y con respecto a los suelos le corresponde a la cantera "Ventilla" del Km 45+000; para la construcción de carreteras, especialmente deben de reunir las características específicas de suelos de calidad.

Para ello intervienen profesionales especializados como los ingenieros civiles, en el estudio de suelos específicamente en la mecánica y resistencia del suelo especialmente en las carreteras por ser de uso general,

Los estudios de los suelos deben realizarse con rigurosidad, como mínimo por tres veces, en diferentes estaciones del año para mayor seguridad, por ser las carreteras de uso general, para lo que se requiere de una evaluación minuciosa de forma rigurosa características físicas y mecánicas que deben de ser mejoradas, a fin de encontrarse a las exigencias de las normas y reglamentos de Ministerio de Transportes y Comunicaciones; para ello se ha determinado estabilizar el suelo con adición de cal en un porcentaje de 3%, 6%, 9%, 12% y 15% por lo tanto para la adición de cal no se tiene ninguna Norma Técnica para el empleo del porcentaje definido, la cantidad que permitió lograr numéricamente lo requerido es con el 6% de cal con lo que el índice de plasticidad (Ip), se ha disminuido de 10.26% a 7.67% la densidad se incrementó de 1.68% gr/cm³ a 1.867 gr/cm³ y el CBR al 100% se incrementó de 57.20% a 68.40% habiendo logrado el objetivo del presente trabajo.

Por ello que realiza la investigación con el objetivo de estabilizar el suelo con adición de cal en proporciones adecuadas, para su empleo en la construcción de la carretera del margen derecho de la autopista Puno – Juliaca.

PALABRAS CLAVES: Carretera, suelo, autopista, oxido de calcio, cantera.



ABSTRACT

The research work is carried out with the purpose of responding to the instability of the soils that occur along the Puno - Juliaca highway, which must provide the security of the case, since they are social works of general services, where vehicles of different tonnages pass, for this reason it requires the stabilization of the floors of the Puno - Juliaca highway, with the addition of chemical products, for this the lime of the Saman district is used in the investigation, and with respect to the soils corresponds to the quarry "Ventilla" of Km 45 + 000; for road construction, especially must meet the specific characteristics of quality floors.

For this purpose, specialized professionals such as civil engineers are involved in the study of soils, specifically in the mechanics and resistance of the soil, especially on roads, because they are commonly used.

Specialized professionals such as civil engineers are involved in the study of soils, specifically in the mechanics and resistance of the soil, especially on the roads, because they are generally used.

Soil studies must be carried out rigorously, at least three times, in different seasons of the year for greater safety, because roads are of general use, for which a thorough evaluation is required in a rigorous manner. Physical and mechanical characteristics, which must be improved, in order to meet the requirements of the regulations and regulations of the Ministry of Transport and Communications; For this purpose it has been determined to stabilize the soil with the addition of lime, material of very good quality.

For this reason, it carries out the research with the objective of stabilizing the soil with the addition of lime in suitable proportions, for its use in the construction of the road on the right side of the Puno - Juliaca highway.

KEY WORDS: Road, soil, highway, calcium oxide, quarry.



INTRODUCCIÓN

La construcción de la autopista Puno - Juliaca es una obra esperada por mucho tiempo, debido a la alta densidad de tránsito vehicular entre estas ciudades; su construcción ha requerido el empleo de muchas canteras de suelos como es la cantera "Ventilla" ubicada en la progresiva del Km, 45+000 de la autopista antes referida. Los análisis de suelo natural de la cantera "Ventilla" a generado resultados nada generosos en lo que se respecta a la calidad de suelos.

Esta razón me ha permitido plantear el presente trabajo de tesis en la que titula: Estabilización con la adición de cal a los suelos de cantera "ventilla" del Km 45+000 de la construcción de la autopista Puno - Juliaca. A raíz de ello se ha empleado la cal como agente estabilizador de los suelos naturales de la cantera antes referida; lo que ha tomado en cuenta los suelos se ha efectuado procesos de estabilización de los suelos con la adición de cal en las cantidades de 3%, 6%, 9% 12% y 15%; de lo cual de las cantidades se ha seleccionado el que mejores resultados ha generado en las propiedades mecánicas de los suelos, siendo este el 6% no está exigido en el reglamento ni normas técnicas, más bien esta en tal cantidad las propiedades mecánicas del suelo en estudio han mejorado y cumple en lo sugerido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Para ello el desarrollo primeramente se ha establecido las propiedades mecánicas de los suelos de la cantera "Ventilla". El estado natural con tales resultados se ha adicionado cal en las proporciones antes indicadas que ha variado las propiedades y tales cantidades se ha establecido que es el 6% es la cantidad de cal apropiada para el proceso de estabilización propuesto para el trabajo.

El presente trabajo de la investigación consta de los siguientes capítulos:

Capítulo I problema de la investigación planteamiento del problema ¿Cómo es el proceso de estabilización con la adición de cal a los suelos de cantera "ventilla" del Km 45+000 de la construcción de la autopista Puno - Juliaca.



Capítulo II Marco Teórico que se utilizó para la realización del trabajo correspondiente.

Capítulo III procedimientos metodológicos de la investigación.

Capítulo IV procesos de los resultados análisis y discusión.



CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. EXPOSICIÓN DE SITUACIÓN ACTUAL

Para la construcción de carreteras en la Región Puno; es importante tomar en cuenta la calidad de los suelos, cuando se pretende construir carreteras, por ser obras sociales, de servicios generales, donde transitan vehículos de diversos tonelajes, a los que, se debe brindarles la seguridad del caso, como obras ejecutadas por los Gobiernos Regionales y Nacionales, los que deben de tener los cuidados respectivos y especificaciones para la construcción de carreteras, especialmente deben reunir las características específicas de suelos de calidad.

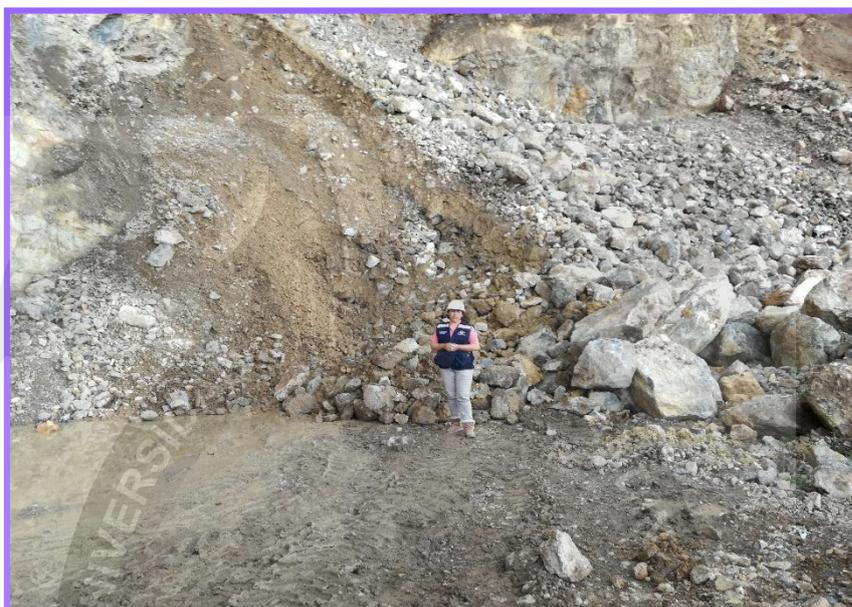
Para ello, deben de intervenir profesionales especializados, entendidos en la materia, como Ingenieros Civiles, Ingenieros entendidos en el estudio del Medio Ambiente, Sociólogos, Ingenieros Geólogos entre otros; intervendrán en el estudio de suelos específicamente en la mecánica y resistencia del suelo, los que deben ser evaluados y determinar si son suelos rocosos, arenosos, limosos, gravosos, o combinados.



Los estudios de los suelos deben realizarse con rigurosidad, como mínimo por tres veces, en diferentes estaciones del año para mayor seguridad, por ser las carreteras de uso general, para lo que requiere una evaluación minuciosa de forma rigurosa.

Es así que, se trata que los suelos de la cantera del km 45+000, de la construcción de la calzada derecha de la autopista Puno – Juliaca, tiene características físicas y mecánicas que deben de ser mejoradas, a fin de estar a las exigencias de las normas y reglamentos de MTC; para ello se ha determinado estabilizar con adición de cal, material de muy buena calidad que se encuentra en la zona de Samán, lugar próximo a la obra referida. En conclusión, el trabajo a desarrollar es estabilizar el suelo con adición de cal en proporciones adecuadas, para su empelo en la construcción de la base de la calzada derecha de la autopista Puno – Juliaca.

FIGURA 1 : CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL
PROYECTO – ELABORACIÓN PROPIA – DICIEMBRE 2016

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. INTERROGANTE GENERAL.

¿Cómo es el proceso de estabilización de suelos de la cantera del km 45+000 con adición de cal para la construcción de la autopista Puno – Juliaca?

1.2.2. INTERROGANTES ESPECÍFICAS.

1. ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas de los suelos de la cantera del km 45+000 de la autopista Puno – Juliaca?
2. ¿Cómo es el proceso de estabilización de suelos de la cantera del km 45+000 de la autopista Puno – Juliaca, con adición de cal en proporciones de 3%, 6%, 9%, 12% y 15%?

3. ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas mejoradas de suelos estabilizados de la cantera del km 45+000, de la autopista Puno – Juliaca, con adición de diferentes proporciones de cal, para la selección del más eficiente?

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. TÉCNICA

Se justifica porque para la construcción de vías, se desarrollan actividades previas a la preparación de planes antes del estudio de suelos y de la construcción de las redes viales, visionando un horizonte de conservación, explotación y servicio posterior de la carretera.

Las carreteras existentes en la Región Puno, y en el País, son redes viales al servicio de los transportistas y la población en general, pero en la actualidad, se requiere otras vías de mayor cobertura, por el crecimiento del parque automotor y la población.

Por ello es necesario disponer de imágenes satelitales para determinar la actual cobertura; la que conllevara a proyectar nuevas vías futuras, de mayor cobertura, para un alcance visionario de mayor a por lo menos 20 años adelante.

Es por eso que las imágenes actuales serán la base para proyectar nuevos planes, nuevas especificaciones, uso de nuevas tecnologías, duración prolongada en vida útil de las vías futuras; por ello las actuaciones en las diferentes actividades requeridas involucran la planificación adecuada cuidadosa, para la preparación, desarrollo y construcción de los planes definitivos para planificar la construcción de vías.

En la planificación se establecen los objetivos y las especificaciones concretas, los que servirán de guía en el desarrollo de lo planeado así como para su posterior evaluación efectiva y comprobar el cumplimiento de las especificaciones sostenidas para la elaboración de la red de vías.

En la planificación se consideran la cantidad de vehículos que discurrirán por las vías, las que deben prestar la seguridad, fluidez, comodidad, ser económica y especialmente el impacto ambiental positivo que debe visionarse; objetivo evidente que debe cumplirse con rigurosidad.

La población que cuenta con sus viviendas y se encuentran ubicadas en los sectores laterales de la carretera, no sean perjudicadas ni alteradas su tranquilidad durante y después de la construcción de la red de vías.

En el caso del presente trabajo se efectuará, el estudio de las especificaciones físicas y mecánicas de los suelos de la cantera km. 45+000 que se encuentra en la construcción de la calzada derecha de la autopista Puno – Juliaca, con adición de cal en proporciones adecuadas es decir que se diseñara el proceso de estabilización correspondiente. Con este proceso de estabilización los referidos suelos calificaran a lo establecido en las normas y dispositivos emanados por el MTC del Perú.

1.3.2. ECONÓMICA

La justificación económica está referida a la presencia de fenómenos meteorológicos, como lluvias granizo, nieve que perjudican el paso fluido de los vehículos, ocasionando la disminución de vehículos circulantes en la zona; los fenómenos también aportan por muchas razones a la lenta transitabilidad de



vehículos, a accidentes, averías de vehículos entre otras razones que obstaculizan la fluidez del tránsito.

Afecta a la economía el deterioro de la señalización en la misma vía, así como la conservación de la red vial que ha sido degradada por el mismo tráfico, por tanto es necesario el mantenimiento frecuente de la red vial para su conservación y mantenerla en un estado aceptable y continuar coberturando la cantidad de vehículos planificados.

Para no afectar la economía de la red vial, es necesario mantenerla conservada, para ello se realiza actividades desde la observación y auscultaciones para planificar acciones de tipo constructivo efectuando reforzamiento de elementos de infraestructura, antes de que presenten averías visibles e importantes.

Por ello, es necesario, realizar un control frecuente del estado de la red vial, que permitirán detectar y evaluar puntos débiles de las vías; donde los inspectores realicen acciones de conservación antes de la producción de mayores fallas.

Los profesionales de la ingeniería están obligados a considerar variantes en sus proyectos, así como a recomendar y defender las opciones de menor costo, ya que es factible realizar obras sobre diseñadas que pudieran ser el resultado de proyectos efectuados por personas ajenas a la ingeniería o sin estudios. En resumen, la misión de un ingeniero es proyectar y construir obras con el menor costo posible y que cumplan con los objetivos para los cuales se concibieron. En la construcción de vías, en nuestro medio el ingeniero debe cuidar el aspecto económico, en el sentido de utilizar los materiales de la calidad requerida, con procesos constructivos apropiados, para que al final la estructura de la vía construida sea durable. En la propuesta económica se demostrará que las

especificaciones físicas y mecánicas de los suelos de la cantera del km 45+000 de la construcción de la calzada derecha de la autopista Puno – Juliaca con adición de cal será económica; debido a que será más costoso el encontrar suelos en otras canteras, que si las hay pero que la distancia de transporte es considerable; por tanto el costo para ello será significativo por otro lado se menciona que la cal a emplearse procede de la zona de Samán donde la cal que se produce es de buena calidad.

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Efectuar el proceso de estabilización de suelos de la cantera del km 45+000 con adición de cal para la construcción de la autopista Puno – Juliaca.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Determinar las características físicas y mecánicas de los suelos de la cantera del km 45+000 de la autopista Puno – Juliaca.
2. Efectuar el proceso de estabilización de suelos de la cantera del km 45+000 de la autopista Puno – Juliaca, con adición de cal en proporciones de 3%, 6%, 9%, 12% y 15%.
3. Analizar las características físicas y mecánicas mejoradas de suelos estabilizados de la cantera del km 45+000, de la autopista Puno – Juliaca,

con adición de diferentes proporciones de cal, para una adecuada selección del más eficiente.

1.5. HIPÓTESIS.

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL.

La estabilización de suelos con adición de cal, permite mejorar sus características físicas y mecánicas deficientes para el empleo de la construcción de carreteras.

1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

1. Para su proceso de estabilización con adición de cal, es necesario conocer primeramente las características físicas y mecánicas del suelo en estudio.
2. El proceso de estabilización de suelos con adición de cal, debe efectuarse con diferentes proporciones a fin de seleccionar el que mayores ventajas ofrece.
3. Proceso de estabilización con diferentes proporciones de cal, permite la selección de la proporción más eficiente para su empleo.

1.6. VARIABLES E INDICADORES.

VARIABLE INDEPENDIENTE : SUELOS DE CANTERA.

INDICADORES :

- Características físicas y mecánicas de suelos de la cantera seleccionada.

- Características de cal para estabilización de suelos.

VARIABLE DEPENDIENTE : SUELO ESTABILIZADO.

INDICADORES :

- Características físicas y mecánicas mejoradas con cal.

VARIABLE INTERVINIENTE : ADICIÓN DE CAL.

INDICADORES :

- Proporción de cal adicionada 3%.
- Proporción de cal adicionada 6%.
- Proporción de cal adicionada 9%.
- Proporción de cal adicionada 12%.
- Proporción de cal adicionada 15%.

1.7. MATRIZ DE CONSISTENCIA.



MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA : ESTABILIZACIÓN CON LA ADICIÓN DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA “VENTILLA” DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA

EJECUTORA : Bach. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.

FECHA : MAYO 2017

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL. ¿Cómo es el proceso de estabilización de suelos de la cantera del km 45+000 con adición de cal para la construcción de la segunda calzada de la autopista Puno – Juliaca?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS. 1. ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas de los suelos de la cantera del km 45+000 de la autopista Puno – Juliaca?</p> <p>2. ¿Cómo es el proceso de estabilización de suelos de la cantera del km 45+000 de la segunda calzada de la autopista Puno – Juliaca, con adición de cal en proporciones de 3%, 6%, 9%, 12% y 15%?</p> <p>3. ¿Cuáles son las características físicas y mecánicas mejoradas de suelos estabilizados de la cantera del km 45+000, de la autopista Puno – Juliaca, con adición de diferentes proporciones de cal, para la selección del más eficiente?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL. Efectuar el proceso de estabilización de suelos de la cantera del km 45+000 con adición de cal para la construcción de la segunda calzada de la autopista Puno – Juliaca.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 1. Determinar las características físicas y mecánicas de los suelos de la cantera del km 45+000 de la autopista Puno – Juliaca.</p> <p>2. Efectuar el proceso de estabilización de suelos de la cantera del km 45+000 de la segunda calzada de la autopista Puno – Juliaca, con adición de cal en proporciones de 3%, 6%, 9%, 12% y 15%?</p> <p>3. Analizar las características físicas y mecánicas mejoradas de suelos estabilizados de la cantera del km 45+000, de la autopista Puno – Juliaca, con adición de diferentes proporciones de cal, para la selección del más eficiente.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL La estabilización de suelos con adición de cal, permite mejorar sus características físicas y mecánicas deficientes para el empleo de la construcción de carreteras.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS. 1. Para su proceso de estabilización con adición de cal, es necesario conocer primeramente las características físicas y mecánicas del suelo en estudio.</p> <p>2. El proceso de estabilización de suelos con adición de cal, debe efectuarse con diferentes proporciones a fin de seleccionar el que mayores ventajas ofrece.</p> <p>3. Proceso de estabilización con diferentes proporciones de cal, permite la selección de la proporción más eficiente para su empleo.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE.</p> <p>SUELOS DE CANTERA.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>SUELO ESTABILIZADO.</p> <p>VARIABLE INTERVINIENTE:</p> <p>ADICIÓN DE CAL.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Características físicas y mecánicas de suelos de la cantera seleccionada. • Características de cal para estabilización de suelos. • Características físicas y mecánicas mejoradas con cal. • Proporción de cal adicionada 3%. • Proporción de cal adicionada 6%. • Proporción de cal adicionada 9%. • Proporción de cal adicionada 12%. • Proporción de cal adicionada 15%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Granulometría, límites de consistencia, Clasificación, Compactación y CBR. • Tipo de cal. • Límites de consistencia, Compactación y CBR mejorados. • Proporciones de cal en: 3%, 6%, 9%, 12% Y 15% 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de laboratorio. • Especificaciones. • Ensayos de laboratorio. • Ensayos de laboratorio.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1.1. ANTECEDENTE LOCAL

Guevara Mamani, G. (2016). Procedimientos Para Mejorar las Características Resistentes de Suelos, Adicionando Residuos Industriales para la Construcción de Vías de la Ciudad de Juliaca.(Para optar el título Profesional de Ingeniero Civil)Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", Juliaca – Perú. Dentro de sus conclusiones expresa.

- La construcción de vías se requiere suelos de calidad, para lo que se ha formulado normas y reglamentos, que sugiere el tipo y las características de suelos a emplear.

Sin embargo, este hecho hace que se tenga tres alternativas para decidir: aceptar el suelo tal como se presenta, por lo que el uso requerirá de acciones complementarias a fin de alcanzar la calidad para el diseño efectuado; o si no

eliminar el suelo cambiando por otro que cumpla con las especificaciones requeridas; o finalmente modificar las características y ajustar a las especificaciones requeridas.

- Por otro lado, el afán de reciclaje de materiales, es necesidad, puesto que muchos de los materiales después de usados, pueden volverse a usar, sin embargo, son abandonados cerca de las nuevas obras ocasionando serios daños al medio ambiente.
- Por otro la industria de la construcción genera residuos, que adolecen de un adecuado manejo, y originan por lo general preocupantes impactos ambientales negativos; como son los residuos de mezclas asfálticas, residuos de ladrillos, residuos de aceites y lubricantes de maquinarias, entre otros.
- Estos residuos generalmente son abandonados en cualquier lugar de la ciudad; preocupación que debe ser resuelto con prontitud. El desarrollo del presente trabajo considera hacer frente a este problema de abandono de residuos industriales, empleando previa selección de compatibilidad, adicionarlo en proporciones adecuadas a suelos de cantera de regular calidad, para mejorar sus características resistentes y ser empleados en la construcción de vías urbanas en la ciudad de Juliaca; evitando de esta forma mayores daños al medio ambiente. (Guevara Mamani, G. 2016).

2.1.2. ANTECEDENTE NACIONAL.

Capedo Sánchez, J. (2008). Estabilización de Suelo Arcilloso con Cal Hidratada, para ser Utilizada como Capa Subrasante de Pavimentos en la Carretera Lima –

Huacho, (para optar el título profesional de ingeniero civil), Universidad Privada Atenor Orregode Chiclayo. Chiclayo – Perú. Dentro de sus conclusiones expresa:

- De acuerdo a las especificaciones del Proyecto la capa subrasante tiene una adecuada resistencia., por haber utilizado varios métodos para estabilizar los suelos arcillosos; por ser requisito primordial que debe cumplir cualquier vía terrestre, como estructura vial y la presencia del terreno natural, la misma que sirve como un cimiento.
- En la investigación el objetivo fue la mejoría en las propiedades del suelo arcilloso, para el que se optó por la utilización de cal, los que se mezclaron con arcilla, obteniéndose la estabilización química, esta mezcla presenta una mejora en sus propiedades iniciales la que fue comprobada en la investigación; con un mejor comportamiento del suelo, más manejable, e inmediata reacción química.
- El suelo natural combinado con cal, es un material que se puede utilizar para construir la subrasante, la que tiene que ver con el presupuesto que se maneja para la obra, realizando un análisis de la parte económica. (Capedo Sánchez, J. 2008).

2.1.3. ANTECEDENTE INTERNACIONAL

Manrique López, H. y Orellana Baca, A. (2007). Guía Básica para Estabilización de Suelos con Cal en Caminos de Baja Intensidad Vehicular en el San Salvador, (para optar el título profesional de ingeniero civil), Universidad del Salvador. San Miguel – Salvador, llegando a las siguientes conclusiones:

- Se concluye que, la resistencia de los primeros días del curado, disminuye, así como también se ha observado la disminución de la cohesión, como también disminuye la plasticidad; para esta disminución la responsable es la adición de cal. Las pruebas se realizaron en probetas, observando la resistencia cuando se comprimen, la resistencia es superior para la mezcla suelo – cal.
- Se concluye que la plasticidad de los suelos disminuye al adicionar cal al suelo, (determinado bajo la norma ASTM D 6276) se reduce esta propiedad a cero (0), provocando además un considerable cambio en su granulometría y de igual manera en su clasificación, pasando de un suelo arcilloso (CL) a ser un suelo limoso (ML).
- Se concluye que la cal utilizada depende de las características y propiedades que presente cada suelo en particular. el suelo estabilizado es de la más 100% a los valores obtenidas para el mismo suelo sin cal a los 90 días curado, tiempo que se define en las normas del ASTM 5102 - 04, como el tiempo necesario en los que especialmente de mezcla suelo - cal alcanzan una resistencia a la compresión aceptable.
- Se concluye que a los valores del CBR obtenidos en la mezcla de suelos con cal genera para fines de esta investigación, sirve como parámetros de comparación sobre las mejoras que se pueda obtener al adicionar cal a un suelo plástico; la aceptabilidad o rechazo de este resultado dependerán de las especificaciones técnicas y contractuales para cada obra en particular donde se ha implementado esta técnica de estabilización. (Manrique López, H. y Orellana Baca, A. 2007).

2.2. MARCO TEÓRICO.

2.2.1. RECONOCIMIENTO Y SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Todo tipo de construcción requiere un conocimiento del terreno donde se ejecutará cualquier obra de construcción, como viviendas, carreteras y otras obras donde se ejecutará la obra, por existir diferentes clases de suelos:

- **EXAMEN VISUAL:** Un simple examen visual permite al profesional en ingeniería, reconocer nombrar el tipo de suelo, como puede ser marga azul, arcilla amarilla, arena fina, etc.
- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:** El análisis granulométrico se utiliza luego de haber realizado un examen visual al suelo y preliminarmente identificado el suelo, complementando de esta manera la determinación de los límites de Atterberg en un laboratorio donde se realicen los ensayos básicos.
- **TOMA DE MUESTRA:** Para la realización de un examen in-situ, se debe realizarse la toma de muestras, sin alterar el suelo como un trabajo preliminar, para realizar el posterior análisis que corresponde.
- **DENSIDAD RELATIVA:** Es importante medir la densidad relativa, de los suelos; conocida también como índice de densidad, esta prueba se realiza para suelos coherentes, homogéneos.
- **HUMEDAD:** Se determina la humedad natural que presentan los suelos coherentes y los diferentes tipos de suelos.
- **RESISTENCIA:** Se determinan la resistencia de los suelos a la compresión simple de suelos coherentes.

Las medidas mencionadas son determinadas para medir también la masa específica de los suelos.

Conociendo estos datos, informan al ingeniero especialista no solamente identificar el tipo de suelo, sino también el comportamiento del mismo.

Por ello se ha agrupado los suelos en clases y categorías, para simplificar el entendimiento e identificación de las diferentes clases de suelos; respecto a las líneas de Taylor se exponen. "Un sistema sencillo de clasificación de suelos, utilizando métodos fáciles de identificación y dando una distribución aproximada, pero suficientemente exacta en grupos o tipos de suelos, es de una gran comodidad en todos los problemas normales de la Mecánica del Suelo. Los estudios preliminares de suelos, de cara a la construcción de autopistas, son un ejemplo típico de tales problemas. Las clasificaciones basadas en la granulometría o en las características plásticas, por ejemplo, son profusamente utilizadas". (Lambe y Whitman, 1982).

"No obstante, entre los ingenieros hay divergencia en la importancia de estas clasificaciones y la oportunidad de un acuerdo general para su utilización. Se trata, sobre todo, de una cuestión de puntos de vista, cuya respuesta depende principalmente del uso que debe hacerse de estas clasificaciones. Se ha dicho que las clasificaciones de suelos son intrínsecamente de una naturaleza tal, que no pueden clasificarse ni de correctas ni de incorrectas; son simplemente como todo sistema de clasificación, unos elementos de agrupación cómodos. Es cierto que en toda clasificación existen casos límites que se solapan. Igualmente, es inevitable que, si un gran número de suelos están agrupados por tipos, según una

clasificación, varios de ellos quedarán agrupados diferentemente según otra".

"Frecuentemente se pide la definición de una clasificación general, segura, que abarque un amplio campo de aplicación. Esta petición parece incluso implicar que un día u otro, siempre que haya que recurrir a la Mecánica del Suelo, bastaría con ejecutar un cierto número de ensayos sencillos para determinar unas constantes, que nos permitiría entrar en la clasificación, y a partir de ahí, consultar el capítulo correspondiente de un manual para ver si el suelo interesa o no sea cual fuere el tipo de problemas estudiado. No es preciso tener un gran conocimiento del comportamiento de los suelos para darse cuenta del poco fundamento de esta opinión. Incluso suponiendo que se pudiera representar correctamente el comportamiento del suelo por coeficiente numérico, no es menos cierto que una definición completa del comportamiento de un suelo necesita de bastantes más coeficientes que los que generalmente se usan. Una clasificación no debe efectuarse más que con un número reducido de esos coeficientes. Por ello una clasificación no tendrá valor e incluso será peligrosa a menos que las características en que se apoya sean precisamente aquéllas que tienen importancia en el problema estudiado". (Lambe y Whitman, 1982).

2.2.2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS.

A. Casagrande en la investigación realizada sobre la base del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos es la Carta de Plasticidad, en la que se vio, la situación de los suelos a través de gráficos en un sistema de coordenadas ubicando en el eje de las abscisas el Límite Líquido y en el eje de las ordenadas ubicar el índice Plástico, de manera que los suelos se sitúan con características de plasticidad además de considerar las

propiedades mecánicas e hidráulicas cualitativamente definidas, que son agrupadas de manera específica de acuerdo a los suelos donde se sitúan con características de plasticidad los que no son agrupadas al azar.

Se deben tomar en cuenta Los suelos vecinos por tener propiedades similares para ser tratados, y sometidos a estudio, es por eso que Casagrande establece en los gráficos, fronteras que permiten separar materiales finos respecto a sus propiedades afines. (Juárez, y Rico, 2014).

1. SUELOS CONSIDERADOS GRUESOS.

Son suelos que al ser tamizados No pasan la malla N° 4, cuyas especificaciones son ubicadas por símbolos, los que están formados por dos letras mayúsculas, que generalmente son iniciales de suelos Típicos denominados en inglés. (Juárez, y Rico, 2014).

- **G:** Es un símbolo genérico que significa en inglés **Gravel**; identifica aquellos suelos que son Gravosos y son suelos en los que predominan la grava.
- **S:** Es el símbolo de suelos arenosos y suelos que presentan arenas, cuyo símbolo es la S que significa **Sand** en inglés.

Cuando un suelo pertenece Al grupo genérico G, se encuentran las gravas y las arenas los que pueden ser separadas por la malla N° 4, al no pasar por la malla más del 50% de su contenido grueso la que es retenida en la malla 200, y el suelo es del grupo genérico S cuando pasan más del 50% por la malla N° 4. (Juárez, y Rico, 2014).

Tipos de gravas y las arenas:

- **GW y SW:** Son materiales en combinación con los símbolos genéricos. Así como también los materiales limpios de finos, bien graduado conocidos con el Símbolo W (wellgraded).
- **GP y SP:** Son materiales, en combinación con los símbolos genéricos. El símbolo P (poorlygraded) referido al Material prácticamente limpio de finos, mal graduado.
- **GM Y SM:** Son grupos de materiales que en combinación con los símbolos genéricos, se generan los grupos GM y SM. Es así que los materiales con suficiente cantidad de finos no plásticos, denominados con el Símbolo M (del sueco mo y mjala).
- **GC Y SC:** Son grupos de materiales, combinados con los símbolos genéricos C. Es así que C (clau) son Materiales con cantidad apreciable de finos plásticos.

A fin de ser identificados las diferentes clases de suelos y de proporcionar mayor información y criterios más detallados para ser identificados con mayor facilidad los diferentes suelos en el campo y en el laboratorio. (Juárez, y Rico, 2014).

- **GRUPOS DE SUELOS DEL TIPO GW Y SW**

En la práctica estos suelos son bien graduados y con pocos finos, es decir suelos limpios por completo; los que no producen cambios en las características de resistencia. En este grupo de suelos el contenido de partículas finas no es mayor del 5% en peso. Cuando se realiza el análisis en el laboratorio se realiza las pruebas del coeficiente de uniformidad reportado con el símbolo CU; la prueba de la curvatura reportado con el símbolo de Cc.

Si una grava se encuentra adecuadamente graduada, el coeficiente de Uniformidad es mayor a 4; y la prueba de curvatura debe encontrarse en el rango de 1 a 3.

Para casos de arenas adecuadamente graduadas, la prueba del coeficiente de Uniformidad reporta mayor a 6, sin embargo el rango de curvatura se reporta entre el rango de 1 a 3 (Juárez, y Rico, 2014).

- **GRUPOS DE SUELOS DEL TIPO GP Y SP**

Los grupos de suelos del tipo GP y SP, están comprendidos aquellas gravas uniformes, especialmente los que depositan en los lechos de los ríos, así como las arenas uniformes de las playas, y las mezclas de gravas y arenas finas; los que son obtenidos durante los procesos de excavación. Este tipo de suelos generalmente están mal graduados, son aparentemente uniformes.

Son suelos que no se consideran bien graduados por presentar partículas finas. (Juárez, y Rico, 2014).

- **GRUPOS DE SUELOS DEL TIPO GM Y SM.**

En la práctica se ha visto que el contenido de finos afecta la resistencia y esfuerzo – deformación, por contener finos superiores al 12% en peso; así como la capacidad de drenaje libre de la fracción gruesa, es por eso que en estos grupos la plasticidad de los finos varía entre el rango de “Nula” y “Media”; es requisito que el índice de plasticidad sea menor a 6%. Casagrande fija el porcentaje de finos entre 5 % y 12%, para indicar una grava graduada con finos no plásticos. (Juárez, y Rico, 2014).

- **GRUPOS DE SUELOS DEL TIPO GC Y SC**

Los grupos de suelos del tipo GC y SC, el contenido de finos debe ser mayor a 12% en peso. Se debe tener en cuenta que los finos para este grupo de suelos es de mediana plasticidad a elevada plasticidad; la que debe de pasar por la malla N° 40 encima de la línea A; considerando el que el índice plástico sea mayor a 6%. Sin embargo Casagrande considera 7%, la que es un referente a tomar en cuenta para casos de frontera. (Juárez, y Rico, 2014).

2. SUELOS CONSIDERADOS FINOS

Este tipo de suelos se agrupan formando símbolos con dos letras mayúsculas, los que son elegidas con un criterio que se adecua a este tipo de suelos, los principales son: (Juárez, y Rico, 2014).

- **M:** Suelos identificados de forma genérica con la letra M (del sueco mo y rnjala)., siendo Limos inorgánicos.

- **C:** Suelos identificados con el símbolo C (Clay), siendo las Arcillas inorgánicas.
- **Ó:** Suelos identificados con el símbolo ó (organic); los que corresponden a la presencia de Limos y arcillas orgánicas.

De acuerdo al contenido límite de líquido se subdivide en dos grupos.

SUELOS FINOS CON LÍMITE LIQUIDO MENOR A 50%

Son suelos de compresibilidad baja como compresibilidad media, añadiéndose al símbolo general L, a los símbolos M, C y O; resultando los grupos ML, CL y OL.

SUELOS FINOS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR A 50%

Son suelos de compresibilidad alta, utilizando el símbolo general H (highcompressibility), al que se añaden los símbolos M, C y O; resultando los grupos MH, CH y OH. (Juárez, y Rico, 2014).

La propiedad del suelo se expresa en función de dos parámetros como LL e IP; sin embargo en el actual caso interviene el valor del límite líquido como función directa a la compresibilidad,

Se debe tomar en cuenta la compresibilidad, por referirse a la pendiente del tramo legítimo de la curva de compresibilidad, por presentarse el suelo parcialmente seco o pre consolidado.

Los diferentes tipos de suelos finos, son suelos altamente orgánicos, siendo generalmente fibrosos, y suelos pantanosos, los que son extremadamente

compresibles, formando un grupo de suelos, con la simbología Pt (del inglés Peat, turba). (Juárez, y Rico, 2014).

- **GRUPOS DE SUELOS DEL TIPO CL Y CH**

En el grupo de suelos CL se encierran las arcillas inorgánicas, comprendiendo la zona sobre la línea A, identificada por LL con menor a 50% e IP con mayor a 6%. Sin embargo A Casagrande considera el grupo IP con mayor a 7%.

En este grupo CH definida por LL mayor a 50%, correspondiendo a la zona arriba de la línea A, encasillándose arcillas formadas por descomposición química específicamente de cenizas volcánicas, tales como la bentonita conocida comúnmente como la arcilla del valle de México, cuyos límites de líquidos se encuentran hasta un 50%. (Juárez, y Rico, 2014).

- **GRUPOS DE SUELOS DEL TIPO ML Y MH**

En estos grupos de suelos están comprendidos los limos inorgánicos y limos arcillosos; es así que en la zona bajo la línea A comprende el grupo ML, la que es definida por LL menor a 50%; la que conlleva a la porción sobre la línea A definida con un IP menor a 6%; siendo en el sistema original el IP menor a 4%; así como LL es definida, el grupo MH es definida por LL mayor a 50%, que corresponde a la zona debajo de la línea A.

En los grupos de suelos MH, ML queda definida y comprendida los limos inorgánicos y limos arcillosos; es por eso que en el grupo ML son ubicados los grupos de suelos que contienen limos inorgánicos y polvo de roca; con LL menor a 30%; de igual forma del tipo del Loess derivados de

los depósitos eólicos presentan un rango entre $25\% < LL \ll 35\%$, los que también están ubicados en el grupo ML.

Estos suelos, presentan características específicas que corresponden a limos inorgánicos, a pesar de que también se conoce como arcillas, por ser suelos finos que contienen arcilla del tipo caolín los que fueron derivados del feldespato de las rocas graníticas.

Este tipo de suelos, son suelos finos y suaves con presencia de alto porcentaje de partículas de considerable tamaño de arcilla, la que se puede comparar con partículas de típicas de otro tipo de arcillas; las que están localizadas arriba de la línea A, por lo que presenta resistencia al estado seco relativamente baja y al estado húmedo muestran cierta reacción con la prueba de dilatación.

Dada la proximidad con la línea de frontera, este tipo de arcillas caen en fronteras de ML-CL y MH-CH. Es por eso que las tierras diatomeas puras suelen no ser mayor que el 100% MH; en el que sus mezclas con partículas finas de otro tipo de suelos los que son de los grupos ML o MH. (Juárez, y Rico, 2014).

- **GRUPOS DE SUELOS DEL TIPO OL Y OH**

Los grupos de los suelos del tipo OL y OH; son los mismos que los tipos de suelos ML y MH; si bien los limos orgánicos están siempre próximos a la línea A.

La carta de plasticidad pasa a ocupar una posición alejada de la línea A; porque el suelo se desplaza hacia la derecha, es por eso que no hay

cambio en el índice plástico, así que se adicione la materia orgánica coloidal la que permite el crecimiento del límite líquido de una arcilla inorgánica. (Juárez, y Rico, 2014).

- **GRUPO DE SUELO DE TIPO Pt**

Este tipo de suelos está entre un 300% y 500% de límite líquido, ubicándose en una posición de carta de Plasticidad debajo de la línea A; es así que el índice plástico varía entre el 100% y 200%.

Si un material fino no se ubica en un grupo definido, para ello se utilizarán símbolos dobles de frontera. Para que el material quede situado sobre la línea A, representa a un suelo fino con $LL > 50\%$ de índice plástico; representado por suelos del tipo MH-CH. (Juárez, y Rico, 2014).

Un criterio técnico, es la descripción de suelos ubicándolo dentro de uno de los grupos de suelos ya mencionados, la que abarca la descripción del suelo tanto alterado como inalterado, la que resulta fundamental para identificar sus características innatas que se alejan de la mecánica, de las pruebas practicadas.

En suelos gruesos deben considerarse como datos básicos y principales; el nombre típico, el nombre local, el nombre geológico, el tamaño máximo de las partículas, la angulosidad y dureza de los suelos, porcentajes aproximados de grava y arena; además considerar cualquier otro dato e información pertinente, de acuerdo a los requisitos para la aplicación en ingeniería para un uso adecuado del material.

En los suelos finos, se proporcionarán, en general, los siguientes datos: nombre típico, grado y carácter de su plasticidad, cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas, color del suelo húmedo, olor, nombre local y geológico, aparte de cualquier otra información descriptiva pertinente, de acuerdo con la aplicación que se vaya a hacer del material.

Respecto del suelo en estado inalterado, deberá agregarse información relativa a su estructura, estratificación, consistencia en los estados inalterado y remoldeado, condiciones de humedad y características de drenaje. (Juárez, y Rico, 2014).

2.2.2.1. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO

El sistema de clasificación de AASHTO, se considera el comportamiento de los suelos, los son asignados con los símbolos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7 y A-8.

Así mismo los suelos inorgánicos se clasifican en siete grupos: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7. A su vez estos se subdividen en 12 subgrupos. Siendo los suelos con materia orgánica elevada son clasificados como A-8. (Juárez, y Rico, 2014).

1. SUELOS GRANULARES

Son suelos que tienen material fino en un porcentaje menor o igual al 35%, que pasa el tamiz N° 200, formando suelos de los grupos A-1, A-2 y A-3. (Juárez, y Rico, 2014).

GRUPO A-I

En este grupo de suelos encontramos material de mezclas bien graduadas que contiene fragmentos de piedra grava, así como arena y material que tienen ligantes, de la misma forma se tiene material de grupos de mezclas bien graduadas que contiene fragmentos de piedra grava, así como arena pero sin material ligantes. (Juárez, y Rico, 2014).

- **SUBGRUPO A-Ia:** Son aquellos materiales que se encuentran formados por mezclas bien graduadas, con predominio de piedra o grava, los que contienen o No material ligante. (Juárez, y Rico, 2014).
- **SUBGRUPO A-Ib:** Son materiales formados por mezclas de materiales bien graduadas con predominio de arena gruesa, puede ser con ligantes o sin ligantes. (Juárez, y Rico, 2014).

GRUPO A-2

Son mezclas que está constituido por diferentes tipos de material granular, con contenido de material fino menor al 35%. (Juárez, y Rico, 2014).

SUBGRUPOS A-2-4 y A-2-5:

Son materiales que tienen material fino igual o menor a los 35%, cuyas características son similares a los materiales de suelos A-4 y A-5; cuya fracción pasa por el tamiz número 40, de la misma forma los sub grupos A-2-4 y A-2-5 pasan por el tamiz 40. (Juárez, y Rico, 2014)

Dentro de estos grupos de suelos se encuentran suelos gravosos y suelos arenosos específicamente arena gruesa; que contiene limo, en exceso a las mezclas de suelos del grupo A-1; de igual forma incluyen arena fina con contenido de limo, la que no es plástico en exceso, el mismo que es indicado para el grupo A-3. (Juárez, y Rico, 2014).

SUBGRUPOS A-2-6 y A-2-7:

Los materiales de estos sub grupos son similares a los materiales de suelos A-4 y A-5; además presentan material fino igual o menor al 35%; en el que la fracción pasa por el tamiz número 40; por lo que se observa que tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7. (Juárez, y Rico, 2014).

GRUPO A-3:

Para este grupo de materiales aparte de otros materiales que contiene, se incluyen arenas finas, y además aquellas arenas con contenido de poca cantidad de limo, que no presenten plasticidad; este grupo de suelos está involucrado con contenido de arenas de río y estos contienen poca grava así como arena gruesa. (Juárez, y Rico, 2014).

2. SUELOS FINOS LIMO ARCILLOSOS

Estos suelos finos limo arcillosos contienen mayor a 135% de este material fino, el que pasa por el tamiz número 200; dentro de estos grupos de suelos encontramos a A-4, A-5, A-6, A-7. (Juárez, y Rico, 2014).

GRUPO A-4:

A este grupo de suelos A-4, se identifican los grupo de suelos limosos, los que son poco plásticos o nada plásticos, que contienen material fino igual a 75% o mayor a 75%, y son suelos que pasan por el tamiz número 200; además se consideran dentro de este grupo A-4, a suelos con mezclas de un % de limo, con otro % de grava y arena hasta en un 64%. (Juárez, y Rico, 2014).

GRUPO A-5:

Los suelos de este grupo A-5, son grupos de suelos limosos, poco plásticos o nada plásticos, pero tienen un contenido de material micáceo conocido como diatomáceo, además de contener material fino igual a 75% o mayor a 75%, y son materiales elásticos presentando un límite líquido elevado. (Juárez, y Rico, 2014).

GRUPO A-6:

Este grupo de suelos presenta como material principal el 75% de arcilla plástica, es por eso que este tipo de suelos deben pasar por el tamiz número 200; además contienen mezclas de arcillas arenosas, en la que los porcentajes de arena y grava es inferior al 64%.; es por eso que este tipo de suelos presentan cambios de volumen en el tránsito, cuando pasan del estado seco al húmedo o viceversa. (Juárez, y Rico, 2014).

GRUPO A-7

Este grupo de suelos A-7, presenta una diferencia frente al grupo de suelos A-6; es que son elásticos; y sus límites líquidos son elevados; y en el contenido general de materiales son semejantes. (Juárez, y Rico, 2014).

SUB GRUPO A-7-5

Los sub grupos A-7-5 son suelos que aparte de los materiales ya mencionados, incluyen materiales que contienen los índices de plasticidad que no son muy altos, respecto a sus límites líquidos. (Juárez, y Rico, 2014).

SUB GRUPO A-7-6

Son sub grupos de suelos que experimentan cambios extremadamente grandes de volúmenes, los que están comprendidos con índices de plasticidad elevados respecto a sus límites líquidos. (Juárez, y Rico, 2014).

2.2.3. PROPIEDADES FÍSICAS E ÍNDICE DEL SUELO

Todo tipo de suelos presentan tres fases bien definidas: Una fase sólida, una fase líquida y una fase gaseosa.

FASE SÓLIDA: Formada por partículas minerales del suelo específico, que incluye la capa sólida. La fase sólida constituye el Volumen de los Sólidos

FASE LÍQUIDA: Formada principalmente por el agua libre, así como por otro tipo de líquidos de menor importancia.

FASE GASEOSA: Formada principalmente por aire, pero pueden encontrarse otro tipo de gases, como vapores sulfurosos, anhídridos carbónicos, etc.

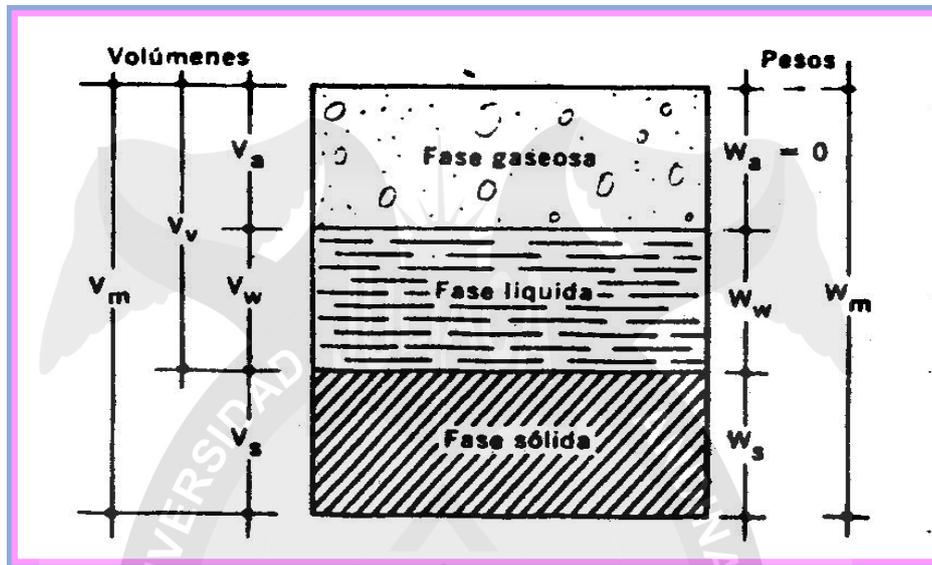
También se puede apreciar en los diferentes tipos de suelos, fases intermedias, es decir la combinación de dos fases de las tres existentes, teniendo los siguientes:

FASE INTERMEDIA SÓLIDA Y LÍQUIDA: Se presenta esta fase intermedia cuando se presenta la capa viscosa y es la responsable de presentar la fase intermedia, la que desaparece cuando el suelo es sometido a un secado es decir a una evaporación; donde la presencia de la capa viscosa desaparece.

FASE INTERMEDIA LÍQUIDA Y GASEOSA: Esta fase intermedia de los suelos está comprendido en el volumen de vacíos. Porque diferentes tipos de suelos yacientes debajo del nivel freático son íntegramente saturados.

Existen suelos que contienen materia orgánica en diferentes cantidades, predominando residuos vegetales parcialmente descompuestos. Desde el punto de vista de las propiedades mecánicas del suelo, el contenido de materia orgánica y las capas adsorbidas son muy importantes; no es preciso considerarlos en el protocolo de determinación de pesos y volúmenes relativos de las fases principales, como fase sólida, fase líquida y fase gaseosa. (Bowles, 1982).

FIGURA 2: ESQUEMA DE UNA MUESTRA DE SUELO, COMO INDICADOR DE LOS



FUENTE: Mecánica de Suelos. JUÁREZ BADILLO – RICO RODRÍGUEZ (2001).

Fácilmente se puede determinar el peso de las muestras de suelos húmedas, el peso de las muestras de suelos, los que son secados al horno y el peso específico relativo de los suelos; todas estas pruebas se realizan en laboratorios de Mecánica de Suelos.

Empero, estas magnitudes no son las únicas pruebas, es necesario medir algunas otras magnitudes, como el de tipo volumétrico y gravimétrico; pruebas que deben ejecutar con el dominio del protocolo respectivo, por ser los de mayor importancia.

El figura N° 1, muestra las fases principales de una muestra de suelo, y el uso más común, representados mediante símbolos. (Bowles, 1982).

Cuyos símbolos del gráfico tienen los siguiente significados: (Bowles, 1982).

V_m = Volumen de la masa. Es el Volumen total de la muestra de suelo.

- V_s = Volumen de sólidos. Es el Volumen de la fase sólida de la muestra.
- V_v = Volumen de vacíos. Es el Volumen de los vacíos de la muestra de suelo.
- V_w = Volumen de agua. Es el Volumen de la fase líquida contenida en la muestra.
- V_a = Volumen de aire. Es el Volumen de la fase gaseosa de la muestra.
- W_m = Peso de la masa. Es el Peso total de la muestra del suelo.
- W_s = Peso de los sólidos. Es el Peso de la fase sólida de la muestra de suelo
- W_w = Peso del agua. Es el Peso de la fase líquida de la muestra-
- W_a = Peso de la fase gaseosa. Considerado como nulo en Mecánica de Suelos. (Bowles, 1982).

Para realizar el análisis del peso sólido, es decir del suelo seco primero se debe eliminar la fase líquida. El agua absorbida por el suelo no desaparece totalmente por presentarse en forma de película, luego de ser sometido el suelo a evaporación en un horno; a temperaturas de entre 105°C a 110°C, definiendo convencionalmente en Mecánica de suelos, como estado seco de un suelo, que son suelos sometidos a procesos de evaporación, durante un período suficiente largo entre 18 a 24 horas hasta llegar a un peso constante. (Bowles, 1982).

2.2.4. GRANULOMETRÍA DE SUELOS

Una de las características más peculiares de los suelos es la granulometría, diferenciando los suelos de acuerdo como se presentan

caracterizados los suelos según al tamaño de las partículas presentes; como grava, gravilla, arena, arcilla, limo, entre otras.

En una porción de suelo necesariamente se debe determinar cuantitativamente la granulometría, para ello generalmente es necesario conocer el tamaño de las partículas de una muestra de suelo, siendo la propiedad más utilizada para la clasificación de suelos.

Para determinar el ensayo se sigue el protocolo siguiente: 1) Se determina la masa de suelo seco y además debe encontrarse desmenuzado, para ello utilizar una balanza. 2) Para el desmenuzado se utiliza la retención entre dos tamices consecutivos de acuerdo a una determinada serie. 3) Se calcula la proporción en masa de lo retenido con respecto a la muestra total.

Estableciéndose de esta forma el ensayo, finalizando de esta forma el proceso, donde la proporción en masa pasa por cada tamiz respectivamente, la que está expresada en porcentaje, marcando el límite de las posibilidades del tamizado, con tamices aproximados de 0.070 mm.

Sin embargo la separación de partículas de tamaños inferiores como son partículas del limo y las arcillas es muy difícil, hasta se presenta dudosa, para ello necesariamente se debe recurrir a diferentes ensayos de granulometría, es aconsejable determinar por sedimentación; para conocer la granulometría de limos y arcillas.

Las fracciones de estas pruebas se representan a través de un gráfico; es por eso que la curva granulométrica; se realiza por razones prácticas en ejes semi logarítmicas; el tamaño de las partículas son seleccionadas conocidas como luces de los tamices, la que debe ubicarse en el eje de las abscisas logarítmicas y los porcentajes pasantes deben ser

ubicadas en el eje de las ordenadas.

Generalmente en la representación gráfica, son representados a la izquierda los tamaños mayores; lo que me resulta una curva descendente dirigida de izquierda a derecha; sin embargo en otros sectores los tamaños más pequeños se ubican a la derecha.

En el mundo se utiliza la ASTM americana, que es una de las series más utilizadas. Los números de la serie fina de granulometría coinciden con la cantidad de mallas cuyas medidas se realizan en pulgadas, así como el tamiz N° 40 indica mallas por pulgadas cuadrada; es por eso que los tamices de la serie gruesa se designan según su luz de malla medidas en pulgadas. Matemáticamente las aberturas entre dos tamices consecutivos es: (Juárez, Rico, 2001).

$$\sqrt[4]{2} = 1,189$$

Las principales diferencias en granulometría de los suelos no solamente es un tamaño característico de gránulos sino también la proporción que presenta cada fracción de muestra que se encuentra en él. Para determinar el origen del suelo, se realiza por una simple inspección de la curva granulométrica. Citando las propiedades que dependen de la granulometría son: (Juárez, Rico, 2001).

- **LA POROSIDAD:** La porosidad de los suelos está vinculada a una mayor proporción de aire por unidad de volumen, la que conlleva a una compacidad máxima menor. Consecuentemente, la densidad del suelo está influenciada por la granulometría que presentan los suelos. (Juárez, Rico, 2001).

- **LA PERMEABILIDAD:** Los suelos presentan permeabilidad, el cual depende del tamaño de los espacios que dejan los gránulos presentes en los suelos, y estos espacios son los que determinan el movimiento y velocidad del agua así como su desplazamiento. El comportamiento de los suelos dependen de los espacios porosos que presentan actuando como filtro y drenaje de los mismos. (Juárez, Rico, 2001).
- **LA RESISTENCIA A ESFUERZOS CORTANTES (ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO):**
Para resistir a esfuerzos cortantes las muestras de los suelos tienen la capacidad de las partículas a interaccionar unos con otros, dependiendo de la granulometría que presentan las muestras, que específicamente depende del factor intrínseco, dependiente del ángulo de rozamiento; se considera otro factor principal e importante que es el factor extrínseco que conlleva a una presión efectiva de confinamiento, la que puede ser presente o pasada. (Juárez, Rico, 2001).

Aparte de la curva granulométrica, se presentan dos indicadores que son: el coeficiente de uniformidad (C_u) y el coeficiente de curvatura (C_e). Para realizar el cálculo de ellos se utiliza la variable D_x , la que está definida como el espacio que encontramos entre partícula y partícula, conocida también como la luz del tamiz, pasando un cierto porcentaje de muestra. Definiéndose el coeficiente de uniformidad como:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

El coeficiente de uniformidad está relacionado con el origen del suelo.

Los suelos que presentan valores bajos de C_u : presentan granulometrías muy uniformes, encontrando suelos con características específicas como las arenas de playa o las eólicas, teniendo coeficientes de uniformidad con valores menores de 2. Sin embargo en el otro extremo se encuentra los suelos no uniformes. El coeficiente de curvatura se define como: (Juárez, Rico, 2001).

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60}D_{10}}$$

Gráficamente la curva granulométrica es reflejada por la curvatura, en suelos bien graduados, este coeficiente tiene valores comprendidos entre 1 y 3. (Juárez, Rico, 2001).

2.2.5. LÍMITES DE ATTERBERG

Para que un suelo no presente fracturas es importante la plasticidad la que permite ser moldeado, es decir un cambio permanente de forma inducida. La plasticidad se da de acuerdo al comportamiento de los componentes minerales presentes en los suelos arcillosos, en esencia la plasticidad se debe a la presencia de los componentes minerales conjuntamente con el agua absorbida y ambos se cargan eléctricamente

haciendo que se mantengan elevadas deformaciones.

Para que un suelo presente plasticidad depende de la naturaleza de sus componentes arcillosos y de la humedad que presenta, se consideran dos estados límite; suelo disuelto en agua y suelo totalmente seco, esto es lo referente al contenido de agua.

El suelo disuelto en agua tiene un comportamiento viscoso y no plástico, y el suelo totalmente seco; es frágil y no presenta plasticidad. Se dan diferentes situaciones intermedias entre ambos extremos.

Es una propiedad intrínseca las humedades y el contenido de agua que presentan los suelos, para alcanzar consistencia; por depender de esta para que un suelo presente plasticidad.

Mediante los límites de consistencia o prueba de Atterberg, se realiza la cuantificación de la plasticidad de los suelos. Se denomina prueba de Atterbeg, porque la prueba en 1911 fue establecido por el ingeniero agrónomo sueco Atterberg, la prueba consiste en medir la plasticidad de los suelos, determinando las humedades para alcanzar dos estados límite de consistencia.

PRIMER ESTADO LÍMITE DE CONSISTENCIA: El Límite Líquido se encuentra Definido por la humedad que presenta un cierto tipo de suelo que alberga una cierta cantidad de energía. Como el valor de la humedad se evalúa a través del Límite Líquido, que generalmente presenta una cohesión de alrededor de 2 KPa; medida que fue propuesta por Casagrande; habiendo diseñado un aparato denominado cuchara de Casagrande normalizado en 1932, la que se utilizó para realizar de forma Mecánica el ensayo ideado por Atterberg. Cuando en el suelo ocurre un surco de 2mm de ancho, se cierra

automáticamente a lo largo del fondo a una profundidad de 13 mm. Cuando se deja caer 25 veces la cuchara la que se realiza desde una altura de 10mm.

SEGUNDO ESTADO LÍMITE DE CONSISTENCIA: El Límite Plástico, está definido por la humedad con que los denominados rollos o bastones delgados de los diferentes suelos se empiezan a agrietarse al intentar amasarlos. El límite plástico, presenta una cohesión de aproximadamente de 200KPa. La que corresponde al valor de la humedad, definida como humedad del suelo, imposibilitando la producción en el suelo de cilindros de aproximadamente 3 mm., de diámetro sin que se produzcan agrietamientos; el suelo no presentaría plasticidad, si la humedad fuera menor.

Desde mediados del siglo XX, Los ensayos antes mencionados fueron utilizados frecuentemente teniendo gran utilidad por ser manuales, la que es especializada.

Se han desarrollado en la actualidad otros ensayos, los que están basados en acciones Mecánicas, como es característico de un suelo húmedo que presenta huellas al caer sobre él un cono normalizado.

Ensayos adoptados en diferentes países, y posterior generalización de su uso. (Juárez, Rico, 2001).

Para el estudio de suelos se utilizan los límites líquido (LL) y los límites plástico (LP); con los mismos se obtiene tres índices: El índice de plasticidad (IP) el índice de consistencia (I_c) y el índice de fluidez (I_f). Para calcular estos índices se tienen las siguientes formulas:

$$IP = LL - LP$$

$$I_c = \frac{LL - h}{LL - LP}$$

$$I_f = \frac{h - LP}{LL - LP}$$

Para la humedad del límite líquido El índice de consistencia tiene un valor de 0 y para la del límite plástico tiene un valor de 1, así mismo el límite de fluidez tiene un valor de 0 para la humedad del límite plástico y el valor de 1 para el límite líquido. (Juárez, Rico, 2001).

2.2.6. SUELOS GRANULARES Y SUELOS COHESIVOS.

Las propiedades de un suelo sirven para clasificado con mayor o menor precisión. Pero, simplificando, existen dos tipos de suelos bien diferenciados: los granulares y los cohesivos. Las muestras de suelos granulares provienen de la alteración física de las rocas.

Esta alteración está en el origen de la forma de sus partículas (redondeada o angulosa). Contienen una proporción reducida de finos, por lo que la plasticidad es nula o muy baja. No tienen una cohesión apreciable y, por tanto, la resistencia es debida únicamente al rozamiento interno. Sus propiedades derivan fundamentalmente de la granulometría. Dentro de los suelos granulares, es posible distinguir, a su vez, entre gravas y arenas.

Éstas presentan una cierta capacidad de retener agua por tensión capilar, lo que, cuando están húmedas, provoca un cierto apelmazamiento de los granos; además, el flujo de agua a través de ellas no es turbulento, incluso para gradientes de presión muy altos. En todo caso, la naturaleza de las partículas en los suelos granulares es variable; predominan las partículas

de naturaleza silíceo o caliza, pero también pueden ser de origen volcánico.

Por el contrario, los suelos cohesivos están constituidos por minerales arcillosos constituidos por silicatos hidratados de aluminio (AL), hierro (Fe), magnesio (Mg) u otros metales con cationes metálicos: sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca). Los minerales arcillosos se forman mediante procesos de alteración química. Sus estructuras están constituidas por tetraedros u octaedros de sílice (Si O_4) combinados en capas. La composición de estas capas es la que caracteriza a cada uno de los minerales distintos que forman el grupo de las arcillas. (Bowles, 2001).

A modo de ejemplo, la caolinita se compone de capas de tetraedros y de octaedros alternadas, mientras que la montmorillonita está formada por módulos de dos capas de tetraedros que tienen dentro una de octaedros. Estas diferencias dan lugar a grandes disparidades en su comportamiento. Así, la unión entre dos capas de tetraedros es más débil que entre la que hay entre una capa de tetraedros y otra de octaedros, por lo que la montmorillonita puede absorber mucha más agua que la caolinita, y de esto deriva el que aquélla sea mucho más expansiva que ésta.

En general, los suelos cohesivos presentan una gran superficie específica debido al pequeño tamaño de sus partículas, inferior a 0,063 mm. Presentan, en consecuencia, una gran capacidad de absorber agua, lo que se traduce en variaciones de volumen producidas por la variación de la humedad. Los suelos cohesivos se hinchan y se contraen, pudiendo presentar una pérdida de capacidad resistente. Su componente de resistencia primordial a corto plazo es la cohesión sin drenaje, mientras que a largo plazo (años su comportamiento está gobernado por el ángulo de

rozamiento interno, que es en todo caso más bajo que en suelos granulares. Por ello es necesario estudiar su comportamiento tanto a corto como a largo plazo. Los limos son suelos finos formados por partículas normalmente entre 0,060 y 0,002 mm., que no llegan a presentar plasticidad elevada, aunque sí suelen ser algo plásticos. En seco, los terrones pueden ser desmenuzados con los dedos y, al contrario que en las arenas, la erosión eólica tiene mucha importancia en su formación.

En ellos los asientos duran un tiempo largo, pero no tanto como en las arcillas. Hay que tener en cuenta que en las explanaciones los suelos deben, finalmente, proporcionar: (Bowles, 2001).

- Una superficie de apoyo uniforme.
- Con capacidad de soporte suficiente.
- Con adecuada capacidad de drenaje.
- Que no presente cambios de volumen por cambios de humedad o por la helada.
- Asientos nulos o muy pequeños bajo las acciones procedentes del tráfico. (Bowles, 2001).

Desde este punto de vista, los mejores son los suelos granulares con una baja proporción de finos. En realidad, los suelos existentes en la naturaleza no responden a uno de estos tipos puros, sino que están formados por distintas proporciones de cada uno de ellos. Así, se habla de la fracción granular y de la fracción limo-arcillosa de un suelo. La necesidad de trabajar en la práctica habitualmente con suelos mixtos es precisamente

la que origina las clasificaciones de suelos. (Bowles, 2001).

2.2.7. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Para estabilizar los suelos y hacerla más estable, se siguen dos procesos:

EL PRIMER PROCESO: consiste en compactar mecánicamente el suelo y así aumentar la Densidad de un suelo.

EI SEGUNDO PROCESO: Tomar una muestra granulométrica y mezclar con otro material que carece de esas características.

Para ejecutar la estabilización de suelos, incluye procedimientos para mejorar las propiedades del suelo los que son útiles para la estabilización de la estructura de los suelos. De acuerdo a los autores Rico y Del Castillo, afirman que para el mejoramiento de suelos que se aplican son la compactación como un método de mejoramiento de suelo, dentro del conjunto de métodos a aplicarse.

Es necesario la estabilización de los suelos cuando se construirán vías terrestres, para ello se aplican técnicas particulares para mejorar el comportamiento del esfuerzo de suelos deformados.

Los suelos que presentan, resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad, la presencia de compresibilidad, la estabilidad volumétrica frente a la presencia de agua, entre otros; requieren del mejoramiento de los suelos; la que buscan un buen y adecuado comportamiento de suelos a lo largo de su vida útil; para ello se coloca estructuras sobre ellos, cuando ocurre deformación por esfuerzo de suelos; particularmente en climas áridos o semiáridos, especialmente en terrenos arcillosos, donde se presentan

ganancia o pérdida de agua, altamente problemas relacionados con las inestabilidades volumétricas . (Bowles, 1982).

2.2.8. CLASIFICACIÓN DE SUELOS CON FINES DE ESTABILIZACIÓN

Los suelos con fines de estabilización se basan generalmente en el sistema de Northcote, tomando en cuenta el tamaño de las partículas, la forma de las partículas y en la distribución o arreglo de las partículas; de acuerdo a la textura que presenta el suelo en la forma en que están agregadas las partículas de arena, limo y arcilla desde el punto de vista científico Geotécnico.

Estos suelos con fines de estabilización, se sub dividen en subgrupos, de acuerdo al cumplimiento de características visibles, como son; presencia de Color, presencia de Concreciones, rellenos en las grietas, rellenos en las fisuras, etc., también los suelos con fines de estabilización cumplen con características No detectables a simple vista; como es el PH de los suelos, ya que puede ser suelo alcalino o suelo ácido, detectable con una prueba química.

Es razonable que, mientras se conozca mejor las características físicas y químicas que presenta el suelo, mejor se aplicará el protocolo para el sistema de estabilización, parámetros esenciales a tomar en cuenta para el reconocimiento de suelos; de acuerdo al Sistema Northcote.

PRIMER PASO: Para determinar la composición y propiedades de un suelo, es a través de un reconocimiento visual y manual ; evaluando la textura del suelo.

SEGUNDO PASO: En los suelos se determina el tipo de minerales que se encuentran en ella; por ser dependientes para la estabilidad volumétrica, la

cohesión de sus partículas especialmente la forma como reacciona el suelo ante una estabilización de los mismos.

Para determinar los diferentes tipos de minerales, que se encuentran en los suelos se realizan las evaluaciones utilizando microscopios electrónicos, difracción de rayos X, espectrometría con rayos infrarrojos y por análisis químico.

Generalmente de las decenas de minerales que se encuentran en los limos y arcillas contenidos en los suelos, para el caso de estudio de suelos para una red vial es importante reconocer un aproximado de 10 tipos de minerales, los más importantes para ingeniería, según el sistema de Northcote.

La mayoría de los grupos minerales presentes en los suelos, se puede reconocer con cierto grado de aproximación, utilizando una prueba base que es la observación así mismo aplicar pruebas sencillas de campo.

El método Northcote se basa en tres premisas que son las siguientes: (Kraemer, 2009).

- a) **PRUEBA DE OBSERVACIONES GENERALES:** Generalmente la observación se realiza DEL LUGAR Y DEL PERFIL DE SUELOS, para ello es necesario aperturar y efectuar pozos a cielo abierto para extraer muestras inalteradas. Es de utilidad el análisis de cortes existentes en la región o extraer muestras alteradas, en donde se toma nota de los colores del suelo y del agua en los encharcamientos cercanos. (Kraemer, 2009).

- b) **PRUEBA DE LA TEXTURA DEL SUELO:** La prueba de textura del suelo se realiza utilizando agua de lluvia o se puede utilizar agua destilada. (Kraemer, 2009)
- c) **PRUEBA DE INMERSIÓN DEL SUELO:** La prueba e inmersión del suelo se sumerge completamente en agua de lluvia o destilada; a la prueba se le designa como “**prueba del grumo**”, para el mismo No se deben agregar agentes dispersantes, ni humedecedores.
- d) **PRUEBA SEL GRUMO:** Consiste en colocar un pequeño grumo del tamaño de un frijol secado al aire utilizando un vaso de precipitado lleno de agua destilada o de agua de lluvia; por ello es imprescindible que no se altere el Grumo, salvo el secado se puede alterar, antes de su inmersión en agua; por lo que se observa el comportamiento del grumo, por un lapso de 10 minutos, después de la inmersión.(Kraemer, 2009).

Las observaciones de campo deben ser minuciosas y en forma apropiada, observaciones que deben anotarse detalladamente, así como su localización del suelo debe ser precisa; por lo que los datos que tradicionalmente se registran son los siguientes:(Kraemer, 2009).

- Medir la Profundidad desde la superficie.
- Registrar el Color

- Registrar las Inclusiones, Indicar si se trata de carbonatos, hierro, raíces, materia orgánica.
- Registrar la Textura y consistencia.
- Registrar la Dispersión en agua.
- Registrar el Tipo de perfil.
- Registrar la Geología del Suelo. Tipo de rocas o formaciones en la región.
- Registrar Aguas superficiales. Coloración, turbidez, etc.
- Registrar la Erosión. Tipo de erosión.
- Registrar la Presencia de deslizamientos.
- Registrar la existencia de Micro relieve en los suelos.
- Registrar Mineral Inferido. (Kraemer, 2009).

Alrededor de cada Grumo, se forman los halos el que me permite detectar la dispersión; fácilmente visibles contra un fondo oscuro, si la formación de los halos son más pronunciados más elevada será la dispersión.

La muestra de suelo decantado en el líquido permanecerá claro durante menos de 10 minutos será un signo de la ausencia de dispersión. Si no se reconoce fácilmente la presencia de carbonatos, esta se puede verificar mediante la efervescencia del suelo al colocar una gota de ácido en éste. El ácido de una batería puede ser suficiente. La finalidad de reconocer a los suelos tanto visual como manualmente es permitir tomar decisiones lógicas respecto al tipo de estabilización más adecuado así como las pruebas a efectuar. De esta manera se pueden lograr economías

considerables sin riesgos para el proyectista de la estabilización. Para lograr que el reconocimiento de los suelos sea más efectivo debe complementarse con el conocimiento de las propiedades del suelo y de sus componentes. (Kraemer, 2009).

2.2.9. ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS Y PRODUCTOS EMPLEADOS

Para la estabilización de los suelos se debe tener en cuenta la estabilidad volumétrica, la estabilidad respecto a la resistencia mecánica, respecto a la permeabilidad, estabilidad respecto a la durabilidad así como la compresibilidad, en suelos que presentan las diferentes variaciones mencionadas. Para ello se proyecta un diseño adecuado para la estabilización de los suelos, con el uso adecuado de agentes estabilizantes, la que debe seguir un **PROTOCOLO**; **Primero**: se realiza una adecuada clasificación del suelo. **Segundo**: Con la clasificación se determina el tipo de estabilizante a utilizar. **Tercero**: Con la clasificación de suelo también se determina la cantidad de agente estabilizante que se requerirá.

El método a utilizar depende, al uso que se le dará al suelo una vez que esté estabilizado. A continuación se presenta algunos productos para la estabilización de suelos:(Fernández, 1982)

2.2.9.1. ESTABILIZACIÓN CON PRODUCTOS QUÍMICOS

Para estabilizar los suelos se han utilizado diferentes productos químicos, con los cuales se ha llegado a resultados satisfactorios; para ello generalmente se utilizan productos básicos, y es poco común estabilizar suelos con productos ácidos.

Para el uso de productos químicos, con fines de estabilización de los suelos es necesario contar con asesoría de especialistas en el uso de productos químicos, en todo el proceso de estabilización de suelos, como son : etapas de diseño, construcción de la estabilización del suelo, por involucrar riesgos y peligros para las personas ejecutantes así como para el mantenimiento y conservación del equipo.(Fernández, 1982)

2.2.9.2. ESTABILIZACIÓN CON SALES

Los suelos también son estabilizados por neutralizar los productos químicos haciendo reaccionar un compuesto ácido con un compuesto que actúa como base; es así que se tiene a las siguientes sales, cloruro de sodio (NaCl), cloruro de calcio (CaCl_2), cloruro de potasio (KCl); son sales neutras; por no contener exceso de iones de hidrógeno (H^+), ni hidroxilo (OH^-).

Es por eso que se denominan sales ácidas a compuestos que No contengan exceso de iones de hidrógeno, así como se tiene la sal de bicarbonato de sodio (NaHCO_3), de la misma forma a los compuestos que No contengan exceso de iones hidroxilo (OH^-) se les denomina como sales básicas.

Sin embargo en los laboratorios químicos se han estudiado, muchas sales: como, Cloruro de sodio (NaCl), cloruro de calcio (CaCl_2), Nitrato de sodio (NaNO_3), carbonato de sodio (Na_2CO_3), cloruro de bario (BaCl_2), cloruro de magnesio (MgCl_2), cloruro de potasio (KCl); el costo de estos estabilizantes es elevado, la que limita el uso frecuente además la disponibilidad es limitada; la que hace el uso de algunas sales,

siendo las más utilizadas el cloruro de sodio (NaCl) y el cloruro de calcio (CaCl_2). (Fernández, 1982)

2.2.9.3. ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE CALCIO (CaCl_2)

El cloruro de calcio (CaCl_2) es obtenido mediante procedimientos químicos en procesos industriales; como subproducto por la elaboración de carbonato de sodio (NaCO_3). en forma de salmuera; también se puede encontrar en algunos pozos y arroyos naturales.

Se ha demostrado que la **SOLUBILIDAD** de:

- 60 gr. De (CaCl_2), es soluble por cada 100 c.c. de agua destilada a una temperatura de 0°C .
- 159 gr. De (CaCl_2), es soluble por cada 100 c.c. de agua destilada a una temperatura de 100°C .

La adición de cloruro de calcio a los suelos disminuyen las fuerzas de repulsión entre las arcillas; así mismo se conoce que la adición de cloruro de calcio refuerza eléctricamente a las películas de agua que rodea a las partículas, incrementando la cohesión de las mismas.

Se reduce el potencial eléctrico por el intercambio de cationes; un catión calcio Ca^{+2} , por dos cationes Na^{+1} , es por eso que se reduce la doble capa en su espesor, en consecuencia se reducen las fuerzas de repulsión entre las películas.

Según el tipo de suelo que se presentan, con la adición de 0.5 % a 3% de cloruro de calcio (CaCl_2), se ha encontrado un aumento hasta un

11% respecto a los pesos volumétricos; Pero en un suelos arcillosos que contienen (CaCl_2) disminuyen el peso volumétrico.

El cloruro de calcio (CaCl_2) permite mantener en forma constante la humedad del suelo, sin embargo la sal no es confiable por que la sal de cloruro de calcio (CaCl_2) es fácilmente lavable.

Cuando las condiciones de humedad es alta en el medio ambiente, se reduce la evaporación y es capaz de absorber hasta 10 veces su propio peso; mantiene la humedad en sus dos terceras partes por un día de calor seco, haciendo que la sal (CaCl_2) es bastante eficaz para evitar la formación de polvo, para el caso de pistas con tránsito muy ligero.

Sin embargo existen limitaciones para el empleo del cloruro de calcio (CaCl_2), entre las más importantes se tienen: (Fernández, 1982)

- Cuando el medio ambiente tenga una humedad relativa superior al 30%.
- Cuando los minerales pasen la malla 200 y reaccionen favorablemente con la sal.

Cuando el nivel freático no se encuentre a distancias que provoquen la emigración de la sal.(Fernández, 1982)

2.2.9.4. ESTABILIZACIÓN CON SILICATO DE SODIO (Na_2SiO_3)

El silicato de sodio (Na_2SiO_3) posee un amplio intervalo en sus propiedades físicas y químicas, por tal motivo se ha utiliza como adhesivo, catalizador, cementante, defloculante, detergente, etc. en soluciones es inodoro e incoloro actuando como jabón fuerte, su manejo debe ser con cuidado por causar daño a los ojo.

Para su empleo en carreteras, la estabilización de suelos con compuestos de silicatos de sodio se han ido utilizando desde los años 1945; en suelos arenosos y climas moderados se han obtenido los mejores resultados .

Desde esos años muchos investigadores han evaluado la efectividad del silicato de sodio, en la estabilización de los suelos cuando únicamente se han utilizado el silicato de sodio; y otras veces se utiliza junto a otros productos químicos.

Si solo se emplea el silicato de sodio la efectividad se da en suelos arenosos exclusivamente acompañados de climas moderados; sin embargo para otros tipos de suelos son empleados el silicato de sodio y otros compuestos químicos.

Cuando en los suelos se encuentran presentes sales de calcio diluidas en agua, se puede asegurar que es adecuado para estos suelos, el uso de silicato de sodio, por originar silicatos gelatinosos de calcio insoluble; y luego de combinarse se origina silicatos gelatinosos de calcio insolubles, lo que permite hidratarse produciendo un agente cementante excelente.

Para aumentar la resistencia de los suelos disgregado, al abatir la expansión, abatir el índice plástico, es adicionar a un tipo de suelos silicato de sodio, la que permite incrementar la permanencia del agua de compactación.

Cuando reaccionan el suelo con silicato de sodio, se observa un intercambio aniónico, formando corazas de silicatos alrededor de las

partículas de suelos, los que son insolubles además la combinación del suelo y el estabilizante ocasionan una acción cementante.

En el Instituto Tecnológico de Massachusetts de acuerdo a investigaciones encontraron otros tipos de sales como el sulfato de cobre, sulfato de bario, sulfato de aluminio, sulfato de magnesio, etc., los que no producen cambios significativos en los suelos, sin embargo en algunos suelos presentan mejoría, los que no son significativos, y su costo de las sales es elevado. (Fernández 1982)

2.2.9.5. ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE SODIO (NaCl)

Los suelos se estabilizan con cloruro de sodio NaCl, es por ello que presentan mayor tensión superficial; las soluciones que tienen cloruro de sodio NaCl disuelto, respecto al agua destilada; así mismo la adición de sal (NaCl) al agua este abate la presión de vapor; sin embargo en 1% de NaCl aumenta la tensión superficial en 1 a 2 dinas por cm^2 .

Los cambios que ocurren en los suelos, dependen de la solubilidad de la sal (NaCl); debido a la adición de sal (NaCl) en diferentes puntos; así como en el Punto de Congelación, en el punto de la tensión superficial, y en el punto de la presión de vapor.

La disolución de la sal (NaCl) en el agua, se realiza rápidamente porque se incrementa poco a poco, sin embargo como la sal disuelta se va incrementando y elevando; las siguientes porciones de sal que se incrementan al agua se van dificultando, porque la sal disuelta se va saturando la que me indica que la sal ya no se disolverá. Se incrementa la tensión superficial, al agregar sal (NaCl) reduciendo la evaporación del agua.

Cuando el cloruro de sodio se cristaliza en la superficie y en los vacíos de los suelos, la superficie empieza a secarse, la que permite formar una barrera que impide posteriores evaporaciones; esto ocurre cuando la aportación de agua a una superficie expuesta es menor que la evaporación.

Se ha utilizado de forma exitosa el cloruro de sodio (NaCl), en las terracerías de las Salinas de Guerrero Negro, California, en suelos de la ciudad de México, en donde los suelos están constituidos por arenas de mar compactadas con agua salada de mar la que es constante.

Sin embargo se han experimentado en aeropistas de Loreto e Islas Marías en Perú, donde las bases han sido compactadas con agua de mar, y los tratamientos superficiales, posteriormente se han desprendido formando ámpulas que, por efectos abrasivos de las llantas se destruyen fácilmente.

Es importante tener conocimiento de la reacción particular entre la sal y el suelo, así como la estabilización lograda y sus efectos colaterales que causaría, en la estructura del camino. A medida que el límite líquido es más alto, se logra mayor durabilidad y efectividad de las bondades del cloruro de sodio.

Por todo lo mencionado, los suelos se estabilizan con cloruro de sodio NaCl, y este estabilizante se obtiene o se produce por tres métodos, los mismos que son:

PRIMER MÉTODO: Este método Consiste en el uso del calor del sol, produciendo de forma natural la evaporación del agua salada, obteniéndose los residuos de la sal; siendo este un método antiguo.

SEGUNDO MÉTODO: Este método consiste en la extracción de sal pura de las mismas minas de sal.

TERCER MÉTODO: Este método es el más reciente, el que consiste en la evaporación del agua de mar, para la que se utiliza hornos.

Luego de la obtención del cloruro de sodio por los diferentes métodos, estos se presenta en forma de cubos que son cristales puros de sal, los que se solubilizan con facilidad en el agua, son higroscópicos siendo fácil de ser conseguidos en el mercado, los que son cristales grandes si provienen directamente de las minas; o polvo fino, presentando diferentes grados de pureza (la ASTM y la AASHTO han fijado especificaciones al respecto).

Se han reportado en investigaciones, que para evitar el congelamiento del agua se han utilizado de 2 a 3 % de cloruro de sodio, obteniéndose una temperatura de 2 °C. (Fernández, 1982).

La adición de sal en un suelo arcilloso produce una disminución en la contracción volumétrica o lineal, manteniendo más unidas las partículas no arcillosas, porque se producen cambios físicos, como la formación de costra superficial y la variación en la humedad.

Según lo manifiestan algunos investigadores, la adición de sal en una arcilla produce un decremento en la contracción volumétrica o lineal y estos cambios físicos, la formación de costra superficial y la reducción de la variación en la humedad, mantienen más unidas las partículas no arcillosas

Cuando ocurre un ataque abrasivo del tránsito, se observa menos desprendimiento de las partículas no arcillosas que se encuentran en la superficie.

Las técnicas empleadas para la incorporación de sal a un suelo, son las mismas empleadas que otros tipos de aditivos las que varían desde sofisticadas mezcla realizadas en plantas de alta tecnología con alto grado de control, hasta una simple mezcla con un equipo tradicional, utilizados en la construcción de pavimentos. (Fernández, 1982)

PROTOCOLO DEL USO DE EQUIPO TRADICIONAL

- Escarificación
- Disgregación
- Adición de cloruro de sodio
- Adición del agua
- Mezclado con moto conformadora
- Tendido y compactación.

La práctica común, es adicionar el cloruro de sodio en forma de solución, generalmente el mezclado se realiza en planta.

Para la estabilización con cloruro de sodio se debe tener en cuenta las siguientes limitaciones: (Fernández, 1982)

- El cloruro de sodio es muy útil en climas con problemas de congelamiento.
- Se puede esperar un mejor resultado si el suelo contiene material fino que reaccione con la sal.
- La materia orgánica inhibe la acción de la sal.
- El rodillo pata de cabra no ha dado buenos resultados en la compactación de suelos con sal adicionada.

- Es indispensable la intervención de un técnico especializado en todo estudio de estabilización con sal, incluyendo las pruebas correspondientes. (Fernández, 1982)

2.2.10. PROPUESTA DE ESTABILIZACIÓN CON ADICIÓN DE CAL A SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

Se considera los siguientes criterios:

- Justificación de compatibilidad de cal a suelos para su estabilización.
- Análisis de las proporciones cal - suelo para optimización de la estabilización.

2.2.10.1. JUSTIFICACIÓN DE COMPATIBILIDAD DE CAL PARA USO DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA".

Para justificar la compatibilidad de cal; este se produce por la calcinación de rocas calizas, sometidas a temperaturas de entre 880 a 900° C, en la que la cal está constituido principalmente por el óxido de calcio (CaO) y otros componentes.

Se produce un aumento en su límite líquido y mayor incremento en su límite plástico del suelo, para generar así una disminución en su índice plástico; aumentando la estabilidad volumétrica de los materiales cohesivos y la resistencia a la compresión simple y el CBR; cuando ocurre la adición de cal en suelos que contienen materiales arcillosos para

terracerías, revestimientos, sub – base y bases, por sus diferentes reacciones, en mayor y menor grado.

Para el tratamiento de suelos se puede utilizar: cal viva (óxido de calcio – CaO), cal hidratada (hidróxido de calcio - Ca) o una lechada de cal (es una suspensión de cal hidratada en agua, que puede elaborarse a partir de cal hidratada o de cal viva). (MTC. METG. 2010).

- **CAL VIVA.-** se produce la transformación química del carbonato de calcio (piedra caliza – CaCO₃) en óxido de calcio.
- **CAL HIDRATADA.-** La cal hidratada (hidróxido de calcio) es la relacionada con las partículas arcillosas y transforma permanentemente en una fuerte matriz cementante. se obtiene cuando la cal viva reacciona químicamente con el agua.
- **LECHADA DE CAL.-** La cal hidratada en agua suspendida se conoce como lechada de cal. El uso de la lechada de cal en el suelo permite evitar el polvo de cal producido durante el extendido y por otro lado, los suelos secos, es controlada, mejor por la humedad.

La finalidad más importante del uso de cal es; estabilizar los suelos, para el cual se utiliza la cal hidratada pero que sea en polvo, la que se presenta en polvo, envasada en bolsas de papel la que facilita el empleo y transporte. (MTC. METG. 2010).

2.2.10.2. ACCIÓN DE LA CAL SOBRE LOS SUELOS ARCILLOSOS

La acción de la cal presenta efectos particulares sobre los suelos arcillosos.

- Reacciones son rápidas (Minutos / horas); considerada como estabilización por modificación.
- Reacciones a largo plazo (semanas /meses); se considera como estabilización por cementación.

La acción de la cal produce incremento de la resistencia de suelos y rigidez del suelo perdiendo plasticidad. (MTC. METG. 2010).

2.2.9.3 DIFERENTES TIPOS DE CAL

Las diferentes variables de cal, que se presentan los óxidos e hidróxidos de calcio y magnesio, tienen formas físicas químicas. Presentándose diferentes tipos de cal:

A. CALES AÉREAS

Las Cales aéreas están compuestas por óxido e hidróxido de calcio y magnesio, estos por la acción del CO_2 presente en la atmósfera, endurecen lentamente al aire. No se endurecen con el agua porque no presentan propiedades hidráulicas, son obtenidos a partir de rocas calizas, que contienen carbonatos superiores al 95%.

B. CALES HIDRÁULICAS

Las cales hidráulicas, son obtenidas a partir de la piedra caliza que contienen arcillas (Sílice y Alúmina), y se endurecen en contacto con el agua. Durante la calcinación y la posterior hidratación se forman silicatos y aluminatos cálcicos de propiedades hidráulicas. (MTC. METG. 2010).

2.2.9.4 CALES UTILIZADAS PARA LA ESTABILIZACION DE SUELOS

Las CALES AÉREAS son utilizadas en la estabilización de suelos; las que presentan las siguientes formas:

1. CALES VIVAS.

Las cales vivas son producidas por calcinación de la caliza; y son cales aéreas que se componen principalmente de óxido de calcio y óxido de magnesio.



Son comercializados en forma de granos por tener diferentes granulometrías también son vendidos molidas, incluso micronizadas. Sin embargo se conoce que en contacto con el agua se hidrata, produciendo elevado calor, conocido a esta reacción como exotérmica. Cuando se calcinan calizas se obtienen al mismo tiempo óxidos de calcio y magnesio, que también contienen en su composición carbonato de magnesio. (MTC. METG. 2010).

2. CALES HIDRATADAS

Las cales hidratadas provienen de la hidratación controlada de cales vivas. Las cales hidratadas son cales aéreas que se componen principalmente de hidróxido de calcio.



Esta cal hidratada es menos exotérmica por presentar menos calor, que la cal viva al entrar en contacto con el agua. (MTC. METG. 2010).

3. CAL EN FORMA DE LECHADA

La lechada de cal, es la suspensión de la cal hidratada en agua, como también se puede obtener de la cal viva, que al mezclarla con agua se obtendrá cal hidratada, formándose con el resto del agua la suspensión de lechada de cal. En el tratamiento de los suelos, la cal puede ser utilizada bajo forma de lechada, a continuación se da a conocer las siguientes ventajas:

- Suspensión del polvo producido en el extendido de la cal.
- Humidificación de los suelos secos.
- La lechada de la cal puede ser preparada en la fábrica o en el sitio, en depósitos o cubos equipados de un sistema de agitación, a partir de la cal viva o de cal hidratada. Una vez preparada la misma, esta se aplica directamente sobre el suelo. (MTC. METG. 2010).

2.2.11. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CAL

Una de las características físicas de la cal es:

FINURA.

La finura es una importante característica física de la cal, cuando interviene en el almacenamiento, en el transporte de la cal así como cuando se realiza la mezcla con el suelo. La hidratación de la cal viva con el agua produce; un producto micronizado con una auto

pulverización muy fina. Además, la finura puede intervenir en la reactividad de la cal. (MTC. METG. 2010).

2.2.11.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CAL

Entre las propiedades físicas de cal se considera a las siguientes propiedades:

COLOR.

Las cales comerciales presentan variedad de colores, uno de los colores es de color blanco o debidamente gris, otro de los colores es a veces de color rojizo, debido al óxido de hierro; que muchas veces se encuentra en el yacimiento. (MTC. METG. 2010).

DENSIDAD

La densidad de la cal viva depende de la temperatura de calcinación, es por ello que cuando más elevada es la temperatura de calcinación, mayor será densidad de la cal viva. (MTC. METG. 2010).

DUREZA

La dureza de las cal viva depende de la temperatura de calcinación; y esta varía entre cales muy blandas y cales con una dureza que se aproxima a la dureza de la piedra original de donde se obtuvo. (MTC. METG. 2010).

POROSIDAD

La porosidad en la cal viva es importante porque influye en la actividad química de la sustancia. Es por ello que la porosidad de

la cal depende del origen de la caliza y de las condiciones en que se lleve a cabo la calcinación. (MTC. METG. 2010).

PLASTICIDAD

La plasticidad es una propiedad física importante. La plasticidad se define como la capacidad que tiene una masa de cal, cuando esta es sometida a presión sin que se produzca la ruptura, la que cambia su forma manteniendo la forma alterada. (MTC. METG. 2010).

2.2.12. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE LA CAL

La cal presenta características químicas peculiares, las mismas que son:

CONTENIDO EN ÓXIDO DE CALCIO (CaO)

El óxido de calcio es el componente fundamental de la cal; presentando formas de óxido CaO en las cales vivas; y en forma de hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en la cal hidratada. (MTC. METG. 2010).

CONTENIDO EN ÓXIDO DE MAGNESIO (MgO).

El óxido de magnesio MgO, posee una acción análoga a la del óxido de calcio (CaO). También se puede presentar en forma de óxido (MgO), así como también se presenta como hidróxido ($\text{Mg}(\text{OH})_2$). (MTC. METG. 2010).

REACTIVIDAD DE LA CAL VIVA

La reactividad de la cal viva es la reacción de hidratación, la que indica la velocidad o cinética de la reacción.

La Reactividad de la cal viva es una función de características físicas y químicas del producto; y esta depende de la materia prima (caliza) utilizada, de la porosidad de la cal, del grado de calcinación, y de la finura que presentan la cal. en el momento de ensayo. El protocolo más utilizado se basa en el carácter exotérmico es decir la reacción que presenta calor, cuando reacciona el CaO y el H_2O , y la presencia de otros componentes minoritarios; las cales de carbonatos cálcico y magnesio, se evalúa mediante el contenido de CO_2 de las cales.

2.2.11.1 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA CAL

La cal presenta propiedades químicas específicas las mismas que son:

IMPUREZA

La cantidad de impurezas presentes en la piedra caliza original, es la responsable de la composición química y de las propiedades de la cal. (MTC. METG. 2010).

REACCIÓN DE LA CAL CON AGUA

Para la reacción de la cal con el agua, se utiliza la cantidad adecuada de agua exacta necesaria para la hidratación, con la que se obtiene la cal hidratada.

La cal viva reacciona vigorosamente con el agua formando hidróxido de calcio con desprendimiento de calor; a este proceso se denomina proceso exotérmico; y a este proceso se conoce también como hidratación o apagado de cal. (MTC. METG. 2010).

RECARBONATACIÓN

El óxido de calcio y el dióxido de carbono del aire, cataliza la humedad del aire durante la reacción. La reacción general se produce mediante la formación del hidróxido de calcio que luego reacciona con el dióxido de carbono. (MTC. METG. 2010).

2.2.13. PROCEDIMIENTO DE HIDRATACIÓN DE LA CAL

El hidróxido de calcio o cal hidratada, se obtiene al hacer reaccionar el Óxido de Calcio (CaO) más el agua, observando una reacción química con gran desprendimiento de calor, obteniéndose como resultado final el hidróxido de calcio, conocido como cal hidratada. Según procedimientos tradicionales, experimentalmente la hidratación de cal, se realiza utilizando el protocolo que consiste en agregar cantidades suficientes de agua al producto anhídrido.

- **HIDRATACIÓN DEL AIRE.**

La hidratación del aire consiste en poner la cal en contacto con el vapor de agua de la atmosfera para que absorban la humedad, extendiendo los terrones de la cal viva sobre una superficie plana protegiéndolo de la lluvia. El periodo de transformación es de tres meses absorbiendo anhídrido carbónico, carbonatándose dando buenos resultados como estabilizante del suelo. (MTC. METG. 2010).

- **HIDRATACIÓN POR ASPERSIÓN.**

Para hidratar por aspersion se utiliza un aspersor para rociar con una cantidad aproximadamente del 25% al 50% de agua de un

volumen total, sobre la cal extendida sobre una superficie, en capas. (MTC. METG. 2010).

- **HIDRATACIÓN POR INMERSIÓN.**

La hidratación por inmersión, se realiza colocando en cestos de mimbre terrones de cal viva, los que se introducen durante el lapso de un minuto en agua, a una temperatura de 26°C, hasta obtener un principio de efervescencia, luego se procede a sacar los cestos de mimbre, luego y verter en montones con la finalidad de reducir el polvo. (MTC. METG. 2010).

- **HIDRATACIÓN POR FUSIÓN.**

Para la hidratación por fusión los terrones de cal se introducen en un cráter, los que se colocan sobre arena, la que ha de formar la mezcla; posteriormente verter agua por tres veces su volumen para obtener la pasta. (MTC. METG. 2010).

- **HIDRATACIÓN DE AUTOCLAVE.**

La hidratación de autoclave consiste en colocar la cal viva, en recipientes de autoclave herméticamente cerradas, inyectando controladamente vapor de agua hasta lograr obtener cal de consistencia mucho más plástico. (MTC. METG. 2010).

2.2.14. QUÍMICA DEL TRATAMIENTO CON CAL.

La química del tratamiento con cal, ocurre inmediatamente cuando a un suelo arcilloso se añaden cal y agua.

SECADO.

Al utilizar la cal viva, químicamente se combina con el agua hidratándose inmediatamente liberando calor. El agua presente en el suelo, es evaporado por el calor, por lo que los suelos se secan. La cal hidratada reaccionará con las partículas de arcilla. Estas reacciones lentamente producirán un secado adicional, porque reducen la humedad, mejorando el soporte. El secado del suelo ocurre sólo por los cambios químicos, si se usa cal hidratada o la lechada de cal hidratada, en lugar de la cal viva, la que reduce la capacidad de retención del agua, aumentando la estabilidad. (MTC. METG. 2010).

MODIFICACIÓN

Los iones de calcio (Ca^{++}) de la cal hidratada emigran a la superficie de las partículas arcillosas, después de la mezcla inicial, desplazando a el agua y otros iones. El suelo se hace más fácil para trabajarla y compactarla En esta etapa, el Índice de Plasticidad del suelo disminuye drásticamente, también la tendencia a hincharse y contraerse. En el transcurso de horas ocurre el proceso, llamado "floculación y aglomeración". (MTC. METG. 2010).

ESTABILIZACIÓN

Para estabilizar el suelo, se añaden cantidades suficientes de cal y agua, elevando el pH del suelo haciéndolo básico $\text{PH}= 10.5$, permitiendo romper las partículas de arcilla. La determinación de la

cantidad necesaria de cal es parte del diseño y se estima por pruebas como la de Eades y Grim (ASTM D6276). Se liberan la sílice y la alúmina y reaccionan con el calcio de la cal para formar hidratos de calcio-silicatos (CSH) e hidratos de calcio-aluminatos (CAH). CSH y CAH que son productos cementantes similares a aquellos formados en el cemento de Portland. Ellos forman la matriz que contribuye a la resistencia de las capas de suelo estabilizadas con cal. (MTC. METG. 2010).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. ESTABILIZACIÓN.

Es un proceso que tiene la finalidad de mejorar el comportamiento del suelo a través de propiedades mecánicas, mediante la reducción de susceptibilidades del tránsito y de la influencia del agua cambiando considerablemente las características del mismo, produciendo durabilidad, es decir un aumento en su resistencia y estabilidad a largo plazo.(Bowles, 1982).

2.3.2. ESTABILIZACIÓN MECÁNICA.

Es un método de mejoramiento de las propiedades de los suelos a partir de ejercer una acción mecánica de corta duración de manera repetitiva sobre una más a de suelo parcialmente saturado, para ésta acción se utilizan equipos llamados compactadores, los cuales tienen como fin lograr aumentar la resistencia al corte. (Bowles, 1982).

2.3.3. ESTABILIZACIÓN POR MEDIOS ELÉCTRICOS.

La más conocida es la electroósmosis, que es la aplicación de una diferencia de potencial eléctrico a una muestra de suelo fino con exceso de humedad, esto produce que el agua se traslade desde el ánodo (electrodo positivo) hasta el cátodo (electrodo negativo); el caudal que fluye a través de la muestra de suelo en las condiciones anteriormente expuestas es proporcional al potencial eléctrico exterior que haya sido aplicado. Con este método se ha observado un aumento de resistencia al corte y a la compresión simple de los suelos finos (arcillosos). (Lambe y Whitman, 1982).

2.3.4. ESTABILIZACIÓN POR CALCINACIÓN O TRATAMIENTO TÉRMICO.

Es de tipo térmico, se realiza a temperaturas elevadas, superiores a los 400°C que calcinan el suelo. Esta técnica consiste en pasar gases a temperaturas cercanas a 1000°C por ductos o huecos dentro del suelo, la distribución de la temperatura depende de la porosidad del suelo y la temperatura de los gases inyectados. A temperaturas tan altas ocurren cambios irreversibles en la estructura cristalina de los minerales de arcilla. Estas alteraciones se ven reflejadas en las propiedades físicas que obviamente sufrirán modificaciones sustanciales como el índice plástico, el cual tiende a disminuir de manera notoria; la capacidad de absorción del agua también varía al igual que la expansividad y la compresibilidad las cuales disminuirán. Este tipo de estabilización no es económica para suelos saturados. (Lambe y Whitman, 1982).

2.3.5. ESTABILIZACIÓN POR DRENAJE.

Consiste en un drenaje superficial y desagüe subterráneo. Se colocan sistemas de canalizaciones y tubos subterráneos que captan el agua y la sacan de la zona en que se sitúa la estructura; de tal manera que se pueda canalizar el agua proveniente de cualquier dirección a través de éstos canales y cunetas; alejándola de la zona de la obra. El fin es evitar impactos negativos de las aguas sobre la estabilidad, durabilidad y transitabilidad de la carretera. (Bowles, 1982).

2.3.6. ESTABILIZACIÓN QUÍMICA.

Se usa por la adición de agentes estabilizantes químicos específicos; comúnmente se usa cemento, cal, asfalto, cemento portland, entre otros. Con esta tecnología de estabilización se busca generar una reacción química del suelo con el estabilizante para lograr la modificación de las características y propiedades del suelo; y así darle mayor capacidad de respuesta a los requerimientos de carga dinámica a los que estará sometido. (Fernández, 1982).

2.3.7. ESTABILIZACIÓN IÓNICA.

Aplicada a suelos finos. El principio básico es un fuerte intercambio iónico entre el agente estabilizador con las partículas de arcilla mineral, de esta forma se desplaza el agua de adsorción ocupando el espacio iónico vacante, así se bloquea la capacidad de adsorción de agua de las partículas activas del suelo responsables del hinchamiento y la pérdida de su capacidad

soporte. Las partículas libres de las cargas electrostáticas que las mantenían separadas y del agua que las rodea base acercan y aglomeran pudiendo aumentar la capacidad de carga por fricción entre partículas y lograr una mayor densidad por compactación. El resultado final óptimo debería consistir en una estabilización más permanente. (Fernández, 1982).

2.3.8. ESTABILIZACIÓN CON POLÍMEROS.

Los polímeros son macromoléculas (resultado de la unión de un gran número de moléculas pequeñas de un mismo tipo o de diferentes tipos), generalmente orgánicos llamados monómeros; pueden estar formadas por más de un tipo de monómero, éstas se denominan homopolímeros o estar formados por más de un tipo de monómeros denominándose copolímeros. Las maneras de unión de las unidades estructurales de los polímeros tanto naturales como artificiales pueden ser en varias direcciones, así se pueden obtener polímeros lineales o en más de una dirección dando lugar a los polímeros reticulares tridimensionales. (Olivares y Rosario, 1972).

2.3.9. ESTABILIZACIÓN CON ENZIMAS ORGÁNICA.

Las enzimas son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas hasta hacer las instantáneas, son catalizadores altamente específicos. La especificidad de las enzimas es tan marcada que en general actúan exclusivamente sobre sustancias que tienen una configuración precisa. Como son moléculas estrictamente proteicas, éstas también sufren desnaturalización, no dializan y también pueden sufrir saturación. La desnaturalización de las enzimas es un cambio estructural en las proteínas donde pierden su estructura tridimensional o conformación



química, de esta forma pierden a su vez su óptimo funcionamiento y a veces cambian sus propiedades físico-químicas; por ejemplo cuando las enzimas están desnaturalizadas pierden su actividad catalítica, pues los sustratos no pueden unirse al centro activo y porque los residuos de los aminoácido implicados en la estabilización de los sustratos no están posicionados para hacerlo. (Olivares y Rosario, 1972).



CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

El trabajo desarrollado tiene el siguiente diseño:

ENFOQUE	: Cuantitativo
NIVEL	: Experimental
TIPO	: Aplicada

3.1.1. ENFOQUE CUANTITATIVO.

Porque el trabajo se desarrolla en el campo de las ciencias físico – naturales, empleando el método deductivo basado en resultado de ensayos de laboratorio, que se cuantifica, los mismos que corresponden a la estabilización de suelos e la cantera “Ventilla” con adición de cal a fin de mejorar sus propiedades mecánicas. Los ensayos de laboratorio efectuados a suelos naturales, ha proporcionados resultados que permite calificar a los suelos de la cantera “Ventilla” de regular de acuerdo a lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones;

por tanto, con procesos de estabilización con adición de cal permitirá mejorar las propiedades mecánicas de suelos, para lo que se seleccionará la proporción adecuada.

3.1.2. NIVEL EXPERIMENTAL.

Porque el desarrollo del trabajo está dirigido a responder por las causas que explica el mecanismo de mejorar las características físicas y mecánicas de los suelos para la construcción de carreteras, con adición de cal para su empleo en la base de la construcción de la autopista Puno – Juliaca; en lo que se manipulará la variable de la cantidad de cal, a fin de seleccionar la cantidad más apropiada. Los ensayos de laboratorio efectuados a suelos naturales, ha proporcionados resultados que permite calificar a los suelos de la cantera "Ventilla" de regular de acuerdo a lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones; por tanto, con procesos de estabilización con adición de cal permitirá mejorar las propiedades mecánicas de suelos, para lo que se seleccionará la proporción adecuada.

3.1.3. TIPO APLICADA.

Puesto que depende de aportes prácticos en base al empleo de conocimientos teóricos y básicos, para mejorar las características físicas y mecánicas con adición de cal a suelos de cantera que no cumplen con las normas establecidas establecido para lo que se ha considerado lo siguiente:

- Acción de la cal sobre los suelos arcillosos
- Deficientes tipos de cal
- Cales utilizados para estabilización de suelos
- Características físicas de la cal.

- Propiedades físicas de la cal.
- Características químicas de la cal.
- Propiedades químicas de la cal.

3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

El método desarrollado en el presente trabajo será.

- Método de medición.
- Método del experimento.

El método de la medición, viene a ser la observación cuantitativa, es el método que atribuye un valor numérico a las propiedades y relaciones de los objetos y fenómenos con el fin de representarlas y evaluarlas adecuadamente. El método del experimento será porque se manipulará la variable causa se preparan las condiciones y se controlan las variables intervinientes.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Para el desarrollo del trabajo de tesis se considera las técnicas e instrumentos empleados para la evaluación de:

- Características de ubicación de la cantera de suelos "Ventilla" del km. 45+000 de la autopista Puno – Juliaca.
- Características físicas y mecánicas de los suelos de la cantera "Ventilla" del km. 45+000 de la autopista Puno – Juliaca-.
- Procesos de estabilización del suelo de la cantera "Ventilla con adición de cal del km. 45+000 de la autopista Puno – Juliaca.

- Características de la cal empleada en el proceso de estabilización de los suelos de la cantera "Ventilla" del km. 45+000 de la autopista Puno – Juliaca.
- Propuesta de estabilización de suelos de la cantera "Ventilla" del km. 45+000 de la autopista Puno – Juliaca.

3.3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DE UBICACIÓN DE LA CANTERA DE SUELOS VENTILLA.

Para ello se considera:

- Plano de ubicación, referido a la autopista Puno – Juliaca.
- Ubicación con coordenadas UTM.
- Potencia de explotación.

3.3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA"

Para ello, se efectuará los ensayos de laboratorio siguientes:

- Análisis granulométrico.
 - ✓ Determinar diámetro efectivo (D_{10})
 - ✓ Determinar el coeficiente de uniformidad (C_u)
 - ✓ Determinar el coeficiente de curvatura (C_c)
- Límites de consistencia.
 - ✓ Límite líquido (LL)
 - ✓ Límite plástico (LP)

✓ Índice de plasticidad (I_p)

- Clasificación de suelos.
 - ✓ Clasificación SUCS.
 - ✓ Clasificación AASHTO.
- Compactación de Proctor modificado.
 - ✓ Densidad seca (D_s)
 - ✓ Contenido obtenido de humedad
- CBR.
 - ✓ Al 95%.
 - ✓ Al 100%.

Estos ensayos se efectuarán en cinco (5) muestras extraídas de la cantera en referencia.

3.3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LOS PROCESOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON ADICIÓN DE CAL

Para ello se considera lo siguiente:

1. Proporción del 3% en peso de cal referido al peso de suelo.
 - ✓ Límite de consistencia.
 - ✓ Compactación con proctor modificado.
 - ✓ CBR.
2. Proporción del 6% en peso de cal referido al peso de suelo.
 - ✓ Límites de consistencia.

- ✓ Compactación con proctor modificado.
 - ✓ CBR.
3. Proporción del 9% en peso de cal referido al peso del suelo.
- ✓ Límites de consistencia.
 - ✓ Compactación con proctor modificado.
 - ✓ CBR.
4. Proporción del 12% en peso de cal referido a peso del suelo.
- ✓ Límites de consistencia.
 - ✓ Compactación con proctor modificado.
 - ✓ CBR.
5. Proporción del 15% en peso de cal referido al peso del suelo.
- ✓ Límites de consistencia.
 - ✓ Compactación con proctor modificado.
 - ✓ CBR.

3.3.4. ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DE LA PROPORCIÓN ADECUADA DE ADICIÓN DE CAL A LOS SUELOS.

Para ello se efectuará el análisis de resultados a fin de establecer la proporción adecuada.

- Suelos + adición de cal 3%.
- Suelos + adición de cal 6%.
- Suelos + adición de cal 9%.
- Suelos + adición de cal 12%.
- Suelos + adición de cal 15%.

3.4. CARACTERÍSTICAS DE UBICACIÓN DE LA CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" DEL KM. 45+000 DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

Las características de ubicación de la cantera de suelos Ventilla se muestra a continuación:

TABLA 1: CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" – PUNO.

UBICACIÓN: Se ubicada en la nueva vía denominada autopista Puno – Juliaca.					
COORDENADAS UTM. LADOS Y VERTICES					
VTC	NORTE (m)	ESTE (rr..)	ANG. INT.	DISTANCIA	
				LADOS	LONGITUD
1	8247560.5953	389605.3520	101°4'39"	1 -- 2	100.00 m.l.
2	8247614.4896	389689.5861	91°22'35"	2 -- 3	50.00 m.l.
3	8247573.0320	389717.5372	147°43'11"	3 -- 4	60.00 m.l.
4	8247513.0641	389719.5000	82°12'0"	4 -- 5	100.00 m.l.
5	8247523.3874	389620.0343	117°27'35"	5 -- 1	40.00 m.l.
SUM. ANG. INT.:			540°0'0"	PERM.:	350.00 m.l.
AREA EXPLOTABLE.				3.0 Ha.	
SITUACIÓN ACTUAL.				En explotación.	
PROPIETARIO.				Privado.	
PROFUNDIDAD DE EXPLOTACIÓN				12.00 mt.	
VOLUMEN POR EXPLOTAR INICIALMENTE.				300000.00 M ³ .	

FIGURA 3: MAPA DEL PERÚ



FIGURA 4: MAPA DE PUNO



FIGURA 5: PLANO DE UBICACIÓN DE LA CANTERA VENTILLA

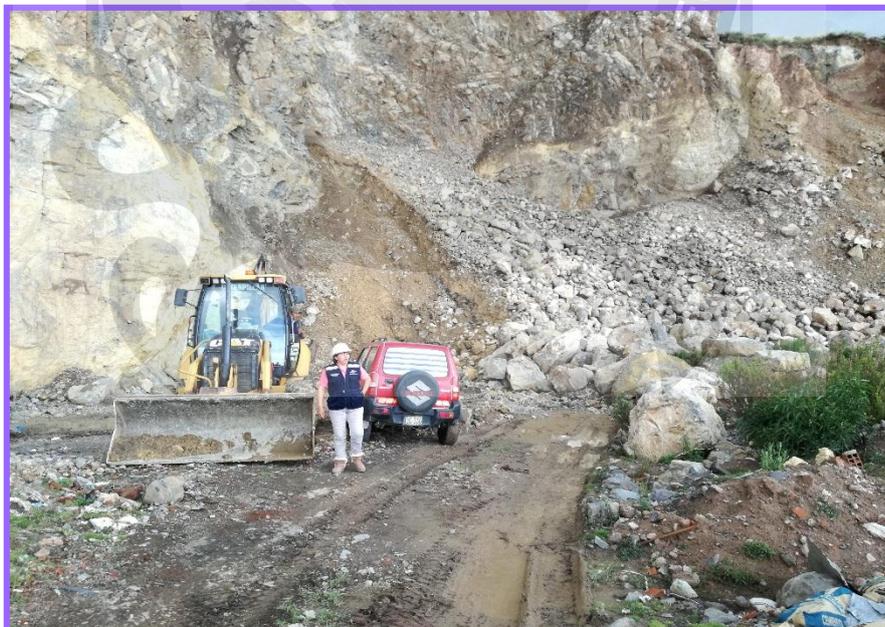


FOTOGRAFÍA 1: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

FOTOGRAFIA 2: CARACTERÍSTICAS DE EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"



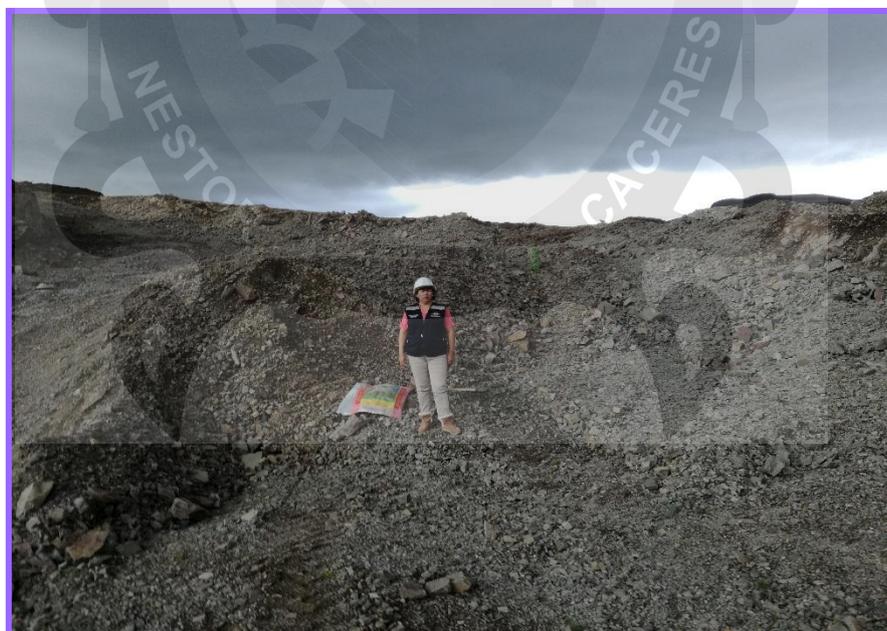
FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

FOTOGRAFÍA 3 : CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA"



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

FOTOGRAFÍA 4 : CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA"



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

FOTOGRAFÍA 5: ÁREA DE EXPLOTACIÓN DE LA CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

FOTOGRAFÍA 6 : OBRA EN CONSTRUCCIÓN CON SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA"



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

FOTOGRAFÍA 7 : PREPARACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" PARA ENSAYOS



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

FOTOGRAFÍA 8 : SECADO DE SUELOS EN LABORATORIO EPIC - UANCV



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

FOTOGRAFÍA 9 : EMPLEO DEL HORNO PARA SECADO DE SUELOS – EPIC - UANCV



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

FOTOGRAFÍA 10 : PREPARACIÓN DE SUELOS PARA SU ESTABILIZACIÓN



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

3.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

Para determinar las características físicas y mecánicas de los suelos de la cantera Ventilla se estableció los criterios siguientes:

N° de Calicatas : 5 calicatas.

Profundidad : 1.60 mt. Promedio.

Los ensayos de laboratorio a efectuarse son:

- Análisis granulométrico.
- Contenido natural de humedad.
- Límites de consistencia.
- Clasificación de suelos.
- Compactación relación humedad – densidad proctor
- CBR de suelos.

CAPÍTULO IV

PROCESO DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Cinco muestras de suelo a ensayar.
- Profundidad de extracción de suelos 1.60 mt. Promedio.

TABLA 2 : RESULTADOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA

N°	UBICACIÓN	CALICATA	CARACTERÍSTICAS			MT	AASHTO
			D ₁₀	C _u	C _c	SUGERIDO	SUGERIDO
1	Cantera Ventilla	1	0.530	3.05	0.03	0-3	0-3
2	Cantera Ventilla	2	0.520	1.21	4.18	0-3	0-3
3	Cantera Ventilla	3	0.520	1.21	4.18	0-3	0-3
4	Cantera Ventilla	4	0.580	1.38	3.26	0-3	0-3
5	Cantera Ventilla	5	0.750	1.24	3.1	0-3	0-3

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

FOTOGRAFÍA 11 : ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA"



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor del coeficiente de uniformidad (C_u) coeficiente de curvatura (C_c) sugerido por el MTC E 102 y AASHTO (ASTM) D 240 es de 0 a 3 para suelos de base de un pavimento.
- Las características granulométricas de los suelos de la cantera "Ventilla" son aceptables.
- Los diámetros efectivos (D_{10}) están entre 0.520 mm. A 0.750 mm; el coeficiente de uniformidad (C_u) están entre 1.21 a 3.05 y el coeficiente de curvatura (C_c) están entre 0.03 a 4.18.
- Los resultados comparados con los sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO están dentro de lo razonable.

4.2. RESULTADOS DEL CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Cinco muestras de suelo a ensayar.
- Profundidad de extracción de suelos 1.60mt. promedio.

TABLA 3 : RESULTADOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA

N°	UBICACIÓN	CALICATA	CONTENIDOS HÚMEDO (W%)
1	Cantera Ventilla	1	23.63
2	Cantera Ventilla	2	9.83
3	Cantera Ventilla	3	8.68
4	Cantera Ventilla	4	9.22
5	Cantera Ventilla	5	8.12
Promedio			11.90

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

FOTOGRAFÍA 12: DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA"



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- Los contenidos de humedad natural de suelos se encuentran entre 8.12% a 23.63%
- Los resultados indican que la humedad registrada en los cinco (5) ensayos están dentro de lo esperado.
- La humedad promedio de los suelos de la cantera “Ventilla” es de 11.90.

4.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA DE LOS SUELOS NATURALES DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Cinco muestras de suelo a ensayar.
- Profundidad de extracción de suelos 1.60mt. promedio.

TABLA 4: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA DE LOS SUELOS NATURALES DE LA CANTERA “VENTILLA” DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA

N°	UBICACIÓN	CALICATA	CARACTERÍSTICAS			MTC SUGERERIDO (W%)
			LL(W%)	LP(W%)	Ip (W%)	
1	Cantera Ventilla	1	26.40	16.19	10.21	<7.00
2	Cantera Ventilla	2	24.37	13.98	10.39	<7.00
3	Cantera Ventilla	3	22.09	12.00	10.09	<7.00
4	Cantera Ventilla	4	22.14	11.78	10.36	<7.00
5	Cantera Ventilla	5	28.79	18.53	10.26	<7.00
PROMEDIO			24.76	14.50	10.26	<7.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

FOTOGRAFÍA 13: DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS CANTERA "VENTILLA"



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de índice de plasticidad (I_p) sugerido por el MTC E 110 y AASHTO (ASTM) D 4318 para suelos de base de un pavimento debe ser menor al 7% de humedad.
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para el índice de plasticidad (I_p) es de $<7.00\%$.
- Los valores alcanzados en los ensayos en los ensayos para el índice de plasticidad (I_p) está entre 10.09% a 10.39%, dando un valor promedio de 10.26%.
- Los valores de los índices de plasticidad (I_p) son mayores a 7.00% sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO, por lo que los suelos analizados no son muy recomendables.

4.4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LA CLASIFICACIÓN DE SUELOS NATURALES DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Cinco muestras de suelo a ensayar.
- Profundidad de extracción de suelos 1.60 mt. Promedio

TABLA 5: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS NATURALES DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA

N°	UBICACIÓN	CALICATA	CARACTERÍSTICAS		MTC SUGERERIDO
			SUCS	AASHTO	
1	Cantera Ventilla	1	SW	A - 3	A - 1
2	Cantera Ventilla	2	SW	A - 3	A - 1
3	Cantera Ventilla	3	SW	A - 2	A - 1
4	Cantera Ventilla	4	SW	A - 2	A - 1
5	Cantera Ventilla	5	SW	A - 3	A - 1
PROMEDIO				A - 3	A - 1

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

FOTOGRAFÍA 14 : CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE CANTERA "VENTILLA"



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO – ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de clasificación de suelos sugerido por el MTC E 106 y AASHTO (ASTM) D 2216 y D 2487 es de A – 1 para suelos de base de un pavimento.
- Los tipos de suelos sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO son los A – 1.
- Los suelos analizados en la clasificación AASHTO, alcanzan a suelos A – 2 y A – 3.
- Los suelos no son recomendables.

4.5. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR MODIFICADO DE LOS SUELOS NATURALES DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Cinco muestras de suelo a ensayar.
- Profundidad de extracción de suelos 1.60 mt. promedio.
- Equipo utilizado proctor modificado, en cinco capas, cada capa con 56 golpes.

TABLA 6: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RELACIÓN HUMEDAD – DENSIDAD PROCTOR MODIFICADO DE LOS SUELOS NATURALES DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA

N°	UBICACIÓN	CALICATA	CARACTERÍSTICAS		MTC	AASHTO
			Ds (gr/cm ³)	COA (w%)	SUGERERIDO (gr/cm ³)	SUGERIDO (gr/cm ³)
1	Cantera Ventilla	1	1.620	7.80	> 1.90	> 1.90
2	Cantera Ventilla	2	1.650	8.10	> 1.90	> 1.90
3	Cantera Ventilla	3	1.670	8.63	> 1.90	> 1.90
4	Cantera Ventilla	4	1.680	8.10	> 1.90	> 1.90
5	Cantera Ventilla	5	1.640	8.20	> 1.90	> 1.90
PROMEDIO			1.652	8.17	> 1.90	> 1.90

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

FOTOGRAFÍA 15: COMPACTACIÓN DE SUELOS CANTERA "VENTILLA"

FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de la densidad seca máxima determinado con el equipo de Proctor modificado sugerido por el MTC E 115 y AASHTO (ASTM) D 1557 es de un valor mayor de 1.9 gr/cm^3 .
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para la densidad seca (D_s) es mayor de 1.90 gr/cm^3 .
- Los valores alcanzados en los ensayos para la densidad seca (D_s) está entre 1.620 gr/cm^3 a 1.680 gr/cm^3 , dando un valor promedio de 1.652 gr/cm^3 .
- Los valores de la densidad seca (D_s) de los suelos es menor de 1.90 gr/cm^3 sugerido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO, por lo que los suelos analizados no son recomendables.

4.6. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR DE LOS SUELOS NATURALES DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO – JULIACA.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Cinco muestras de suelo a ensayar.
- Profundidad de extracción de suelos 1.60 mt. Promedio.
- CBR al 95% y CBR al 100%.

TABLA 7 : RESULTADOS DE LOS ENSAYOS RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR DE LOS SUELOS NATURALES DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO – JULIACA

N°	UBICACIÓN	CALICATA	CARACTERÍSTICAS		MTC SUGERERIDO (100%)	AASHTO SUGERIDO (100%)
			CBR (95%)	CBR (100%)		
1	Cantera Ventilla	1	45.80	57.20	> 50 %	> 50 %
2	Cantera Ventilla	2	25.10	34.30	> 50 %	> 50 %
3	Cantera Ventilla	3	30.30	41.20	> 50 %	> 50 %
4	Cantera Ventilla	4	40.00	48.70	> 50 %	> 50 %
5	Cantera Ventilla	5	45.80	57.20	> 50 %	> 50 %
PROMEDIO			37.40	47.72	> 50 %	> 50 %

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

FOTOGRAFÍA 16: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LA CANTERA "VENTILLA"



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor del CBR al 100% de la resistencia del suelo para la base de un pavimento sugerido por el MTC E 230 y AASHTO (ASTM) D 1883 y T 193 es de mayor al 50%.
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para el CBR al 100% es mayor al 50%.
- Los valores alcanzados en los ensayos para el CBR al 100% están entre
- 34.30% a 57.20%, dando un valor promedio de los cinco ensayos de 47.72%.
- Los valores de CBR al 100 % de los suelos ensayados es menor al 50% de CBR sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO por lo que los suelos no son recomendables.

FOTOGRAFÍA 17: PREPARACIÓN DE SUELOS PARA ENSAYOS DE COMPACTACIÓN



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

FOTOGRAFÍA 18: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS EPIC - UANCV



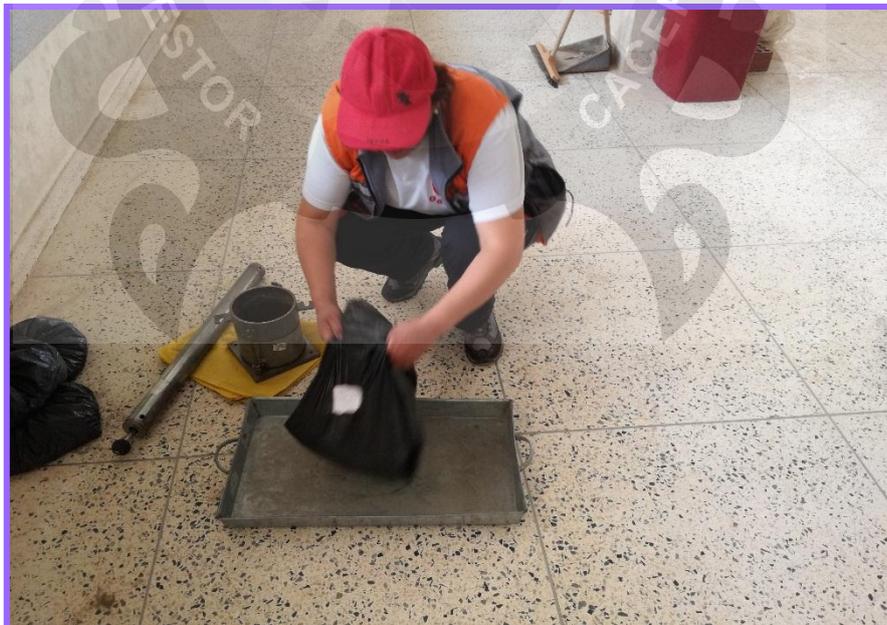
FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

FOTOGRAFÍA 19: EQUIPO PARA ENSAYOS CBR EPIC - UANCV



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

FOTOGRAFÍA 20: COMPACTACIÓN DE SUELOS EPIC - UANCV



FUENTE: MATERIAL QUE CORRESPONDE AL DESARROLLO DEL PROYECTO –
ELABORACIÓN PROPIA – NOVIEMBRE 2016

4.7. ANÁLISIS DE LAS PROPORCIONES CAL - SUELOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

En esta parte se efectuará procesos de estabilización con las proporciones, que se muestra en el cuadro siguiente:

TABLA 8 : PROPORCIONES DE SUELO-CAL PARA PROCESOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA

N°	PESO EQUIPO PROCTOR MAS		ADICIÓN CAL % PESO DE SUELO	
	SUELO (kg)		%	PESO (gr)
1	15.00		3	450.00
2	15.00		6	900.00
3	15.00		9	1350.00
4	15.00		12	1800.00
5	15.00		15	2250.00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA NOVIEMBRE 2016

Por ser el presente trabajo de nivel experimental las proporciones de cal de 6%, 9%, 12% y 15% no están exigidos por ninguna norma técnica peruana, por el contrario, estas cantidades están sugeridas por el autor de este trabajo pensando en mejorar las características mecánicas de los suelos para hacerlas compatibles con lo exigido en normas técnicas, en esto se ha tomado en cuenta los ensayos de límites de consistencia, densidad Proctor modificado y CBR al 100% todo estos en ensayos de suelos. Estas proporciones se efectúan para la realización de todos los ensayos de características mecánicas. A continuación, se detalla la metodología de la estabilización:

1. Ensayos de suelos para el control de estabilización.
 - Límites de consistencia.
 - Relación humedad-densidad proctor.

- Razón soporte California CBR.

Efectuado los ensayos de los suelos de la cantera "Ventilla" de la autopista Puno - Juliaca, se ha alcanzado a valores promedio que se muestran a continuación:

TABLA 9 : LÍMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS SIN ADICIÓN DE CAL

CONDICIÓN ENSAYO	CARACTERÍSTICAS			MTC SUGERIDO.	AASHTO SUGERIDO
	LL(W%)	LP(W%)	Ip(w%)		
Valor promedio	24.76	14.50	10.26	<7.00	<7.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

TABLA 10 : RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR SIN ADICIÓN DE CAL

CONDICIÓN ENSAYO	CARACTERÍSTICAS	MTC SUGERIDO	AASHTO SUGERIDO
	Ds (gr/cm ³)		
Valor promedio	1.652	>1.90	>1.90

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

TABLA 11 : RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR SIN ADICIÓN DE CAL

CONDICIÓN ENSAYO	CARACTERÍSTICAS	MTC SUGERIDO	AASHTO SUGERIDO
	CBR 100%		
Valor promedio	47.72%	>50%	>50%

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

De los resultados analizados, se ve la necesidad de mejorar las características mecánicas de los suelos de la cantera "Ventilla" de la autopista Puno - Juliaca; para lo que el presente trabajo ha considerado efectuar un proceso de estabilización de suelos con adición de cal. Para ello se efectuará los procesos de estabilización en las condiciones siguientes:

1. Suelos de cantera "Ventilla" con adición de cal en 3% de su peso.
2. Suelos de cantera "Ventilla" con adición de cal en 6% de su peso.
3. Suelos de cantera "Ventilla" con adición de cal en 9% de su peso.
4. Suelo de cantera "Ventilla" con adición de cal en 12% de su peso.

5. Suelos de cantera "Ventilla" con adición de cal en 15% de su peso.

4.7.1. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 3% DE CAL.

Para ello se considera lo siguiente:

- Ensayo de límites de consistencia.
- Ensayo de relación humedad - densidad proctor.
- Ensayo de Razón Soporte California CBR.

4.7.1.1. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" ESTABILIZADA CON ADICIÓN DEL 3% DE CAL.

Para ello se considera lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 3% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina el LL, LP e I_p .

TABLA 12 : RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 3% DE CAL.

N°	UBICACIÓN	CALIC	ÍNDICE DE PLASTICIDAD SIN ADICIÓN	CARACTERÍSTICAS CON ADICIÓN DEL 3% CAL			MTC SUGERERIDO (W%)	AASHTO SUGERERIDO (W%)
				LL(W%)	LP(W%)	I_p (W%)		
1	Cant. Ventilla	1	10.26	26.78	18.53	8.25	<7.00	<7.00
2	Cant. Ventilla	2	10.26	23.38	14.96	8.42	<7.00	<7.00
3	Cant. Ventilla	3	10.26	25.83	17.34	8.50	<7.00	<7.00
PROMEDIO			10.2	25.33	16.94	8.39	<7.00	<7.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPIC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de índice de plasticidad (I_p) sugerido por el MTC E 110 y AASHTO (ASTM) D 4318 para suelos de base de un pavimento debe ser menor al 7% de humedad.
- El índice de plasticidad (I_p) sugerido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO es menor del 7.00%.
- El valor de índice de plasticidad (I_p) promedio de suelos estabilizados con adición del 3% de cal, alcanza un valor promedio de 8.39% que significa que el índice de plasticidad ha disminuido de 10.26%; a 8.39%.
- El valor de índice de plasticidad (I_p) de suelos sin adición de cal es de 10.26%; lo que significa que la adición de cal ha mejorado el índice de plasticidad (I_p) en un 18.22%.

4.7.1.2. RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 3% DE CAL.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 3% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina la densidad seca (D_s) y el contenido óptimo de humedad.

**TABLA 13 : RESULTADOS DE ENSAYO DE RELACIÓN HUMEDAD -
DENSIDAD PROCTOR DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA
AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 3% DE CAL.**

N°	UBICACIÓN	CALICATA	DENSIDAD SECA	DENSIDAD SECA	MTC	ASSHTO
			SIN ADICIÓN (gr/cm ³)	CON ADICIÓN DE CAL (gr/cm ³)	SUGERERIDO (gr/cm ³)	SUGERERIDO (gr/cm ³)
1	Cant. Ventilla	1	1.652	1.740	>1.90	>1.90
2	Cant. Ventilla	2	1.652	1.770	>1.90	>1.90
3	Cant. Ventilla	3	1.652	1.730	>1.90	>1.90
PROMEDIO			1.652	1.750	>1.90	>1.90

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de la densidad seca máxima determinado con el equipo de Proctor modificado sugerido por el MTC E 115 y AASHTO (ASTM) D 1557 es de un valor mayor de 1.9 gr/cm³.
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para la densidad seca (Ds) es mayor de 1.90 gr/cm³.
- El valor de la densidad seca (Ds) promedio de suelos estabilizados con 3% de cal, alcanza un valor de 1.75 gr/cm³.
- El valor de la densidad seca (Ds) sin adición de cal alcanza un valor de 1.652 gr/cm³.
- El valor de la densidad seca (Ds) de suelos sin adición de cal es de 1.652 gr/cm³; lo que significa que la adición de cal ha mejorado la densidad seca (Ds) en un 5.93%.

4.7.1.3. RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO – JULIACA CON ADICIÓN DEL 3% DE CAL.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 3% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina el CBR AL 95% y al 100%.

TABLA 14 : RESULTADOS DE ENSAYO DE RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 3% DE CAL.

N°	UBICACIÓN	CALICATA	CBR 100%	CBR 100%	MTC	ASSHTO
			SIN ADICIÓN	CON 3% CAL	SUGERERIDO (CBR 100%)	SUGERERIDO (CBR 100%)
1	Cant. Ventilla	1	47.72	52.30	>50.00	>50.00
2	Cant. Ventilla	2	47.72	53.60	>50.00	>50.00
3	Cant. Ventilla	3	47.72	54.10	>50.00	>50.00
PROMEDIO			47.72	53.33	>50.00	>50.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor del CBR al 100% de la resistencia del suelo para la base de un pavimento sugerido por el MTC E 230 y AASHTO (ASTM) D 1883 y T 193 es de mayor al 50%.
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para el CBR al 100% es mayor del 50%.
- El valor promedio alcanzado el CBR al 100% con adición del 3% de cal es de 53.33%.
- El valor del CBR al 100% de suelos sin adición de cal es de 47.72%, lo que significa que la adición de cal ha mejorado el CBR en un 11.76%

4.7.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 6% DE CAL.

Para ello se considera lo siguiente:

- Ensayo de límites de consistencia.
- Ensayo de relación humedad - densidad proctor.
- Ensayo de Razón Soporte California CBR.

4.7.2.1. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" ESTABILIZADA CON ADICIÓN DEL 6% DE CAL.

Para ello se considera lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 6% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina el LL, LP e I_p .

TABLA 15 : RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 6% DE CAL.

N°	UBICACIÓN	CALICATA	ÍNDICE DE PLASTICIDAD SIN ADICIÓN	CARACTERÍSTICAS CON ADICIÓN DEL 6% CAL			MTC SUGERERIDO (W%)	AASHTO SUGERERIDO (W%)
				LL(W%)	LP(W%)	I_p (W%)		
1	Cant. Ventilla	1	9.16	19.41	12.00	7.41	<7.00	<7.00
2	Cant. Ventilla	2	9.16	19.34	11.36	7.98	<7.00	<7.00
3	Cant. Ventilla	3	9.16	19.41	11.78	7.63	<7.00	<7.00
PROMEDIO			9.16	19.38	11.71	7.67	<7.00	<7.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPIC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de índice de plasticidad (I_p) sugerido por el MTC E 110 y AASHTO (ASTM) D 4318 para suelos de base de un pavimento debe ser menor al 7% de humedad.

- El índice de plasticidad (I_p) sugerido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO es menor del 7.00%.
- El valor de índice de plasticidad (I_p) promedio de suelos estabilizados con adición del 6% de cal, alcanza un valor promedio de 7.67%.
- El valor de índice de plasticidad (I_p) de suelos sin adición de cal es de 10.26%; lo que significa que la adición de cal ha mejorado el índice de plasticidad (I_p) en un 25.24%.

4.7.2.2. RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 6% DE CAL.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 6% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina la densidad seca (D_s) y el contenido óptimo de humedad.

TABLA 16 : RESULTADOS DE ENSAYO DE RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 6% DE CAL.

N°	UBICACIÓN	CALICATA	DENSI. SECA	DENSID SECA	MTC	ASSHTO
			SIN ADICIÓN (gr/cm ³)	CON ADICIÓN 6% CAL (gr/cm ³)	SUGERERIDO (gr/cm ³)	SUGERERIDO (gr/cm ³)
1	Cant. Ventilla	1	1.652	1.870	>1.90	>1.90
2	Cant. Ventilla	2	1.652	1.870	>1.90	>1.90
3	Cant. Ventilla	3	1.652	1.860	>1.90	>1.90
PROMEDIO			1.652	1.867	>1.90	>1.90

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de la densidad seca máxima determinado con el equipo de Proctor modificado sugerido por el MTC E 115 y AASHTO (ASTM) D 1557 es de un valor mayor de 1.9 gr/cm^3 .
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para la densidad seca (Ds) es mayor de 1.90 gr/cm^3 .
- El valor de la densidad seca (Ds) promedio de suelos estabilizados con 6% de cal, alcanza un valor de 1.867 gr/cm^3 .
- El valor de la densidad seca (Ds) sin adición de cal alcanza un valor de 1.652 gr/cm^3 .
- El valor de la densidad seca (Ds) de suelos sin adición de cal es de 1.652 gr/cm^3 ; lo que significa que la adición de cal ha mejorado la densidad seca (Ds) en un 13.01%.

4.7.2.3. RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO – JULIACA CON ADICIÓN DEL 6% DE CAL.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 6% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina el CBR AL 95% y al 100%.

**TABLA 17 : RESULTADOS DE ENSAYO DE RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA
CBR DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO -
JULIACA, CON ADICIÓN DEL 6% DE CAL**

N°	UBICACIÓN	CALICATA	CBR 100%	CBR 100%	MTC	ASSHTO
			SIN ADICIÓN	CON 6% CAL	SUGERERIDO (CBR 100%)	SUGERERIDO (CBR 100%)
1	Cant. Ventilla	1	47.72	68.20	>50.00	>50.00
2	Cant. Ventilla	2	47.72	67.90	>50.00	>50.00
3	Cant. Ventilla	3	47.72	69.10	>50.00	>50.00
PROMEDIO			47.72	68.40	>50.00	>50.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor del CBR al 100% de la resistencia del suelo para la base de un pavimento sugerido por el MTC E 230 y AASHTO (ASTM) D 1883 y T 193 es de mayor al 50%.
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para el CBR al 100% es mayor del 50%.
- El valor promedio alcanzado el CBR al 100% con adición del 6% de cal es de 68.40%.
- El valor del CBR al 100% de suelos sin adición de cal es de 47.72%, lo que significa que la adición de cal ha mejorado el CBR en un 43.34%

4.7.3. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 9% DE CAL.

Para ello se considera lo siguiente:

- Ensayo de límites de consistencia.
- Ensayo de relación humedad - densidad proctor.
- Ensayo de Razón Soporte California CBR.

4.7.3.1. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" ESTABILIZADA CON ADICIÓN DEL 9% DE CAL.

Para ello se considera lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 9% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina el LL, LP e I_p .

TABLA 18 : RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 9% DE CAL.

N°	UBICACIÓN	CALICATA	ÍNDICE DE PLASTICIDAD SIN ADICIÓN	CARACTERÍSTICAS CON ADICIÓN DEL 9% CAL			MTC SUGERERIDO (W%)	AASHTO SUGERERIDO (W%)
				LL(W%)	LP(W%)	I_p (W%)		
1	Cant. Ventilla	1	10.26	25.34	18.49	6.85	<7.00	<7.00
2	Cant. Ventilla	2	10.26	23.22	16.38	6.84	<7.00	<7.00
3	Cant. Ventilla	3	26.26	22.71	16.19	6.52	<7.00	<7.00
PROMEDIO			20.26	23.75	17.02	6.74	<7.00	<7.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPIC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de índice de plasticidad (I_p) sugerido por el MTC E 110 y AASHTO (ASTM) D 4318 para suelos de base de un pavimento debe ser menor al 7% de humedad.
- El índice de plasticidad (I_p) sugerido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO es menor del 7.00%.
- El valor de índice de plasticidad (I_p) promedio de suelos estabilizados con adición del 9% de cal, alcanza un valor promedio de 6.74%.
- El valor de índice de plasticidad (I_p) de suelos sin adición de cal es de 10.26%; lo que significa que la adición de cal ha mejorado el índice de plasticidad (I_p) en un 34.31%.

4.7.3.2. RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 9% DE CAL.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 9% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina la densidad seca (Ds) y el contenido óptimo de humedad

TABLA 19 : RESULTADOS DE ENSAYO DE RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 9% DE CAL.

N°	UBICACIÓN	CALICATA	DENSI.SECA	DENSID SECA	MTC	ASSHTO
			SIN ADICIÓN (gr/cm ³)	CON ADICIÓN 9% CAL (gr/cm ³)	SUGERERIDO (gr/cm ³)	SUGERERIDO (gr/cm ³)
1	Cant. Ventilla	1	1.652	1.990	>1.90	>1.90
2	Cant. Ventilla	2	1.652	2.000	>1.90	>1.90
3	Cant. Ventilla	3	1.652	1.980	>1.90	>1.90
PROMEDIO			1.652	1.990	>1.90	>1.90

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de la densidad seca máxima determinado con el equipo de Proctor modificado sugerido por el MTC E 115 y AASHTO (ASTM) D 1557 es de un valor mayor de 1.9 gr/cm³.
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para la densidad seca (Ds) es mayor de 1.90 gr/cm³.
- El valor de la densidad seca (Ds) promedio de suelos estabilizados con 9% de cal, alcanza un valor de 1.990 gr/cm³.
- El valor de la densidad seca (Ds) sin adición de cal alcanza un valor de 1.652 gr/cm³.

- El valor de la densidad seca (Ds) de suelos sin adición de cal es de 1.652 gr/cm³; lo que significa que la adición de cal ha mejorado la densidad seca (Ds) en un 20.46%.

4.7.3.3. RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO – JULIACA CON ADICIÓN DEL 9% DE CAL.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 9% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina el CBR AL 95% y al 100%.

TABLA 20 : RESULTADOS DE ENSAYO DE RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 9% DE CAL

N°	UBICACIÓN	CALICATA	CBR 100% SIN ADICIÓN	CBR 100% CON 9% CAL	MTC SUGERERIDO (CBR 100%)	ASSHTO SUGERERIDO (CBR 100%)
1	Cant. Ventilla	1	47.72	69.30	>50.00	>50.00
2	Cant. Ventilla	2	47.72	70.10	>50.00	>50.00
3	Cant. Ventilla	3	47.72	68.40	>50.00	>50.00
PROMEDIO			47.72	69.26	>50.00	>50.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor del CBR al 100% de la resistencia del suelo para la base de un pavimento sugerido por el MTC E 230 y AASHTO (ASTM) D 1883 y T 193 es de mayor al 50%.
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para el CBR al 100% es mayor del 50%.

- El valor promedio alcanzado al CBR al 100% con adición del 9% de cal es de 69.26%.
- El valor del CBR al 100% de suelos sin adición de cal es de 47.72%, lo que significa que la adición de cal ha mejorado el CBR en un 30.49%

4.7.4. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 12% DE CAL.

Para ello se considera lo siguiente:

- Ensayo de límites de consistencia.
- Ensayo de relación humedad - densidad proctor.
- Ensayo de Razón Soporte California CBR.

LÍMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA"

ESTABILIZADA CON ADICIÓN DEL 12% DE CAL.

Para ello se considera lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 12% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina el LL, LP e I_p .

TABLA 21 : RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 12% DE CAL.

N°	UBICACIÓN	CALICATA	ÍNDICE DE PLASTICIDAD SIN ADICIÓN	CARACTERÍSTICAS CON ADICIÓN DEL 12% CAL			MTC SUGERERIDO (W%)	AASHTO SUGERERIDO (W%)
				LL(W%)	LP(W%)	I_p (W%)		
1	Cant. Ventilla	1	9.16	26.30	18.49	7.81	<7.00	<7.00
2	Cant. Ventilla	2	9.16	24.12	16.38	7.75	<7.00	<7.00
3	Cant. Ventilla	3	9.16	23.89	16.19	7.70	<7.00	<7.00
PROMEDIO			9.16	24.77	17.02	7.75	<7.00	<7.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPIC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de índice de plasticidad (I_p) sugerido por el MTC E 110 y AASHTO (ASTM) D 4318 para suelos de base de un pavimento debe ser menor al 7% de humedad.
- El índice de plasticidad (I_p) sugerido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO es menor del 7.00%.
- El valor de índice de plasticidad (I_p) promedio de suelos estabilizados con adición del 12% de cal, alcanza un valor promedio de 7.73%.
- El valor de índice de plasticidad (I_p) de suelos sin adición de cal es de 10.26%; lo que significa que la adición de cal ha mejorado el índice de plasticidad (I_p) en un 24.66%.

4.7.4.1. RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 12% DE CAL.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 12% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina la densidad seca (D_s) y el contenido óptimo de humedad.

Los resultados alcanzados se muestran a continuación.

TABLA 22: RESULTADOS DE ENSAYO DE RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 12% DE CAL.

N°	UBICACIÓN	CALICATA	DENSI. SECA	DENSID SECA	MTC	ASSHTO
			SIN ADICIÓN (gr/cm ³)	CON ADICIÓN 12% CAL (gr/cm ³)	SUGERERIDO (gr/cm ³)	SUGERERIDO (gr/cm ³)
1	Cant. Ventilla	1	1.652	1.960	>1.90	>1.90
2	Cant. Ventilla	2	1.652	1.950	>1.90	>1.90
3	Cant. Ventilla	3	1.652	1.920	>1.90	>1.90
PROMEDIO			1.652	1.940	>1.90	>1.90

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de la densidad seca máxima determinado con el equipo de Proctor modificado sugerido por el MTC E 115 y AASHTO (ASTM) D 1557 es de un valor mayor de 1.9 gr/cm³.
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para la densidad seca (Ds) es mayor de 1.90 gr/cm³.
- El valor de la densidad seca (Ds) promedio de suelos estabilizados con 12% de cal, alcanza un valor de 1. 940 gr/cm³.
- El valor de la densidad seca (Ds) sin adición de cal alcanza un valor de 1.652 gr/cm³.
- El valor de la densidad seca (Ds) de suelos sin adición de cal es de 1.652 gr/cm³; lo que significa que la adición de cal ha mejorado la densidad seca (Ds) en un 17.43%.

4.7.4.2. RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO – JULIACA CON ADICIÓN DEL 12% DE CAL.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 12% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina el CBR AL 95% y al 100%.

TABLA 23: RESULTADOS DE ENSAYO DE RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 12% DE CAL.

N°	UBICACIÓN	CALICATA	CBR 100%	CBR 100%	MTC	ASSHTO
			SIN ADICIÓN	CON 12% CAL	SUGERIDO (CBR 100%)	SUGERIDO (CBR 100%)
1	Cant. Ventilla	1	47.72	51.30	>50.00	>50.00
2	Cant. Ventilla	2	47.72	49.80	>50.00	>50.00
3	Cant. Ventilla	3	47.72	50.60	>50.00	>50.00
PROMEDIO			47.72	50.57	>50.00	>50.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor del CBR al 100% de la resistencia del suelo para la base de un pavimento sugerido por el MTC E 230 y AASHTO (ASTM) D 1883 y T 193 es de mayor al 50%.
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para el CBR al 100% es mayor del 50%.
- El valor promedio alcanzado al CBR al 100% con adición del 12% de cal es de 50.57%.
- El valor del CBR al 100% de suelos sin adición de cal es de 47.72%, lo que significa que la adición de cal ha mejorado el CBR en un 1.14%

4.7.5. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO-JULIACA CON ADICIÓN DEL 15% DE CAL.

Para ello se considera lo siguiente:

- Ensayo de límites de consistencia.
- Ensayo de relación humedad - densidad proctor.
- Ensayo de Razón Soporte California CBR.

4.7.5.1. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" ESTABILIZADA CON ADICIÓN DEL 15% DE CAL.

Para ello se considera lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 15% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina el LL, LP e I_p .

TABLA 24 : RESULTADOS DE ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 15% DE CAL

N°	UBICACIÓN	CALICATA	ÍNDICE DE PLASTICIDAD SIN ADICIÓN	CARACTERÍSTICAS CON ADICIÓN DEL 15% CAL			MTC SUGERIDO (W%)	AASHTO SUGERIDO (W%)
				LL(W%)	LP(W%)	I_p (W%)		
1	Cant. Ventilla	1	9.16	27.97	18.49	9.48	<7.00	<7.00
2	Cant. Ventilla	2	9.16	25.82	16.38	9.44	<7.00	<7.00
3	Cant. Ventilla	3	9.16	25.74	16.19	9.55	<7.00	<7.00
PROMEDIO			9.16	26.51	17.02	9.49	<7.00	<7.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPIC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de índice de plasticidad (I_p) sugerido por el MTC E 110 y AASHTO (ASTM) D 4318 para suelos de base de un pavimento debe ser menor al 7% de humedad.

- El índice de plasticidad (I_p) sugerido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO es menor del 7.00%.
- El valor de índice de plasticidad (I_p) promedio de suelos estabilizados con adición del 15% de cal, alcanza un valor promedio de 9.49%.
- El valor de índice de plasticidad (I_p) de suelos sin adición de cal es de 10.26%; lo que significa que la adición de cal ha mejorado el índice de plasticidad (I_p) en un 7.50%.

4.7.5.2. RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA CON ADICIÓN DEL 15% DE CAL.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 15% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina la densidad seca (D_s) y el contenido óptimo de humedad.

Los resultados alcanzados se muestran a continuación.

TABLA 25 : RESULTADOS DE ENSAYO DE RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 15% DE CAL.

N°	UBICACIÓN	CALICATA	DENSID SECA	DENSID SECA	MTC	ASSHTO
			SIN ADICIÓN (gr/cm ³)	CON ADICIÓN 12% CAL (gr/cm ³)	SUGERIDO (gr/cm ³)	SUGERIDO (gr/cm ³)
1	Cant. Ventilla	1	1.652	1.830	>1.90	>1.90
2	Cant. Ventilla	2	1.652	1.830	>1.90	>1.90
3	Cant. Ventilla	3	1.652	1.810	>1.90	>1.90
PROMEDIO			1.652	1.820	>1.90	>1.90

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor de la densidad seca máxima determinado con el equipo de Proctor modificado sugerido por el MTC E 115 y AASHTO (ASTM) D 1557 es de un valor mayor de 1.9 gr/cm³.
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para la densidad seca (Ds) es mayor de 1.90 gr/cm³.
- El valor de la densidad seca (Ds) promedio de suelos estabilizados con 15% de cal, alcanza un valor de 1.820gr/cm³.
- El valor de la densidad seca (Ds) sin adición de cal alcanza un valor de 1.652 gr/cm³.
- El valor de la densidad seca (Ds) de suelos sin adición de cal es de 1.652 gr/cm³; lo que significa que la adición de cal ha mejorado la densidad seca (Ds) en un 1.10%.

4.7.5.3. RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR DE LOS SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO – JULIACA CON ADICIÓN DEL 15% DE CAL.

Para ello se ha considerado lo siguiente:

- Se considera tres ensayos.
- Adición de cal de 15% en peso a suelos a ensayar.
- Se determina el CBR AL 95% y al 100%.

TABLA 26 : RESULTADOS DE ENSAYO DE RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA CBR DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA, CON ADICIÓN DEL 15% DE CAL.

N°	UBICACIÓN	CALICATA	CBR 100%	CBR 100%	MTC	ASSHTO
			SIN ADICIÓN	CON 15% CAL	SUGERIDO (CBR 100%)	SUGERIDO (CBR 100%)
1	Cant. Ventilla	1	47.72	36.00	>50.00	>50.00
2	Cant. Ventilla	2	47.72	38.00	>50.00	>50.00
3	Cant. Ventilla	3	47.72	34.00	>50.00	>50.00
PROMEDIO			47.72	36.00	>50.00	>50.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- El valor del CBR al 100% de la resistencia del suelo para la base de un pavimento sugerido por el MTC E 230 y AASHTO (ASTM) D 1883 y T 193 es de mayor al 50%.
- Los valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO para el CBR al 100% es mayor del 50%.
- El valor promedio alcanzado del CBR al 100% con adición del 15% de cal es de 36%.
- El valor del CBR al 100% de suelos sin adición de cal es de 47.72%, lo que significa que la adición de cal ha disminuido el CBR en un 24.56%

4.7.5.4. ANÁLISIS PARA LA SELECCIÓN DE LA PROPORCIÓN ADECUADA DE SUELO – CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DE LA CANTERA DE "VENTILLA" DE LA AUTOPISTA PUNO – JULIACA.

Efectuado los ensayos de laboratorio con proporciones de adición de al en el 3%, 6%, 9%, 12% y 15%, a continuación, se muestra los resultados a fin de seleccionar la proporción de suelo – cal más apropiada. Para ello las proporciones mecánicas estarán varadas en los ensayos siguientes:

- Límites de consistencia.
- Compactación proctor modificado.
- CBR.

TABLA 27 : CUADRO COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON VARIACIÓN DE CANTIDAD DE CAL EN SUELOS DE CANTERA "VENTILLA"

PROPORCIÓN	LÍMITES DE CONSISTENCIA			DENSIDAD SECA	CBR
	LL(%)	LP(%)	Ip(%)	gr/cm ³	100%
Adición de cal 3%	25.34	16.94	8.39	1.750	55.33
Adición de cal 6%	19.38	11.71	7.67	1.867	68.40
Adición de cal 9%	23.76	17.02	6.74	1.990	69.26
Adición de cal 12%	24.77	17.02	7.75	1.940	50.57
Adición de cal 15%	26.51	17.02	9.49	1.820	36.00

FUENTE: Ensayos de laboratorio en la EPC-UANCV-Noviembre 2016

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

- Los valores de ensayos de laboratorio en lo que respecta a límites de consistencia, compactación proctor modificado y CBR, con la adición de cal han mejorado con la adición de cal.
- La adición de cal más recomendable que los ensayos de laboratorio sugieren que esta entre el 6% y 9%.
- La Adición de cal en más del 9% hace que los valores de las propiedades mecánicas empiecen a disminuir.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

PRIMERA: La cantera de suelos "Ventilla" es una seleccionada para la construcción de la autopista Puno – Juliaca, efectuada a sus suelos los ensayos de laboratorio correspondiente se ha alcanzado los siguientes valores: en el análisis granulométrico el coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc) dan valores mayores a 3, lo que se interpreta como suelos de mala gradación; respecto al contenido de humedad natural da valores mayores del 8.12% cantidad de agua normal en suelos naturales, respecto a los límites de consistencia en la parte de Índice de Plasticidad (Ip) dio valores mayores a 10.26% que es alto y muestra el predominio de suelos finos; respecto a la densidad seca (Ds) dio valores menores de 1.652 gr/cm³ el que es muy bajo; respecto al CBR de suelo al 100% dio valores menores a 57.20% el que es bajo. En conclusión, estos valores ubican a los suelos de la cantera "Ventilla" como regulares para su empleo en la construcción de carreteras. los que se detallan en el cuadro siguiente:

RESULTADO DE GRANULOMETRÍA, LÍMITES DE CONSISTENCIA, DENSIDAD SECA Y CBR DE SUELOS DE LA CANTERA "VENTILLA" SIN ADICIÓN ALGUNA					
CANTERA "VENTILLA"	Cu	Cc	Límites de C.	Densidad seca	CBR
			Ip (%)	gr/cm ³	100%
Promedio	3.05	4.18	10.26	1.652	57.2

SEGUNDA: Tomando en consideración que los suelos de la cantera "Ventilla" son propiedades mecánicas regulares para su empleo en la construcción de carreteras, se ha efectuado el proceso de estabilización con adición de cal en las proporciones de 6%. Esta cantidad se ha determinado tomando en cuenta el nivel experimental del contenido del trabajo desarrollado. Esta cantidad está determinada por las

propiedades físicas Norma AASHTO M-216 o ASTM C-977 y las propiedades Químicas Norma AASHTO M 216 o ASTM C-977 por lo que esta variación de cantidad permitió seleccionar la adición de cal más adecuada que permite mejorar las propiedades mecánicas a fin de ponerlas de acuerdo a los si precisados y/o sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones los que cumplen lo establecido por las normas vigentes según cuadro.

Cuadro Comparativo con la adición de cal de 6%

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE MEJOR ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON ADICIÓN DEL 6% DE CAL			
CANTERA "VENTILLA"	LÍMITES DE CONSISTENCIA	DENSIDAD SECA	CBR
	Ip (W%)	gr/cm ³	100%
EN 6%	7.67	1.867	68.4

TERCERA: Efectuado los procesos de estabilización de suelos con adición de cal en proporciones de 3%,6%,9%,12% y 15%, en todos ellos se ha constatado la mejora de propiedades mecánicas de los suelos de la cantera "Ventilla"; sin embargo, la proporción del 6% es la más recomendable puesto que ha permitido mayores resultados como: en los límites de consistencia especialmente en el índice de plasticidad (Ip) los resultados del 10.26% en suelos naturales ha disminuido a 7.67%, respecto a la densidad seca de 1.652 gr/cm³ en suelos naturales he mejorado a 1.867 gr/cm³ y finalmente el CBR al 100% en suelos naturales de 47.72% ha mejorado a 68.40%. todos estos resultados se encargan a los sugerido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Cuadro Comparativo de sin adición y con adición de cal

CUADRO COMPARATIVO DE PROPIEDADES MECÁNICAS SIN ADICIÓN Y CON ADICIÓN AL 6%			
CANTERA "VENTILLA"	LÍMITES DE C.	DENSIDAD SECA	CBR
	Ip (%)	gr/cm ³	100%
Suelos sin cal	10.26	1.652	47.72
Suelos con la adición de cal al 6%	7.67	1.867	68.4

RECOMENDACIONES

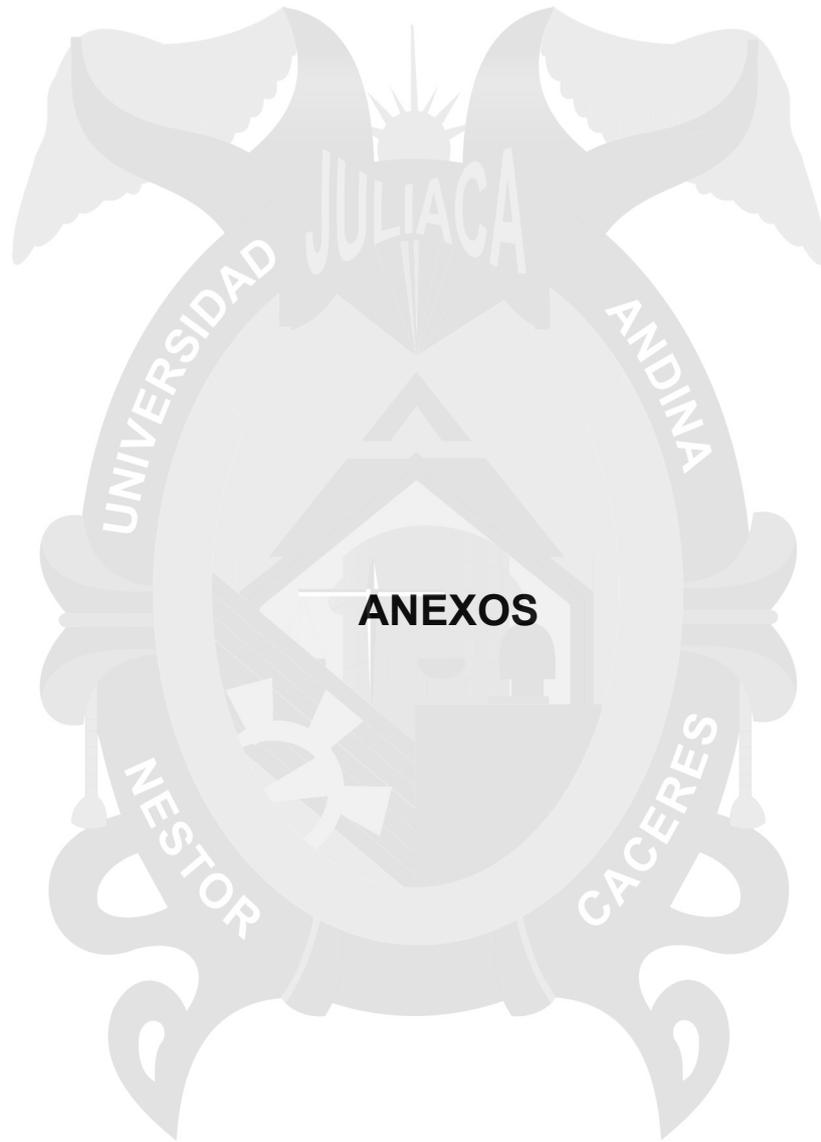
- PRIMERA:** Los suelos empleados en la construcción de carreteras deberán alcanzar en sus propiedades mecánicas valores sugeridos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones; si estos alcanzan valores menores pueden mejorarse con procesos de estabilización diversos.
- SEGUNDA:** En la actualidad se tiene diversas metodologías de estabilización de suelos, diseñados y fabricados exclusivamente para ello; es así que se cuenta con aditivos químicos, geo sintéticos, entre otros; más bien ya está en diseño el empleo de otros materiales de construcción como yeso, asfalto, residuos de la construcción entre algunos.
- TERCERA:** En los procesos de estabilización de suelos para mejorar sus propiedades mecánicas al emplear aditivos, se debe dar cumplimiento a las especificaciones del fabricante estrictamente; en el caso de empleo de geo sintéticos de igual forma elegir el apropiado puesto que se tiene una gran variedad entre estos y finalmente cuando se emplearán otros materiales será necesario la experimentación para establecer la cantidad adecuada.

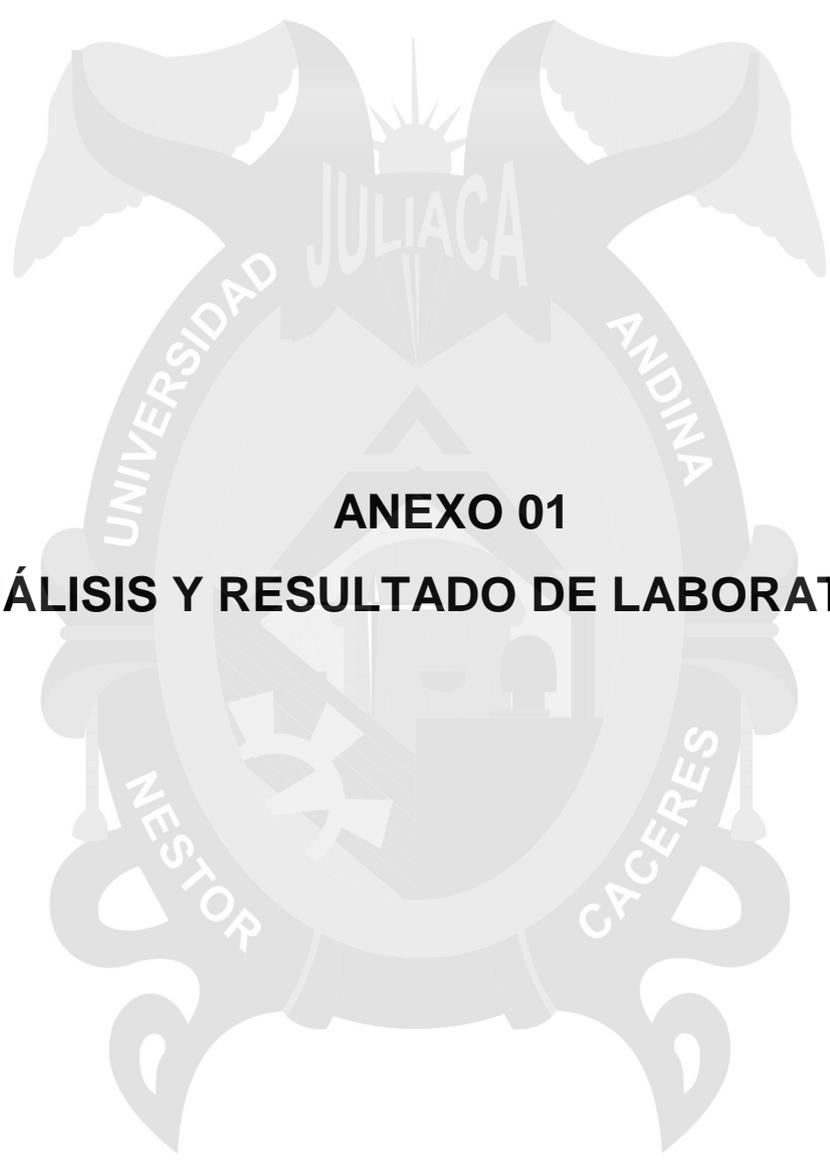
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Bowles Valdiia, J. E. (1982) Propiedades Geofísicas de los Suelos, Guadalajara – México. Editorial Graw Hill.
2. DIV. MTC. (1970) Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras. MTC.VC. Lima – Perú. Editorial CHINCHERO.
3. Fernández Enríquez, C. (1982). Mejoramiento y Estabilización de Suelos. Acapulco – México. Editorial LIMUSA WILEY.
4. Olivera Bustamante, F. (2004). Estructuración de Vías Terrestres. Cancún – México. Compañía Editorial Continental, S.A. de C. V.
5. Gordon Keller, G. B. y Aldana Sánchez, M. (1995). Caminos Rurales con Impactos Mínimos. Un manual de capacitación con énfasis sobre planificación ambiental, drenajes, estabilización de taludes y control de erosión. Cancún - México. Editorial Scorpio, S.A. de C.V.
6. Instituto Nacional de Vías. (1998) Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Santafé de Bogotá – Colombia. Editorial ANDI.
7. Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (1997). Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato. Tijuana – México. Editorial LIMUSA S.A.
8. Juárez Badillo, E. y Rico Balan, A. (2001) Mecánica de Suelos, Tomo I. Fundamento de la Mecánica de suelos. Tijuana – México. Editorial LIMUSA S.A. CV Grupo Noriega Editores.
9. Juárez Badillo, E. y Rico Balan, A. (2014). (2004) Mecánica de Suelos, Tomo II. Teoría y aplicación de la Mecánica de suelos. Tijuana – México. Editorial LIMUSA S.A. CV Grupo Noriega Editores.



10. Juárez Badillo, E. y Rico Balan, A. (2014). Mecánica de Suelos, Tomo III. Flujo de agua en suelos. Tijuana – México. Editorial LIMUSA S.A. CV Grupo Noriega Editores.
11. Kraemer Ortiz, C. (2009). Ingeniería de Carreteras (volumen I) 2da. Madrid – España. Edición Editorial S.A.
12. Lambe Ortega, T. W. y Whitman Rosendo, R.V. (1982). Mecánica de Suelos. (Traducción J.A. Jiménez Salas y J.M. Rodríguez), Capítulo I. Tijuana – México. Editorial Luminosa S.A.
13. Ministerio de Obras Públicas y Transporte, (1987). El Método de Diseño de Pavimentos Flexibles de Carreteras. Lima – Perú. Editorial MERIDIANS.
14. Montejo Fonseca, A. (1998). Ingeniería De Pavimentos Para Carreteras. San Salvador – Salvador. Editorial Rino.
15. Olivares Castillo, P. E. y Rosario Delgado, R. A. (1972). Carreteras - El Diseño y Construcción de Vías con Suelo-Cemento. Bogotá – Colombia Editorial ANDI.
16. Otoniel Fernández, H. (1979). Curso de Pavimentos, Instituto de Vías. Universidad del Cauca. Cauca – Colombia. Editorial ANDI.
17. Sánchez Sabogal, F. (2012). Algunos comentarios sobre el Método de Diseño de Pavimentos Asfálticos Incluidos en la Overseas Road Note 31 del TRL. Tijuana – México. Editorial luminosa S.A.
18. Salgado Bocaz, C. (2008). Diseño de Base tratada de Escoria de Vanadio con Asfalto espumado para Caminos Básicos. Santiago – Chile. Editorial UBB-SISIB.





ANEXO 01
ANÁLISIS Y RESULTADO DE LABORATORIO



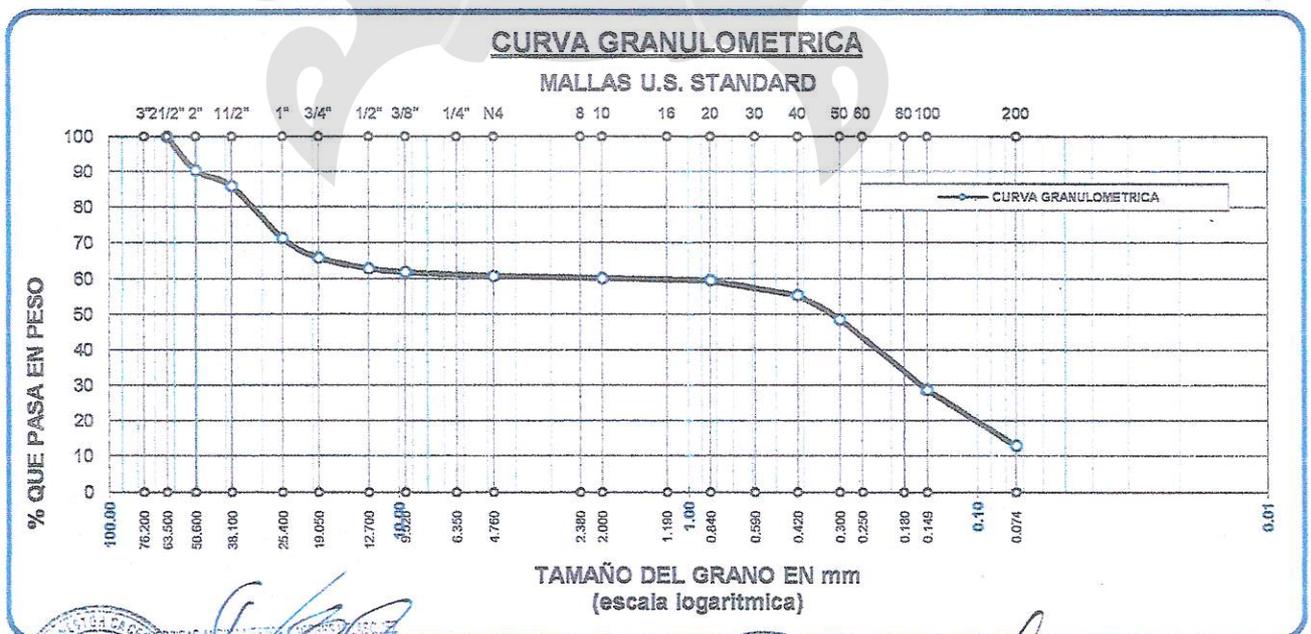
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACION : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
LUGAR : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.
CALICATA : 01
PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

Table with 7 columns: TAMICES ASTM, ABERTURA mm, PESO RETENIDO, %RETENIDO PARCIAL, %RETENIDO ACUMULADO, % QUE PASA, ESPECIF. and TAMANO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA. Includes data for various sieve sizes and summary statistics like D10, D30, D60, L.L., L.P., I.P., and classification (I.G., SUCS, ASSTHO).



Handwritten signature and official stamp of the laboratory.

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
Handwritten signature and official stamp.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

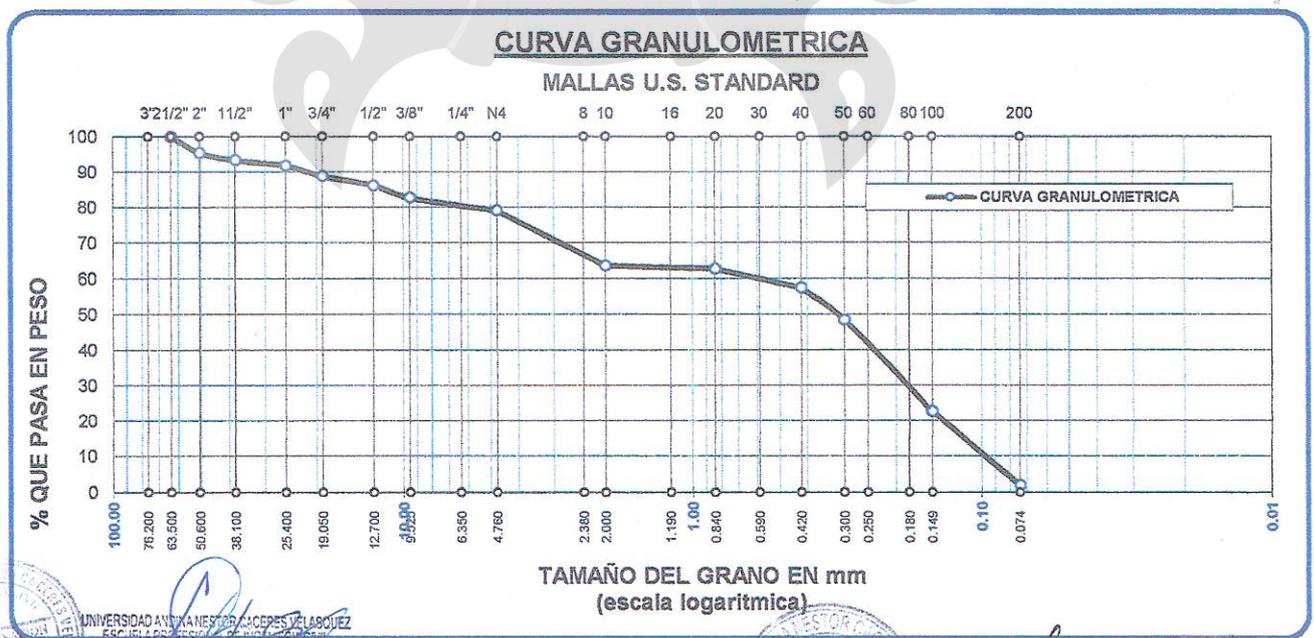


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
LUGAR : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.
CALICATA : 02
PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

Table with 7 columns: TAMICES ASTM, ABERTURA mm, PESO RETENIDO, %RETENIDO PARCIAL, %RETENIDO ACUMULADO, % QUE PASA, ESPECIF. and TAMANO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA. Includes data for various sieve sizes and classification parameters like P.I., L.L., L.P., etc.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Mg. Ing. Dra. Elizabeth Quinto Castiburni



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

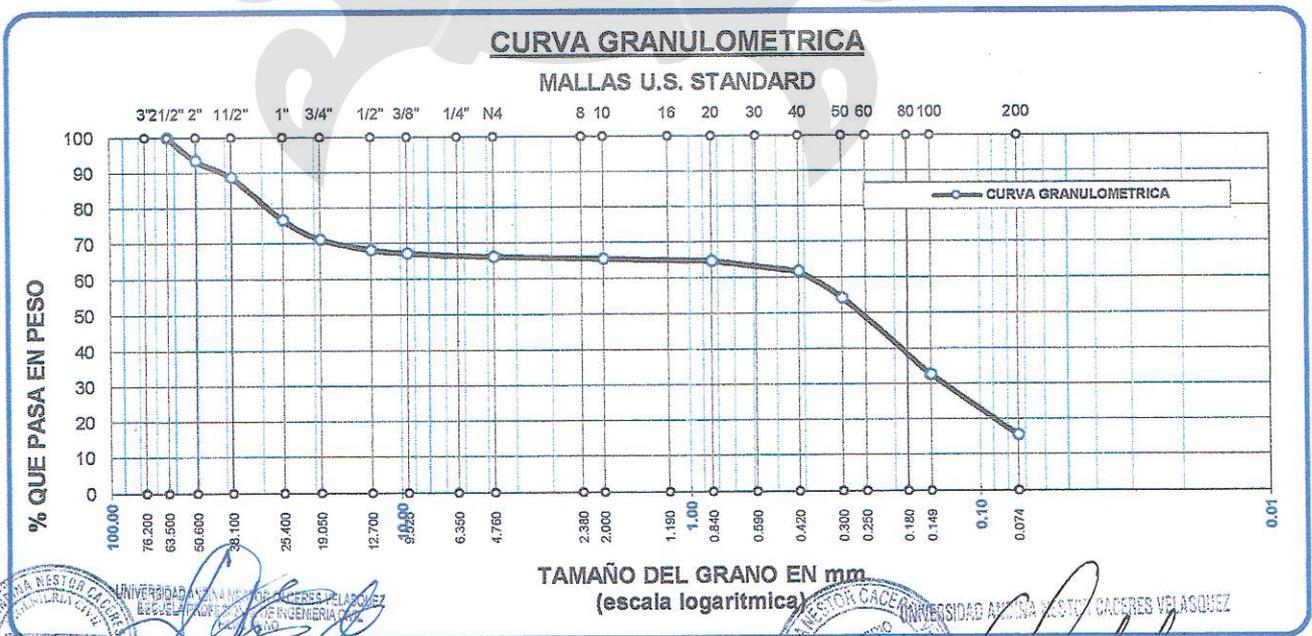


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACION : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
LUGAR : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.
CALICATA : 03
PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

Table with 7 columns: TAMICES ASTM, ABERTURA mm, PESO RETENIDO, %RETENIDO PARCIAL, %RETENIDO ACUMULADO, % QUE PASA, ESPECIF. and TAMANO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA. Includes data for various sieve sizes and classification parameters like L.L., I.P., and SUSCS.



Official stamps and signatures from the Universidad Andina 'Néstor Cáceres Velásquez' and the laboratory.

Official stamps and signatures from the Oficina de Investigación UANCY and the laboratory.



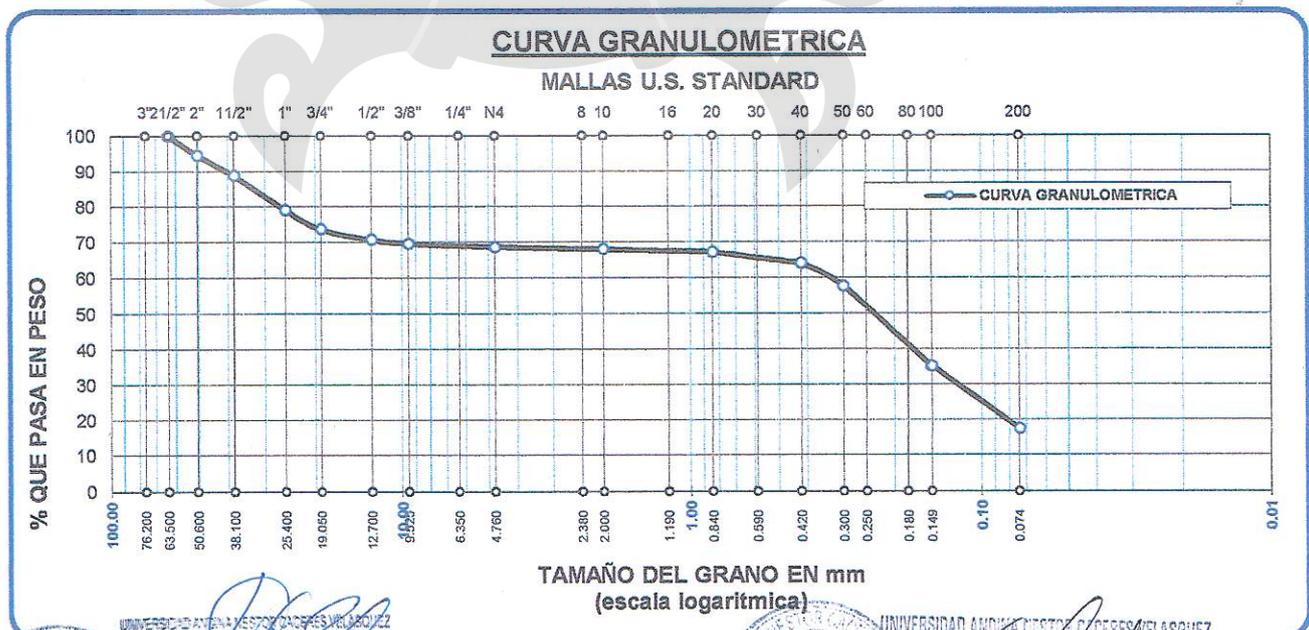
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
LUGAR : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.
CALICATA : 05
PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

Table with 7 columns: TAMICES ASTM, ABERTURA mm, PESO RETENIDO, %RETENIDO PARCIAL, %RETENIDO ACUMULADO, % QUE PASA, ESPECIF. and TAMANO MAXIMO. Includes rows for various sieve sizes (3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", No4, No8, No10, No16, No20, No30, No40, No 50, No60, No80, No100, No200) and summary rows for BASE, TOTAL, and % PERDIDA. Also includes classification data like D10, D30, D60, Cu, Cc, and SW/ASSTHO.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
INGENIERIA CIVIL
COORDINACIÓN ACADÉMICA
Ing. Inc. Pío de la Cruz Quinto Castibard

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Bach. I. C. Marisol Guillen Quintanilla



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL
KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.
CALICATA : 01
PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

Table with 3 columns: Item, Unit, Value. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO (172.50 gr), SUELO SECO + TARRO (147.00 gr), PESO DEL TARRO (39.10 gr), PESO DEL AGUA (25.50 gr), PESO DEL SUELO SECO (107.90 gr), HUMEDAD % (23.63 %).

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

Table for Limite Liquido with columns F and G. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, N° DE GOLPES.

Table for Limite Plastico with columns F and G. Rows include values for F and G corresponding to the Limite Liquido table.

LIMITE LIQUIDO : 26.40 LIMITE PLASTICO : 16.19

INDICE PLASTICO : 10.21

LL = Wn * (N/25)^0.121
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
ESUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
Mto. Ing. Ibañez Elizabetta Guzmán Castibardi
REGISTRO M.P.N. 82333
COORDINADORA ACADEMICA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
Mto. Ing. Ibañez Elizabetta Guzmán
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL
KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CALICATA : 02
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016. PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

Table with 3 columns: Description, Unit, and Value. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO (173.20 gr), SUELO SECO + TARRO (161.20 gr), PESO DEL TARRO (39.10 gr), PESO DEL AGUA (12.00 gr), PESO DEL SUELO SECO (122.10 gr), and HUMEDAD % (9.83 %).

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

Table for Liquid Limit (F and G) with rows for SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, and N° DE GOLPES.

Table for Plastic Limit (F and G) with rows for SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, and N° DE GOLPES.

LIMITE LIQUIDO : 24.37 LIMITE PLASTICO : 13.98

INDICE PLASTICO : 10.39

LL = Wn * (N/25)^0.121
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
COORDINADORA ACADEMICA



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL
KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.
CALICATA : 03
PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

Table with 3 columns: Description, Unit, and Value. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO (163.10 gr), SUELO SECO + TARRO (153.20 gr), PESO DEL TARRO (39.10 gr), PESO DEL AGUA (9.90 gr), PESO DEL SUELO SECO (114.10 gr), and HUMEDAD % (8.68 %).

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

Table for Limite Liquido with columns: TARRO N°, F, and G. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, and N° DE GOLPES.

Table for Limite Plastico with columns: F and G. Rows include values for F and G corresponding to the soil samples.

LIMITE LIQUIDO : 22.09 LIMITE PLASTICO : 12.00

INDICE PLASTICO : 10.09

LL = Wn * (N/25)^0.121
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes



Handwritten signature and stamp of the Coordinadora Académica, including name and registration number.



Handwritten signature and stamp of the Encargado de Laboratorio, including name and title.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL
KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CALICATA : 04
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016. PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

Table with 3 columns: Description, Unit, and Value. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO (167.10 gr), SUELO SECO + TARRO (156.30 gr), PESO DEL TARRO (39.10 gr), PESO DEL AGUA (10.80 gr), PESO DEL SUELO SECO (117.20 gr), and HUMEDAD % (9.22 %).

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

Table for Limite Liquido with columns: TARRO N°, F, G. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, and N° DE GOLPES.

Table for Limite Plastico with columns: F, G. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, and N° DE GOLPES.

LIMITE LIQUIDO : 22.14 LIMITE PLASTICO : 11.78

INDICE PLASTICO : 10.36

LL = Wn * (N/25)^0.121
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
COORDINADORA ACADEMICA

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Bach. I.C. Edwin Noel Choque Guzman
ENCARGADO DEL LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016. **CALICATA** : 05
PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	172.20
SUELO SECO + TARRO	gr	162.20
PESO DEL TARRO	gr	39.10
PESO DEL AGUA	gr	10.00
PESO DEL SUELO SECO	gr	123.10
HUMEDAD %	%	8.12

**LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

TARRO N°		F	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31.70	31.20
SUELO SECO + TARRO	gr	28.13	29.10
PESO DEL TARRO	gr	18.91	18.47
PESO DEL AGUA	gr	3.57	2.10
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.22	10.63
HUMEDAD %	%	38.72	19.76
N° DE GOLPES		22	22

F	G
11.30	11.15
10.75	10.90
8.65	8.60
0.55	0.25
2.10	2.30
26.19	10.87

LIMITE LIQUIDO : 28.79 **LIMITE PLASTICO** : 18.53

INDICE PLASTICO : 10.26

LL = $W_n * (N/25)^{0.121}$
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUOLA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Reg. Insc. Oficina de Asesoría Jurídica Quinto Castibardi
REGISTRO OIPN° 82633
COORDINADURA ACADÉMICA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Bach. I.C. Edwin Abel Quiroz Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000
DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CALIGATA : 01
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016. PROFUNDIDAD : 0.90 mt.

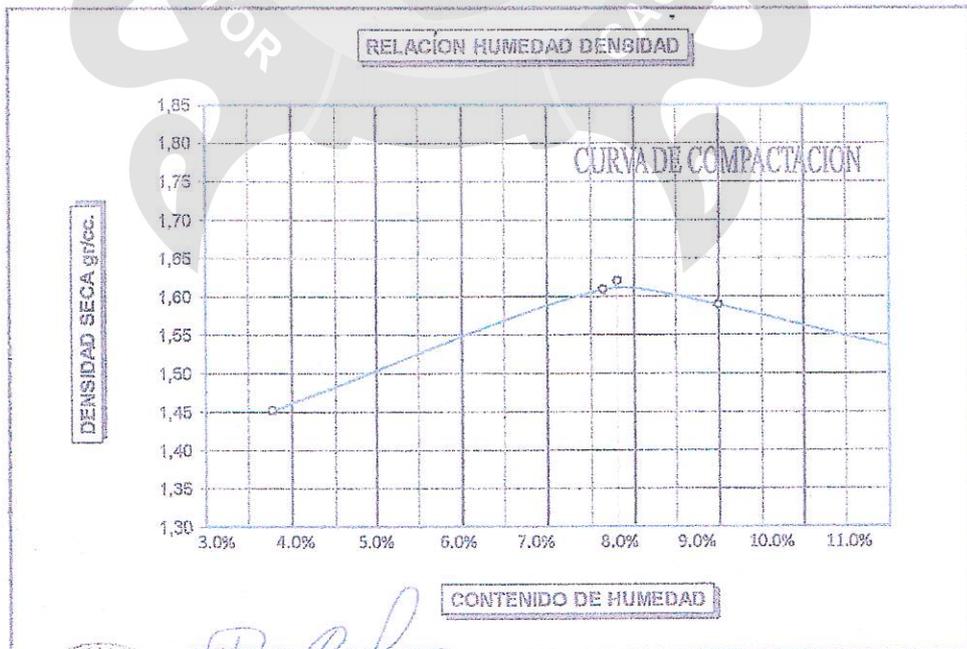
Table with 4 columns: MOLDE No, No DE CAPAS, VOLUMEN DEL MOLDE, GOLPES POR CAPA. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 6 columns: Property, Unit, and 4 test values. Rows include: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-8, and 4 summary rows. Rows include: Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,620 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 7,80 %



Signatures and official stamps of the laboratory and university. Includes text: 'LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO', 'Bach. I.C. Edwin Yoel Choquea Guzman', 'ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO'.

B.Nº:00741097



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.
CALICATA : 02
PROFUNDIDAD : 0.90 mt.

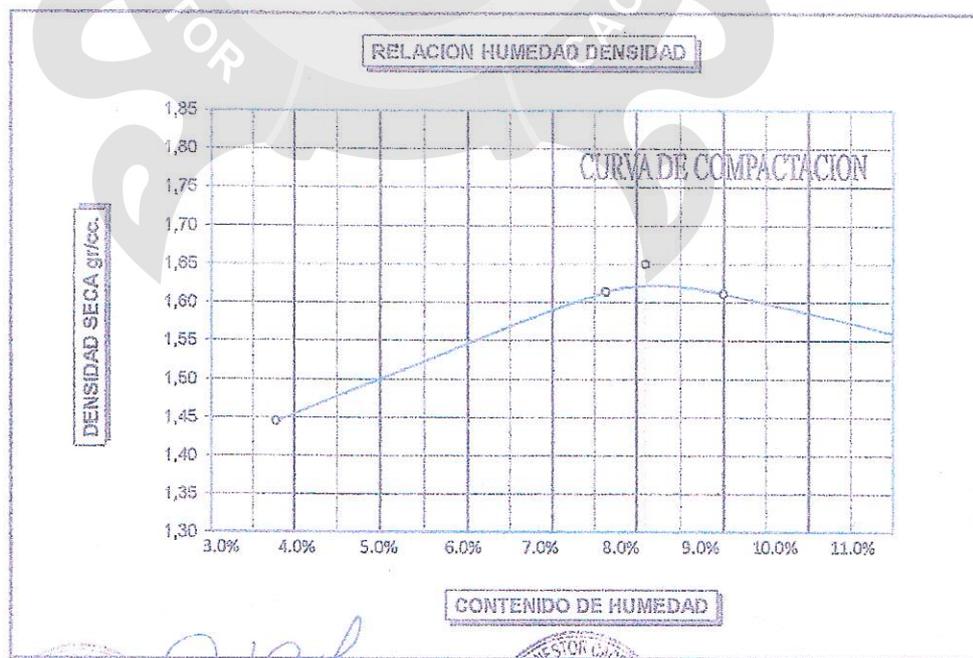
MOLDE No	13-15	VOLUMEN DEL MOLDE	2067 cc
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9100	9590	9630	9280
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Humedo	gr/cc.	3100	3590	3630	3280
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1,50	1,74	1,76	1,59

Capsula No	No	1	2	3	4	5	6	7	8
Brefo Humedo + Capsula	gr.	414,13	421,17	415,17	432,70	417,20	432,25	460,28	461,67
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	400,62	407,16	387,97	405,39	386,00	399,90	377,66	390,80
Peso del Agua	gr.	13,51	14,01	27,20	27,31	31,20	32,35	72,72	61,07
Peso de la Capsula	gr.	39,80	39,85	39,50	39,55	39,54	39,60	39,54	39,61
Peso del Suelo Seco	gr.	361,02	367,51	348,47	365,84	346,46	360,30	338,02	350,99
% de Humedad	%	3,74%	3,81%	7,8%	7,47%	9,01%	8,98%	21,51%	17,40%
Promedio de Humedad	%	3,78%		7,64%		8,99%		19,46%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,45		1,61		1,61		1,33	

METODO: ASTM D-1557-91
MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,650 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8,10 %



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Bach. I. C. Edwin Noel Choque Guzmán
ENCARGADO DEL LABORATORIO ING. CIVIL PUNO

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Bach. I. C. Edwin Noel Choque Guzmán
ENCARGADO DEL LABORATORIO ING. CIVIL PUNO
B. N°: 00741097



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000
DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.
CALIGATA : 03
PROFUNDIDAD : 0.90 mt.

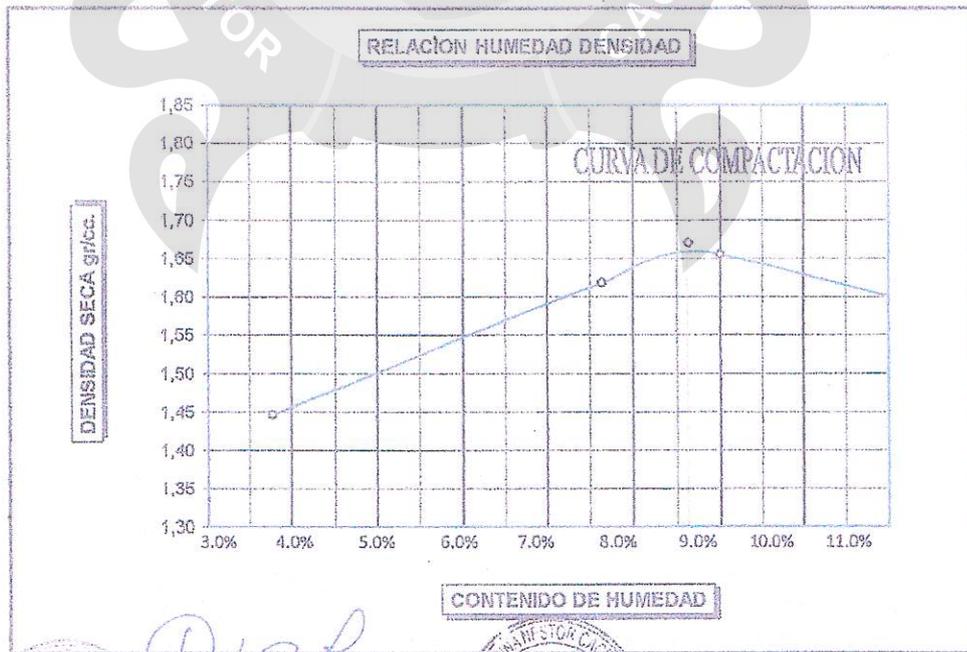
Table with 4 columns: MOLDE No, No DE CAPAS, VOLUMEN DEL MOLDE, GOLPES POR CAPA. Values: 13-16, 5, 2087 cc, 56.

Table with 6 columns: Parameter, Unit, and 4 data points. Parameters include Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, and Densidad del Suelo Humedo.

Table with 11 columns: Capsula No, No, 1-8, and 4 data points. Parameters include Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, and Densidad del Suelo Seco.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,670 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8,83 %



Handwritten signature and official stamp of the laboratory.

Handwritten signature and official stamp of the laboratory.

B. N°:00741097



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

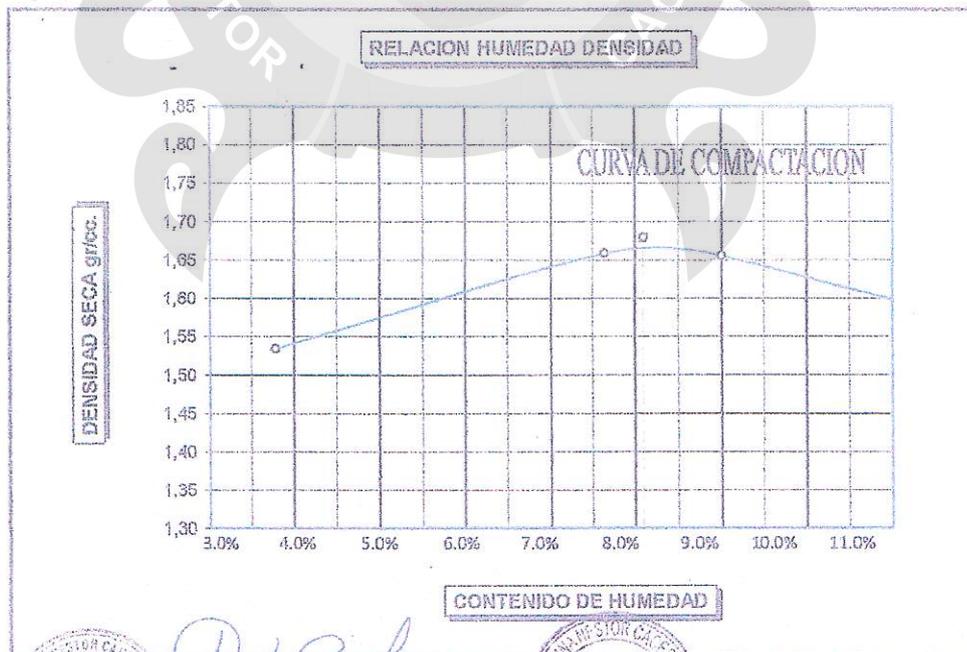
PROYECTO	TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"		
SOLICITANTE	BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.		
UBICACIÓN	Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.		
PROPORCION	CANTERA DE SUELOS "VENTILLA"	CALIGATA	: 04
FECHA	NOVIEMBRE DEL 2016.	PROFUNDIDAD	: 0.90 mt.

MOLDE No	13-15	VOLUMEN DEL MOLDE	2067 cc
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	3290	3690	3730	3308
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Humedo	gr/cc.	3290	3690	3730	3308
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1,59	1,79	1,80	1,60

Capsula No	No	1	2	3	4	5	6	7	8
Suelo Humedo + Capsula	gr.	414,13	421,17	415,17	432,70	417,20	432,25	450,28	451,67
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	400,62	407,16	387,97	405,39	386,00	399,90	377,56	390,60
Peso del Agua	gr.	13,51	14,01	27,20	27,31	31,20	32,35	72,72	61,07
Peso de la Capsula	gr.	39,60	39,65	39,50	39,55	39,54	39,60	39,54	39,61
Peso del Suelo Seco	gr.	361,02	367,51	348,47	365,84	346,46	360,30	338,02	350,99
% de Humedad	%	3,74%	3,81%	7,8%	7,47%	9,01%	8,93%	21,51%	17,40%
Promedio de Humedad	%	3,78%		7,64%		8,99%		19,46%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,53		1,66		1,66		1,34	

METODO:	ASTM D-1557-91 MODIFICADO A	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1,680 gr/cc
		HUMEDAD OPTIMA	: 8,10 %



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Bach. I.C. Edwin Yoel Choque Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO B.Nº:00741097



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACION : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CALIGATA : 05
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016. PROFUNDIDAD : 0.90 mt.

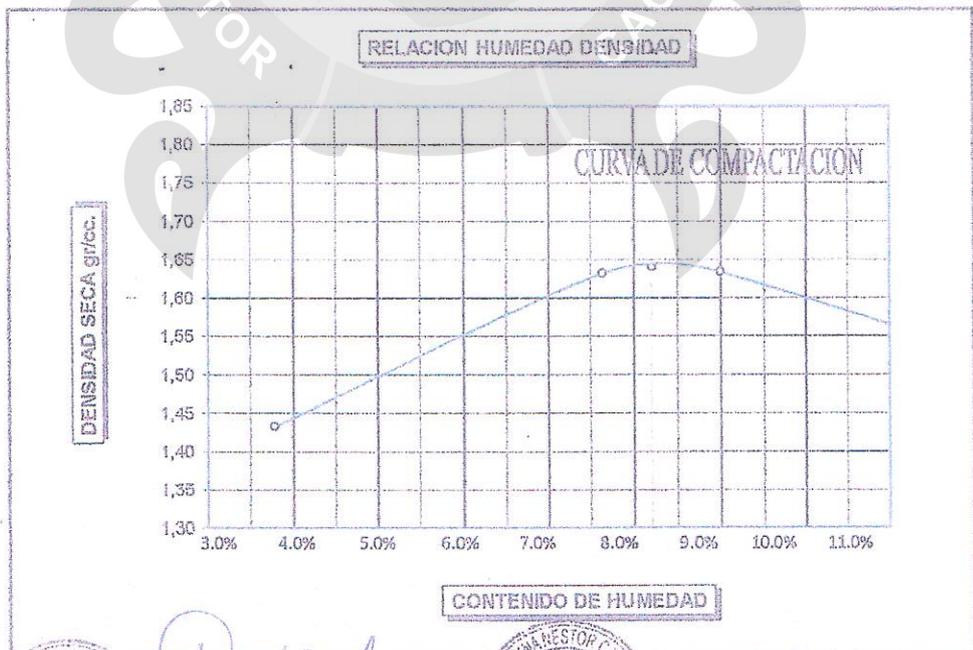
Table with 4 columns: MOLDE No, No DE CAPAS, VOLUMEN DEL MOLDE, GOLPES POR CAPA. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 7 columns: Property, Unit, and 5 numerical values. Rows include: Peso Suelo Humedo + Molde (gr), Peso del Molde (gr), Peso del Suelo Humedo (gr/cc), Densidad del Suelo Humedo (gr/cc).

Table with 11 columns: Capsula No, No, 1-8, and 2 empty columns. Rows include: Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

METODO: ASTM D-1657-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,640 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8,20 %



Seals and signatures of the laboratory and university.

Seals and signature of the laboratory and university. Includes name: Bach. I.C. Edwin Yoel Choque Guzman, ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO. B.Nº:00741097



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL
KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 3% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.
CALICATA : 01
PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

Table with 3 columns: Description, Unit, and Value. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO (165.20 gr), SUELO SECO + TARRO (154.80 gr), PESO DEL TARRO (39.10 gr), PESO DEL AGUA (10.40 gr), PESO DEL SUELO SECO (115.70 gr), and HUMEDAD % (8.99 %).

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

Table for Limite Liquido with columns: TARRO N°, F, G. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, and N° DE GOLPES.

LIMITE PLASTICO

Table for Limite Plastico with columns: F, G. Rows include values for SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, and HUMEDAD %.

LIMITE LIQUIDO : 26.78 LIMITE PLASTICO : 18.53

INDICE PLASTICO : 08.25

LL = Wn * (N/25)^0.121
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes

Signature and stamp of Mg. Ing. Diana Elizabeth Barranto Castibardi, Coordinadora Académica.

Signature and stamp of Bach. I.C. Edwin Noel Choque Guzman, Encargado de Laboratorio Ing. Civil Puno.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL
KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 3% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.
CALICATA : 02
PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

Table with 3 columns: Description, Unit, and Value. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO (153.20 gr), SUELO SECO + TARRO (145.30 gr), PESO DEL TARRO (39.10 gr), PESO DEL AGUA (7.90 gr), PESO DEL SUELO SECO (106.20 gr), and HUMEDAD % (7.44 %).

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

Table for Limite Liquido with columns: TARRO N°, F, and G. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, and N° DE GOLPES.

Table for Limite Plastico with columns: F and G. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, and HUMEDAD %.

LIMITE LIQUIDO : 23.38 LIMITE PLASTICO : 14.96

INDICE PLASTICO : 08.42

LL = Wn * (N/25)^0.121
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes

Seal and signature of the Academic Coordinator, Ing. Ana Chany Shirapay, Puno, 2016.

Seal and signature of the Laboratory Chief, Bach. I.C. Edwin Yoel Choque Guzman, Puno, 2016.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL
KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 3% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016. CALICATA : 03
PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

Table with 2 columns: Description and Weight/Percentage. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO (160.83 gr), SUELO SECO + TARRO (152.27 gr), PESO DEL TARRO (39.10 gr), PESO DEL AGUA (8.56 gr), PESO DEL SUELO SECO (113.17 gr), HUMEDAD % (7.56 %).

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

Table for Limite Liquido with columns: TARRO N°, F, G. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, N° DE GOLPES.

LIMITE PLASTICO

Table for Limite Plastico with columns: F, G. Rows include values for F and G corresponding to the Limite Liquido table.

LIMITE LIQUIDO : 25.84 LIMITE PLASTICO : 17.34

INDICE PLASTICO : 08.50

LL = Wn * (N/25)^0.121
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes

Signature and stamp of Mg. Ing. Diana Elizabeth Quinto Castibardi, Coordinadora Académica.

Signature and stamp of Bach. Ing. Edwin Yael Choque Guzman, Encargado de Laboratorio Ing. Civil Puno.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 3% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

Table with 4 columns: Molde No, No DE CAPAS, VOLUMEN DEL MOLDE GOLFES POR CAPA, 2067 cc, 56

Table with 6 columns: Property (Peso Suelo Humedo + Molde, etc.), Unit (gr, gr/cc), and 4 values

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-8, and rows for Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, etc.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,740 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 7,80 %



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Dra. Ina. Diana Elizabeth Ordoñez Castañeda
COORDINADORA ACADÉMICA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
Bach. I.C. Edwin Noel Choque Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO

B.Nº:00741097



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 3% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

MOLDE No	13-15	VOLUMEN DEL MOLDE	2067 cc
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9830	9948	9883	9860	
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000	
Peso del Suelo Humedo	gr/cc.	3830	3948	3883	3860	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1,78	1,91	1,88	1,78	

Capsula No	No	1	2	3	4	5	6	7	8	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	414,13	421,17	415,17	432,70	417,20	432,25	450,28	451,67	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	400,82	407,16	397,97	405,39	398,00	399,00	377,53	380,60	
Peso del Agua	gr.	13,51	14,01	27,20	27,31	31,20	32,35	72,72	61,07	
Peso de la Capsula	gr.	39,60	39,65	39,50	39,55	39,54	39,60	39,54	39,61	
Peso del Suelo Seco	gr.	361,02	367,51	348,47	365,84	348,46	360,30	338,02	340,99	
% de Humedad	%	3,74%	3,81%	7,8%	7,47%	9,01%	8,98%	21,51%	17,40%	
Promedio de Humedad	%	3,78%		7,64%		8,99%		19,46%		
Densidad del Suelo Seco	%	1,69		1,77		1,72		1,49		

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A
MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,770 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 7,80 %



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Bach. I.C. Edwin Yoel Choque Guzmán
ENCARGADO DE LABORATORIO IRE CIVIL PUNO
B.Nº:00741097



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000
DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACION : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 3% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

Table with 4 columns: MOLDE No, No DE CAPAS, VOLUMEN DEL MOLDE, GOLPES POR CAPA. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 6 columns: Property, Unit, and four data points. Rows include: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-9, and 5 rows of data including: Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, etc.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,730 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8,50 %



Handwritten signatures and official stamps from the laboratory and university.

B.Nº:00741097



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS EXACTAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold and sample conditions: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Volumen del Suelo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with capsule and dry soil data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm, Expansion %.

PENETRACION

Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, MOLDE No II, MOLDE No I.

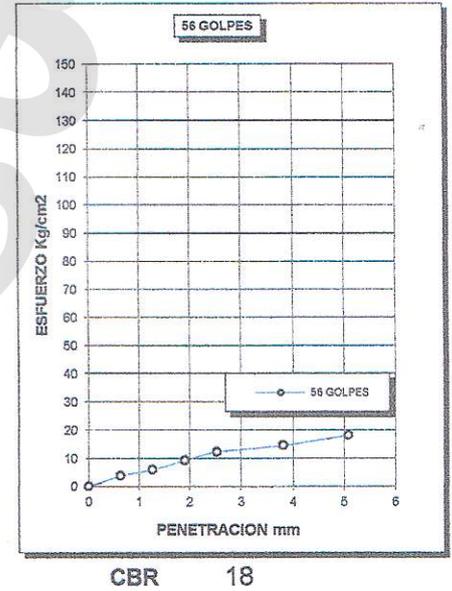
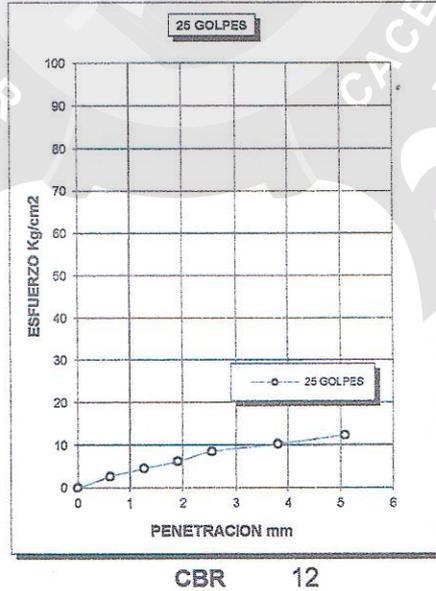
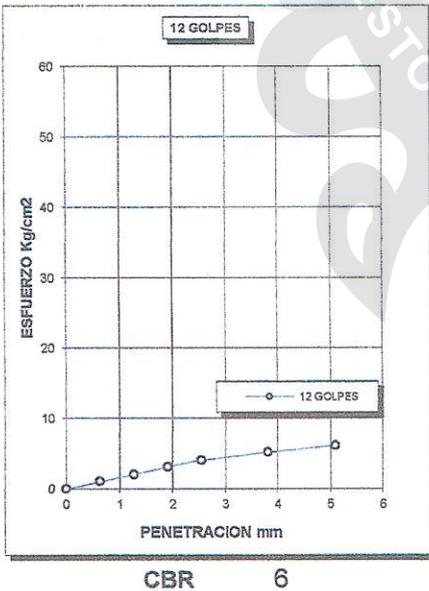
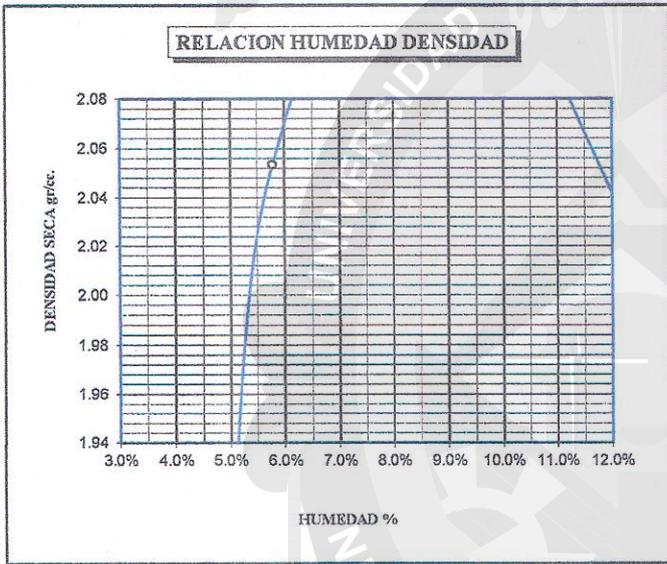
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

Handwritten signature and official stamp of the Academic Coordinator.

Handwritten signature and official stamp of the Laboratory Director.



PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.740
PROFUNDIDAD	: 1.60 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.80
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	52.30
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	49.60
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 3% CAL	RET MALLA 3/4" =	3/8" = N4 =
OBSERVACIONES:	MUESTREADO POR EL SOLICITANTE	CLASIFICACION	
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 PUNO
 Wg. Ing. Edwin Noel Choque Guzman
 REGISTRO: D.P. N° 23333
 COORDINADORA ACADÉMICA

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
 PUNO
 Ing. Edwin Noel Choque Guzman
 CARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



PROYECTO DE INGENIERÍA Y CIENCIAS BÁSICAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold specifications: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, etc.

Table with moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm and %.

PENETRACION

Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, II, I.

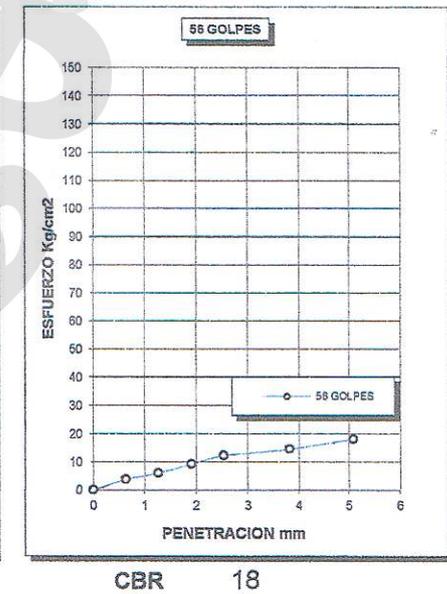
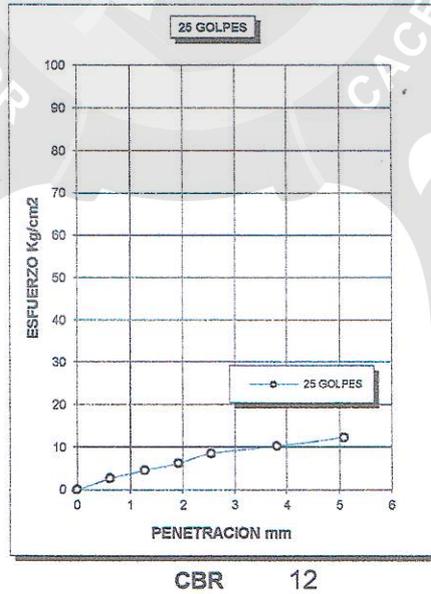
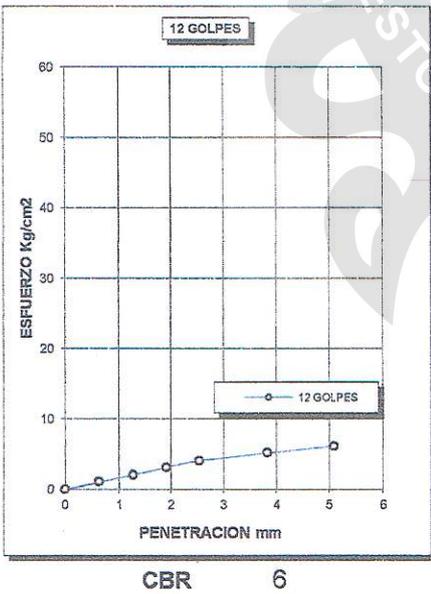
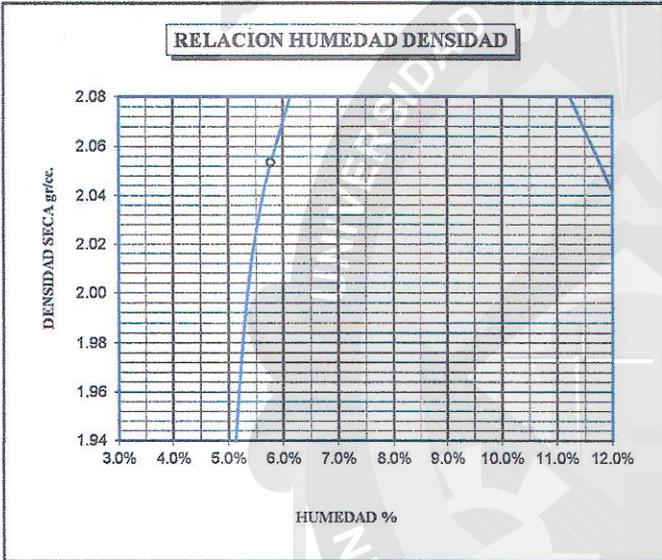
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

University and laboratory stamps and signatures on the left side.

University and laboratory stamps and signatures on the right side.



PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.77
PROFUNDIDAD	: 1.60 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.80
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	53.60
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	50.92
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 3% CAL	RET MALLA 3/4" =	3/8" = N4 =
OBSERVACIONES:	MUESTREADO POR EL SOLICITANTE	CLASIFICACION	
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
COORDINADORA ACADÉMICA
Ing. I. C. Marisol Guillen Quintanilla
REGISTRO DINA 82333
COORDINADORA ACADÉMICA

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO
Bach. Edwin Joel Choque Guzman



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS FÍSICAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold specifications: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, etc.

Table with soil moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm, Expansion %.

PENETRACION

Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, MOLDE No II, MOLDE No I.

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

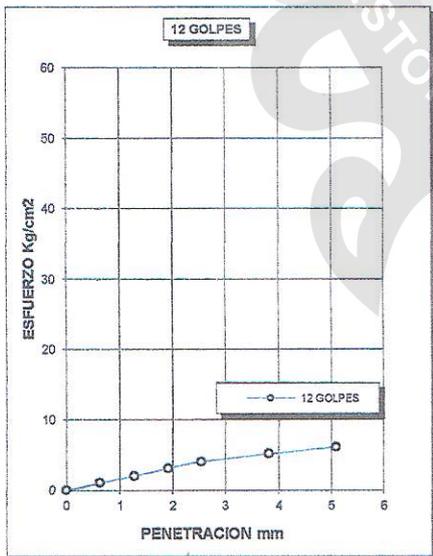
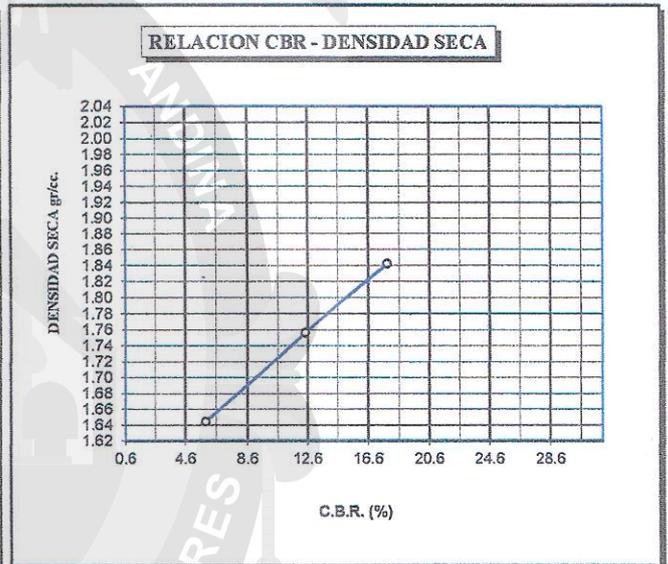
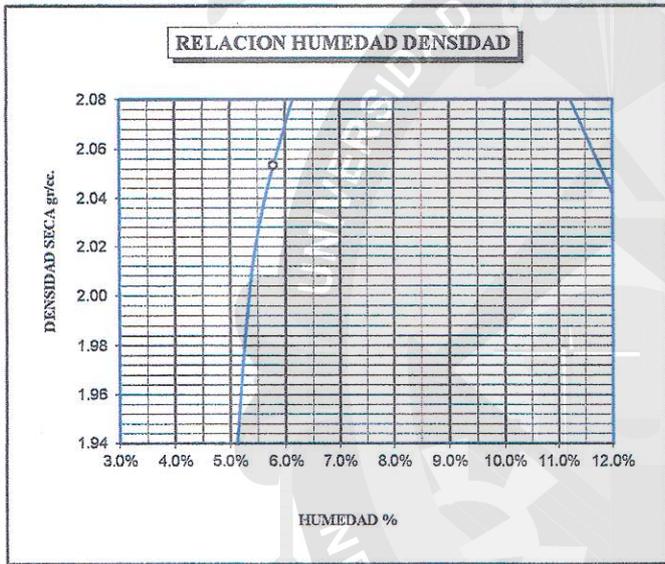


B. N° 00741097

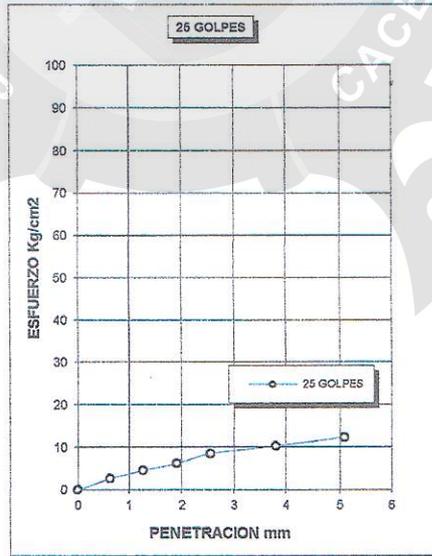


CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

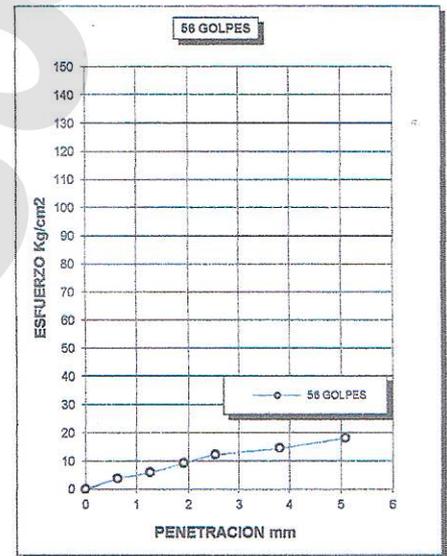
Table with project details: PROYECTO, SOLICITADO, PROFUNDIDAD, FECHA, UBICACIÓN, LUGAR, OBSERVACIONES, METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91, MAXIMA DENSIDAD SECA, HUMEDAD OPTIMA, CBR AL 100 DE M.D.S., CBR AL 95% DE M.D.S., RET MALLA, CLASIFICACION, SUCS, EMBEBIDO.



CBR 6



CBR 12



CBR 18

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
COORDINADORA ACADÉMICA
Ing. Diana Elizabeth Quiroa Castañud
REGISTRO CIVIL 42333
COORDINADORA ACADÉMICA

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Ing. Ugo Enrique Torres Cárdenas Guzmán
CARGADO DE LABORATORIO, ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL
KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 6% DE CAL. CALICATA : 01
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016. PROFUNDIDAD : 1.80 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

Table with 3 columns: Item, Unit, Value. Rows include: SUELO HUMEDO + TARRO (167,20 gr), SUELO SECO + TARRO (156,27 gr), PESO DEL TARRO (39,10 gr), PESO DEL AGUA (10,93 gr), PESO DEL SUELO SECO (117,17 gr), HUMEDAD % (9,33 %).

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T80

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

Table for Liquid Limit with columns: TARRO N°, F, G. Rows include: SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, N° DE GOLPES.

Table for Plastic Limit with columns: F, G. Rows include: SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, N° DE GOLPES.

Summary row: LIMITE LIQUIDO : 19,41 LIMITE PLASTICO : 12,00

Summary row: INDICE PLASTICO : 07,41

LL = Wn * (N/25)^0.121
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Ing. I. C. Edwin Yoel Choquea Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO

Handwritten signatures and stamps of the academic coordinator.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"

SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.

UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 8% DE CAL.

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

GALIGATA : 02

PROFUNDIDAD : 1.80 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	160,87
SUELO SECO + TARRO	gr	151,80
PESO DEL TARRO	gr	29,10
PESO DEL AGUA	gr	9,07
PESO DEL SUELO SECO	gr	112,70
HUMEDAD %	%	8,05

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

TARRO N°		F	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32,25	31,71
SUELO SECO + TARRO	gr	29,13	30,10
PESO DEL TARRO	gr	18,91	18,47
PESO DEL AGUA	gr	2,60	1,61
PESO DEL SUELO SECO	gr	10,22	11,63
HUMEDAD %	%	25,44	13,84
N° DE GOLPES		22	22

	F	G
	11,80	12,04
	11,40	11,78
	8,65	8,60
	0,40	0,26
	2,75	3,18
	14,55	8,18

LIMITE LIQUIDO	:	19,34	LIMITE PLASTICO	:	11,36
----------------	---	-------	-----------------	---	-------

INDICE PLASTICO	:	07,98
-----------------	---	-------

LL = $W_n \cdot (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Ing. Ingrid Patricia Cepeda Cepeda
 REGISTRO CIPAV 82333
 COORDINADORA ACADÉMICA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 Ing. J.C. Edwin Yoel Choque Guzmán
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"

SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.

UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 6% DE CAL.

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

CALICATA : 03

PROFUNDIDAD : 1.60 ml.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	168,23
SUELO SECO + TARRO	gr	156,88
PESO DEL TARRO	gr	39,10
PESO DEL AGUA	gr	11,97
PESO DEL SUELO SECO	gr	117,76
HUMEDAD %	%	9,66

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

TARRO N°		F	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32,16	31,92
SUELO SECO + TARRO	gr	29,13	30,10
PESO DEL TARRO	gr	18,91	18,47
PESO DEL AGUA	gr	2,43	1,82
PESO DEL SUELO SECO	gr	10,22	11,63
HUMEDAD %	%	23,78	15,66
N° DE GOLPES		22	22

F	G
11,60	12,24
11,40	11,73
8,65	8,60
0,20	0,51
2,75	3,13
7,27	16,29

LIMITE LIQUIDO : 19,41 LIMITE PLASTICO : 11,78

INDICE PLASTICO : 07,63

LL = $W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Msc. Ing. Diana Elizabeth Quiroz Castañeda
 REGISTRO C.I.P.A. N° 42333
 COORDINADORA ACADÉMICA



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

[Signature]
 Bach. I.C. Edwin Yoel Choque Guzman
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000
DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 6% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

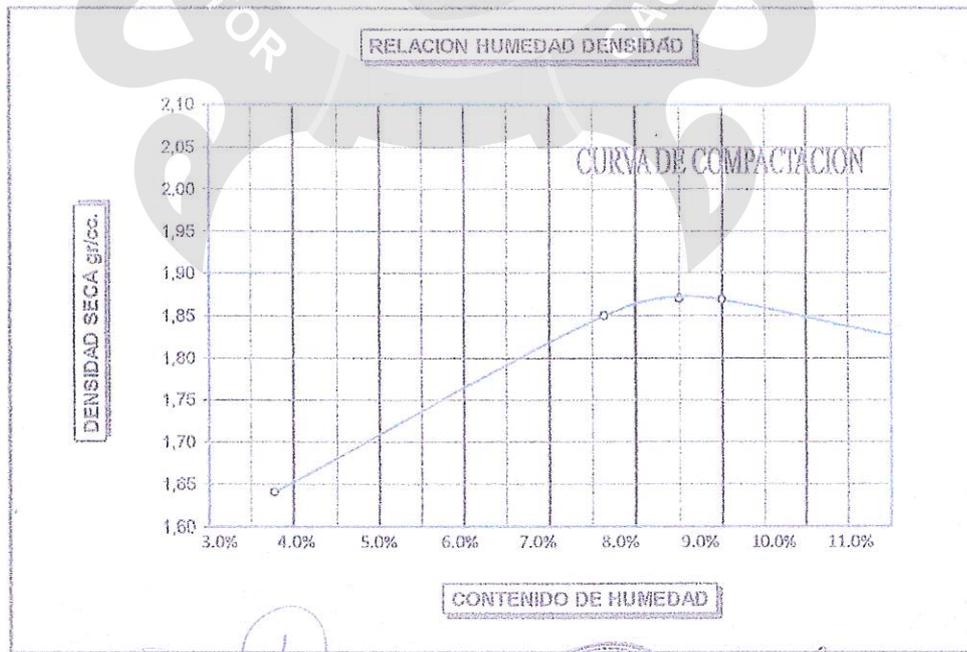
Table with 4 columns: Molde No, No DE CAPAS, VOLUMEN DEL MOLDE, GOLPES POR CAPA. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 6 columns: Row labels (Peso Suelo Humedo + Molde, etc.), Unit, and 4 columns of values. Units include gr., gr/cc, and gr/cc.

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-8, and 4 empty columns. Rows include Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, etc.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,870 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8,50 %



Signatures and stamps of the author and laboratory supervisor. Includes text: 'UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ', 'Bach. I.C. Edwin Noel Choque Guzman', 'ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL 1964 B.Nº:00741097'.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 6% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

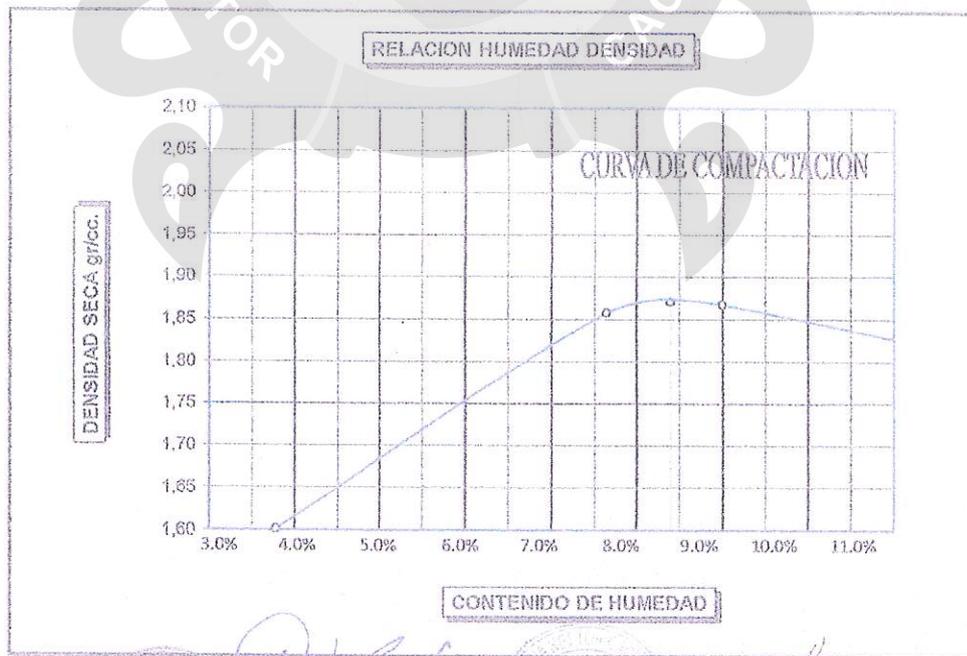
Table with 4 columns: Molde No, No DE CAPAS, VOLUMEN DEL MOLDE, GOLPES POR CAPA. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 6 columns: Weight/Moisture, Unit, and 4 test samples. Rows include: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-8, and 2 empty columns. Rows include: Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,870 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8,40 %



Handwritten signature and official stamp of the laboratory.

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
Bach. I.C. Edwin Noel Choque Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO

B.N°:00741097



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACION : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 6% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

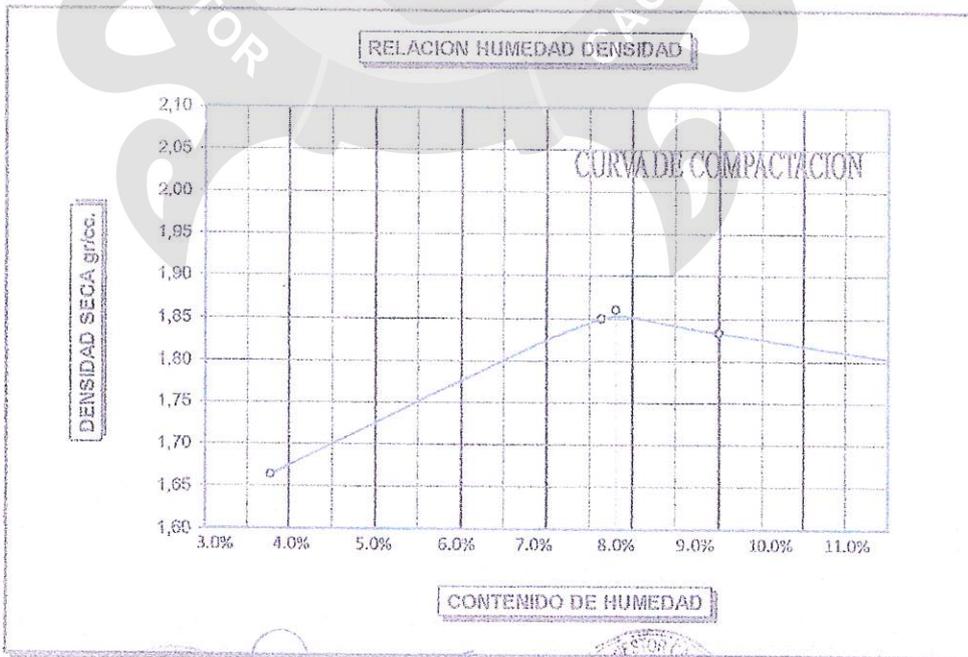
Table with 4 columns: Molde No, No de Capas, Volumen del Molde, Golpes por Capa. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 6 columns: Property, Unit, and four numerical values. Rows include: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-8, and 9. Rows include: Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,860 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 7,80 %



Handwritten signature and official stamp of the laboratory.

Handwritten signature and official stamp of the laboratory. Includes text: 'UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ', 'Bach. I.C. Edwin Yoel Choques Guzman', 'ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL', '00741097'.



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold specifications: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, etc.

Table with moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm and %.

PENETRACION

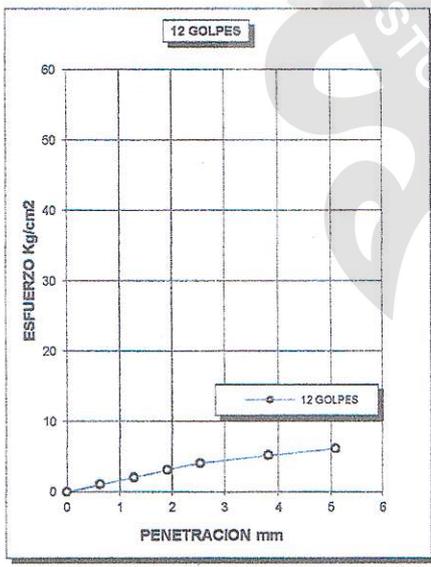
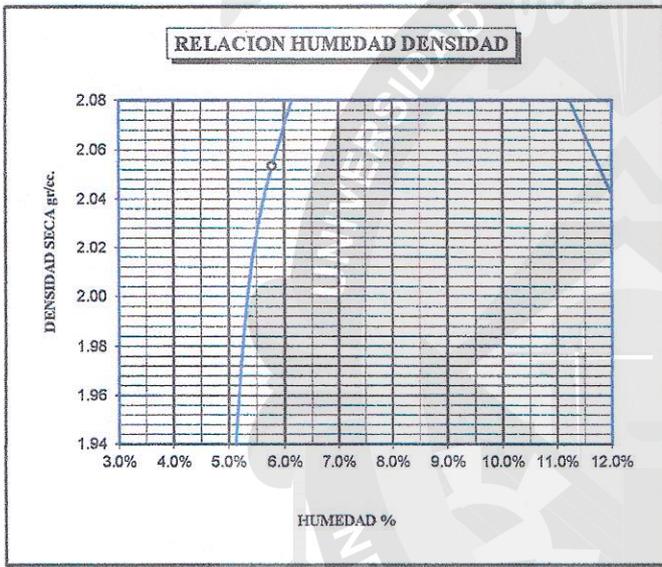
Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, MOLDE No II, MOLDE No I.

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

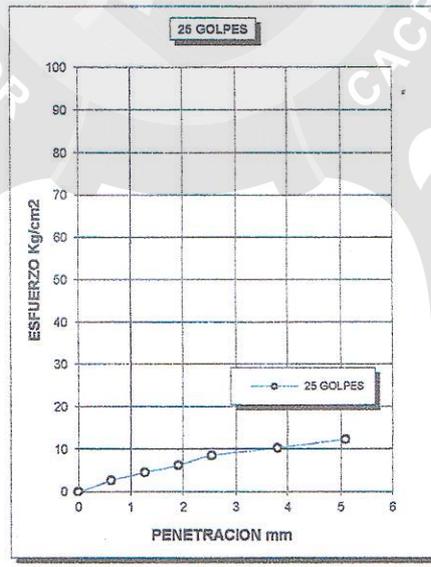




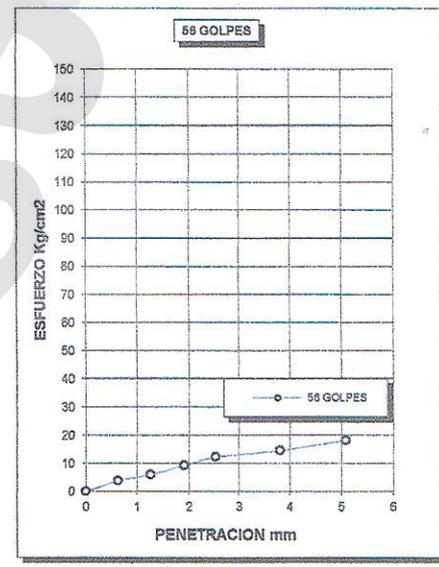
PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.870
PROFUNDIDAD	: 1.60 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.50
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	68.20
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	64.79
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 8% CAL	RET MALLA 3/4" =	3/8" =
OBSERVACIONES:	MUESTREADO POR EL SOLICITANTE	N4 =	
		CLASIFICACION	
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



CBR 6



CBR 12



CBR 18

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 COORDINACION ACADEMICA
 PUNO - PERU

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 I.C. Edwin Noel Choque Guzman
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold specifications: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, etc.

Table with moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm and %.

PENETRACION

Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, II, I.

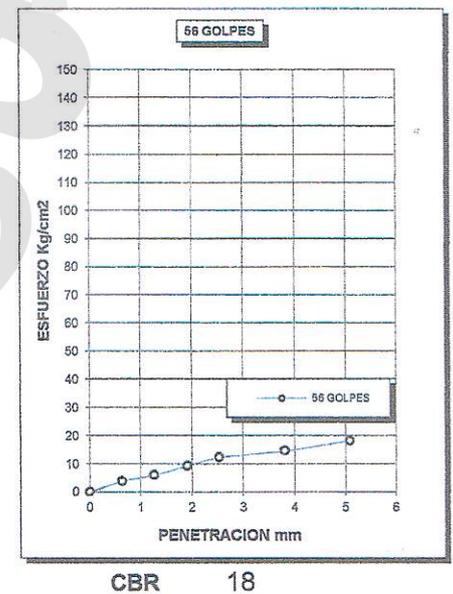
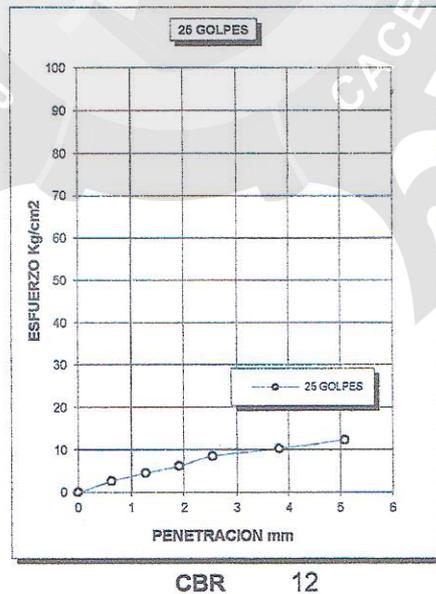
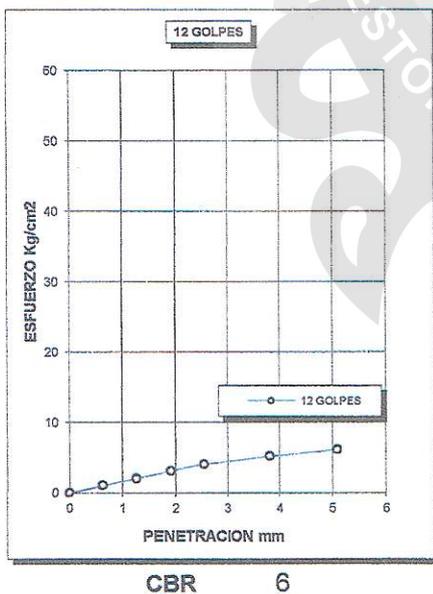
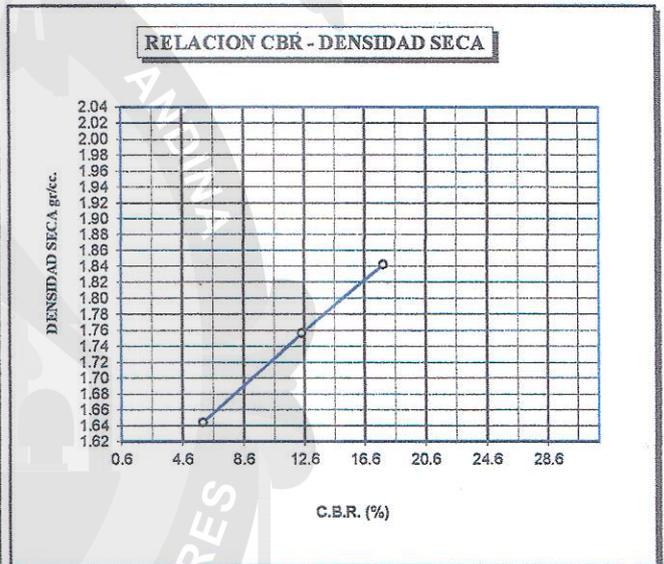
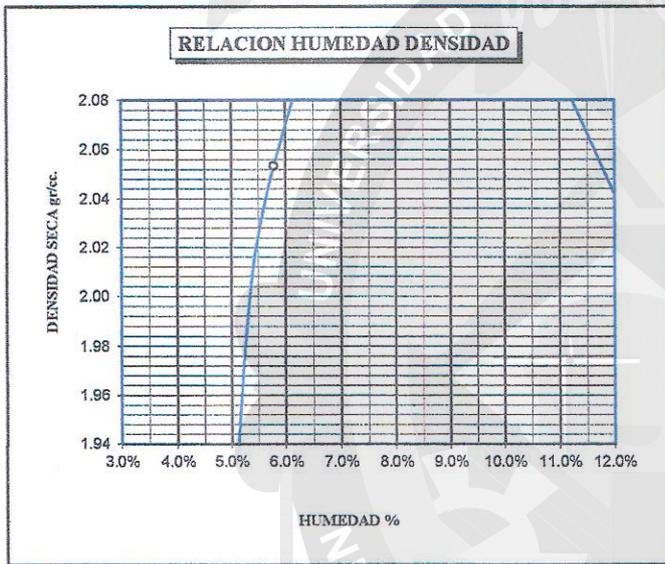
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

Academic coordination stamp and signature of the coordinator.

Laboratory stamp and signature of the responsible person.



PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.870
PROFUNDIDAD	: 1.60 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.40
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	67.90
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	64.51
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 6% CAL.	RET MALLA 3/4" =	3/8" = N4 =
OBSERVACIONES: MUESTREO POR EL SOLICITANTE		CLASIFICACION	
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 PUNO
 I. C. Edvin Yaj Choque Guzman
 N° 52333
 COORDINADOR ACADÉMICO

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 PUNO
 I. C. Edvin Yaj Choque Guzman
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold and sample conditions: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Volumen del Suelo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with soil moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm, Expansion %.

PENETRACION

Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, MOLDE No II, MOLDE No I.

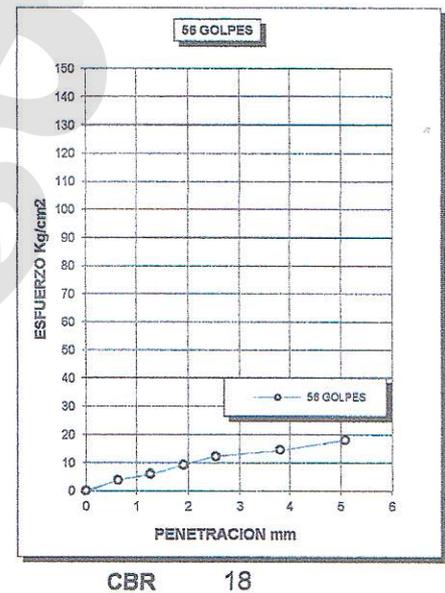
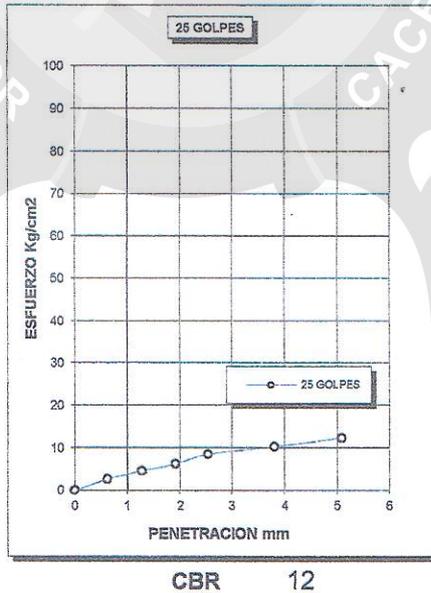
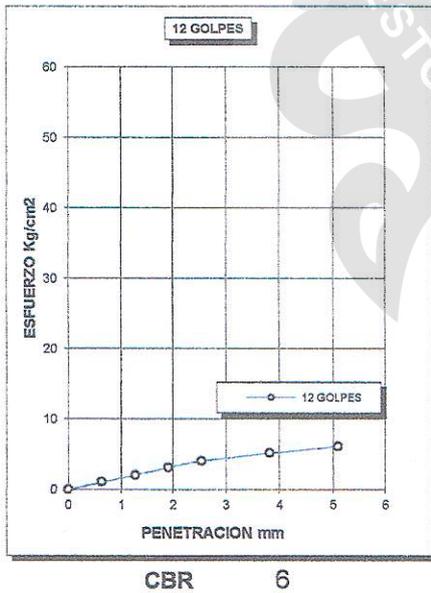
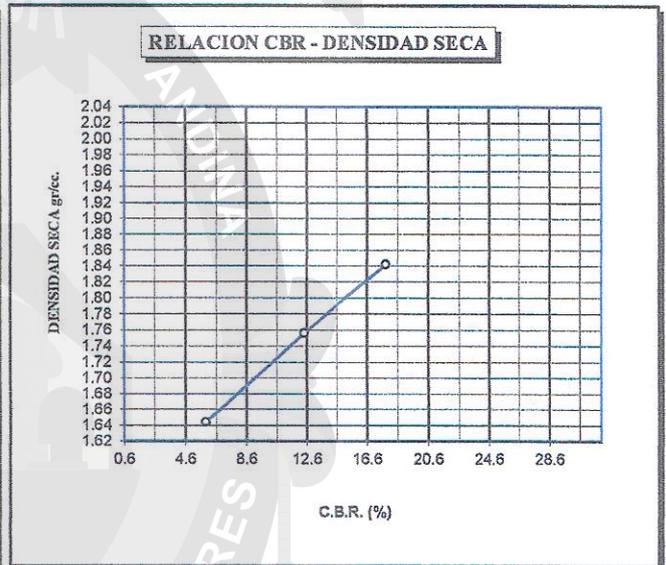
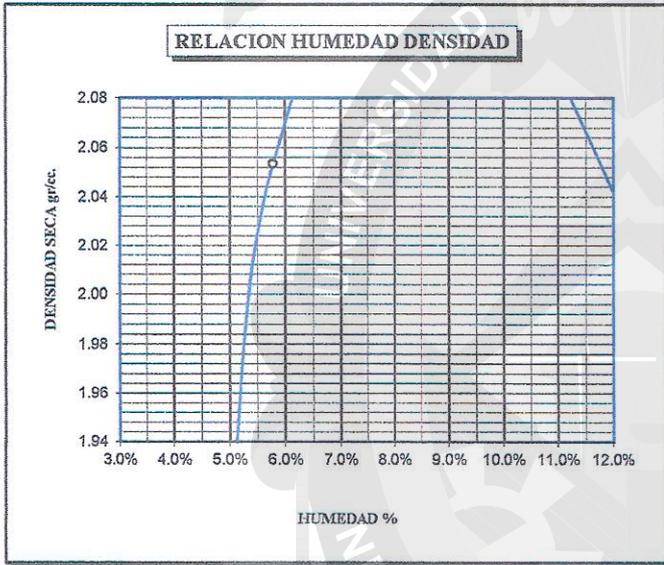
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



R. N° 00741097



PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.86
PROFUNDIDAD	: 1.60 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.80
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	69.10
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	65.65
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 6% CAL	RET MALLA 3/4" =	3/8" =
OBSERVACIONES:	MUESTREO POR EL SOLICITANTE	CLASIFICACION	N4 =
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 Mg. Ing. Edwina Herminia Quinto Castañud
 REGISTRO PROFESIONAL 82333
 COORDINADORA ACADÉMICA



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 PUNO
 Bach. I.C. Edwin Yori Choque Guzman
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"

SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.

UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 9% DE CAL.

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

CALICATA : 01
PROFUNDIDAD : 1.80 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	154,60
SUELO SECO + TARRO	gr	145,23
PESO DEL TARRO	gr	39,10
PESO DEL AGUA	gr	9,37
PESO DEL SUELO SECO	gr	108,13
HUMEDAD %	%	8,83

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

TARRO N°		F	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,06	31,15
SUELO SECO + TARRO	gr	28,13	29,10
PESO DEL TARRO	gr	18,91	18,47
PESO DEL AGUA	gr	2,75	2,30
PESO DEL SUELO SECO	gr	9,22	10,63
HUMEDAD %	%	29,83	21,64
N° DE GOLPES		22	22

F	G
11,28	11,17
10,75	10,90
8,65	8,60
0,53	0,27
2,10	2,30
25,24	11,74

LIMITE LIQUIDO : 25,34 LIMITE PLASTICO : 18,49

INDICE PLASTICO : 06,85

LL = $W_n \cdot (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Líquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
PUNO

Ing. Ana Elizabeth Guzmán Castañeda
PROFESORA CIPAV 02433
COORDINADORA ACADÉMICA



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
PUNO

Bach. I.C. Edwin Yael Choque Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"

SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.

UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 9% DE CAL. CALICATA : 02

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016. PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	171,41
SUELO SECO + TARRO	gr	161,10
PESO DEL TARRO	gr	39,10
PESO DEL AGUA	gr	10,31
PESO DEL SUELO SECO	gr	122,00
HUMEDAD %	%	8,45

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

TARRO N°		F	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30,45	31,45
SUELO SECO + TARRO	gr	28,13	29,10
PESO DEL TARRO	gr	18,91	18,47
PESO DEL AGUA	gr	2,31	2,35
PESO DEL SUELO SECO	gr	9,22	10,03
HUMEDAD %	%	25,05	22,11
N° DE GOLPES		22	22

LIMITE PLASTICO

	F	G
	11,10	11,27
	10,75	10,90
	0,65	0,60
	0,35	0,37
	2,10	2,30
	16,67	16,09

LIMITE LIQUIDO : 23,22 LIMITE PLASTICO : 16,38

INDICE PLASTICO : 06,84

$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Líquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Diana Elizabeth Pantoja Castañeda
 REGISTRO C.O.P. N° 82333
 COORDINADORA ACADÉMICA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 BACH. I. C. Edwin Joel Choque Guzman
 ENCARGADO DEL LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"

SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.

UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 9% DE CAL. CALICATA : 03

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016. PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	168,49
SUELO SECO + TARRO	gr	158,20
PESO DEL TARRO	gr	39,10
PESO DEL AGUA	gr	10,29
PESO DEL SUELO SECO	gr	119,10
HUMEDAD %	%	8,64

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

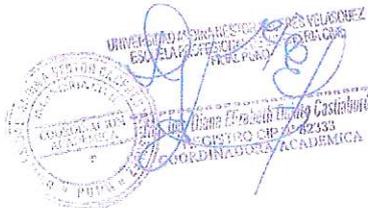
TARRO N°		F	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,90	32,31
SUELO SECO + TARRO	gr	29,13	30,10
PESO DEL TARRO	gr	18,91	18,47
PESO DEL AGUA	gr	2,78	2,20
PESO DEL SUELO SECO	gr	10,22	11,63
HUMEDAD %	%	27,20	18,92
N° DE GOLPES		22	22

	F	G
	11,93	12,14
	11,40	11,73
	8,65	8,60
	0,53	0,41
	2,75	3,13
	19,27	13,10

LIMITE LIQUIDO	:	22,71	LIMITE PLASTICO	:	16,19
----------------	---	-------	-----------------	---	-------

INDICE PLASTICO : 06,52

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 I. C. Edwin Yofel Choque Guzman
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 9% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

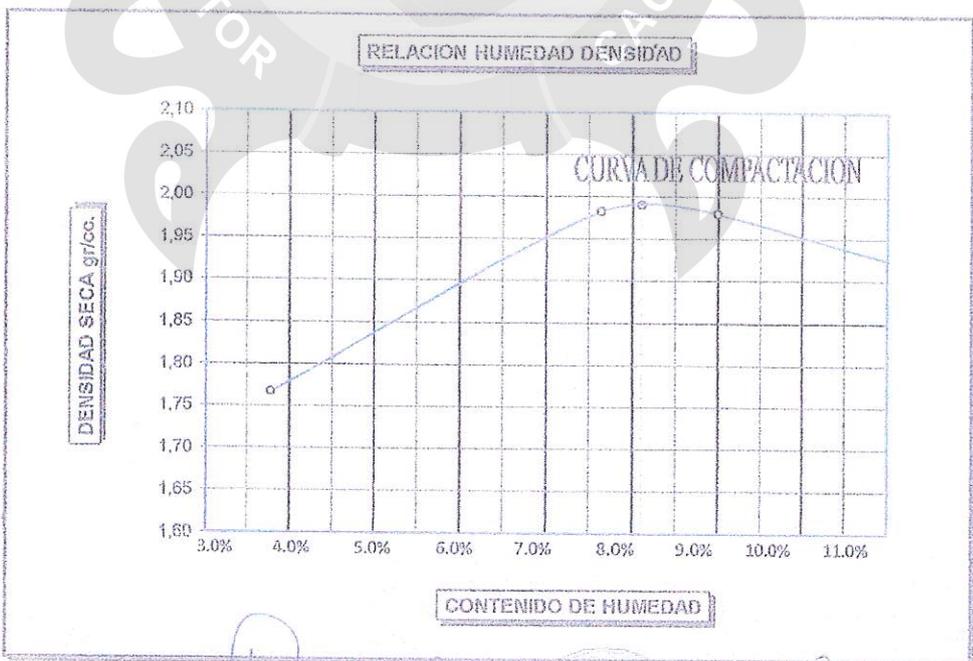
MOLDE No	13-15	VOLUMEN DEL MOLDE	2067 cc
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9790	10410	10460	10145	
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000	
Peso del Suelo Humedo	gr/cc.	3790	4410	4460	4145	
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1,83	2,13	2,16	2,01	

Capsula No	Mo	1	2	3	4	5	6	7	8		
Suelo Humedo + Capsula	gr.	414,13	421,17	415,17	432,70	417,20	432,25	450,28	451,67		
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	400,62	407,16	387,97	405,39	386,00	399,90	377,56	390,60		
Peso del Agua	gr.	13,51	14,01	27,20	27,31	31,20	32,35	72,72	61,07		
Peso de la Capsula	gr.	39,80	39,65	39,50	39,55	39,54	39,60	39,54	39,61		
Peso del Suelo Seco	gr.	361,02	367,51	348,47	365,84	346,46	360,30	338,02	350,99		
% de Humedad	%	3,74%	3,81%	7,8%	7,47%	9,01%	8,98%	21,51%	17,40%		
Promedio de Humedad	%	3,78%		7,64%		8,99%		19,46%			
Densidad del Suelo Seco	%	1,77		1,98		1,98		1,68			

METODO: ASTM D-1557-91
MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,990 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8,10 %



Señor Director de Investigación
Bach. I. C. Marisol Guillen Quintanilla
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
Bach. I.C. Edwin Yoel Choque Guzman B.N°.00741097
ENCARGADO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACION : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 9% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

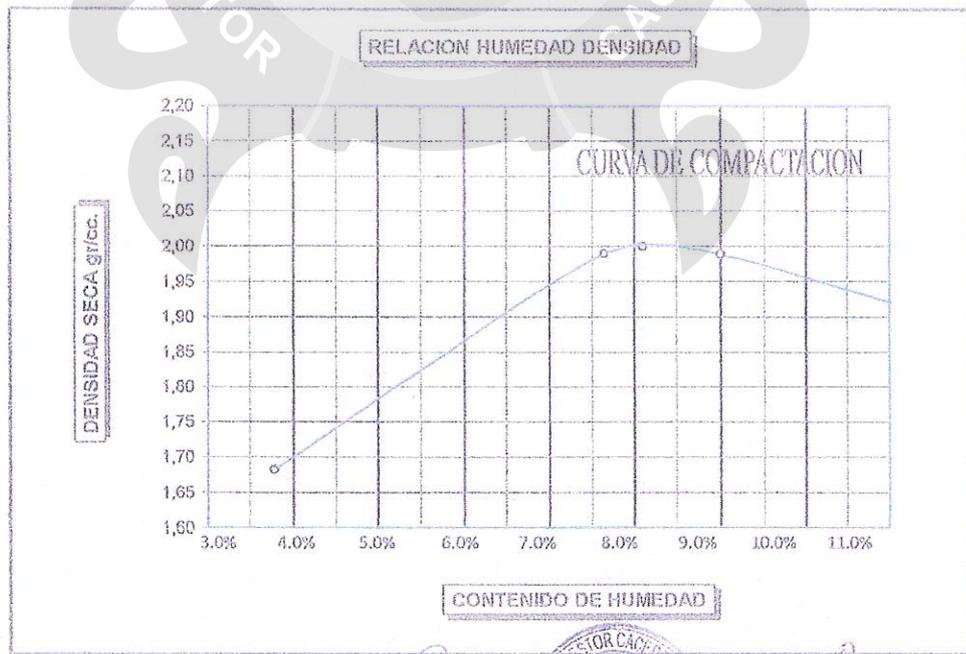
Table with 4 columns: MOLDE No, No DE CAPAS, VOLUMEN DEL MOLDE, GOLFES POR CAPA. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 6 columns: Property, Unit, and 4 numerical values. Rows include: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-8, and 4 numerical values. Rows include: Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 2,000 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8,10 %



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Ing. Lic. Carlos Humberto Quiroga Castiblanco
REGISTRO CIVIL Nº 02333

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
Bach. I.C. Edwin Yoel Choque Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO Nº 00741097



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 9% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

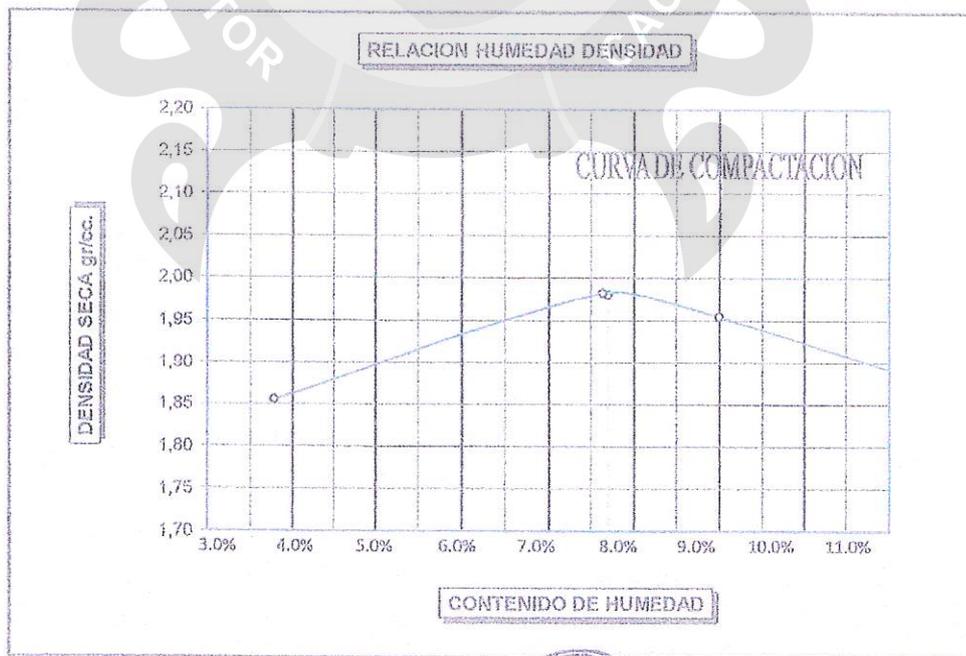
Table with 4 columns: MOLDE No, No DE CAPAS, VOLUMEN DEL MOLDE, GOLPES POR CAPA. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 7 columns: Property, Unit, and four numerical values. Rows include: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with 11 columns: Capsula No, No, 1-8, and 4 numerical values. Rows include: Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,980 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 7,70 %



Handwritten signature and official stamp of the laboratory.

Official stamp of the laboratory: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
Bach. I.C. Edwin Yael Choque Guzman B.Nº:00741097
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold specifications: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, etc.

Table with moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm and %.

PENETRACION

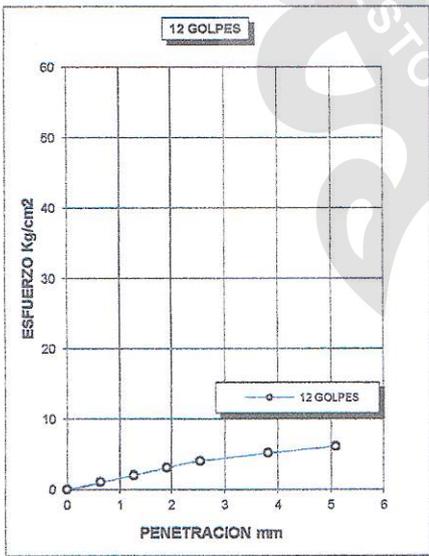
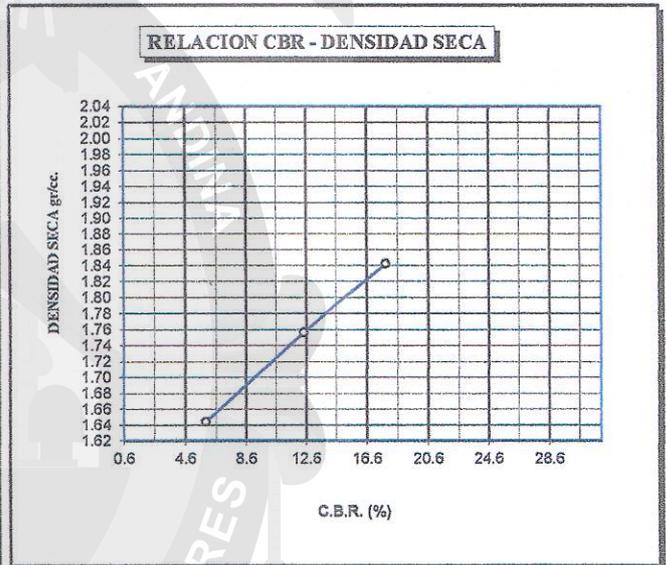
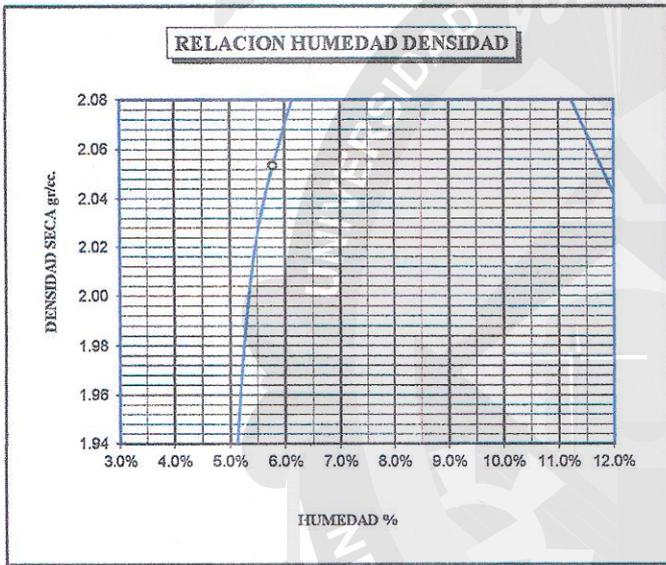
Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No I, II, III.

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

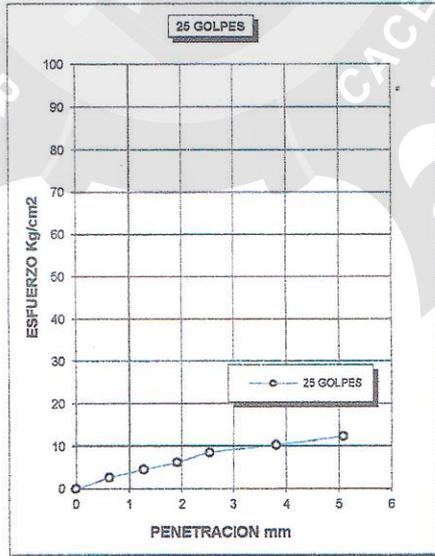




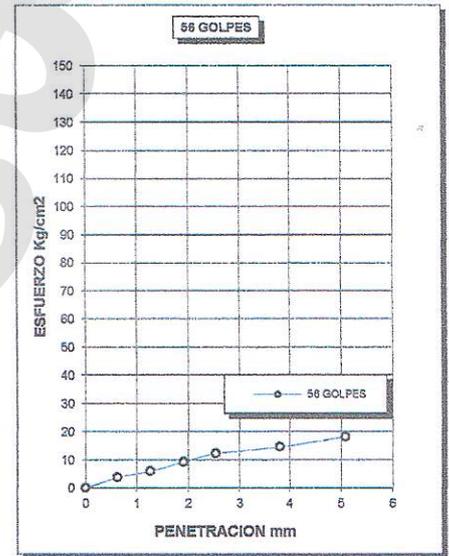
PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.990
PROFUNDIDAD	: 1.60 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	1.652
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	69.30
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	65.84
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 9% CAL	RET MALLA 3/4"=	3/8" = N4 =
OBSERVACIONES: MUESTREO POR EL SOLICITANTE		CLASIFICACION	
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



CBR 6



CBR 12



CBR 18

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESQUEMA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
Mg. Mg. Diana Perabeta Quispe Castañón
REGISTRO OIP N° 82333
COORDINADORA ACADEMICA

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Bach. I.C. Edwin Yael Choque Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold and layer details: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Volumen del Suelo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with capsule and moisture data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion data: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion (mm, %).

PENETRACION

Table with penetration data: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, MOLDE No II, MOLDE No I.

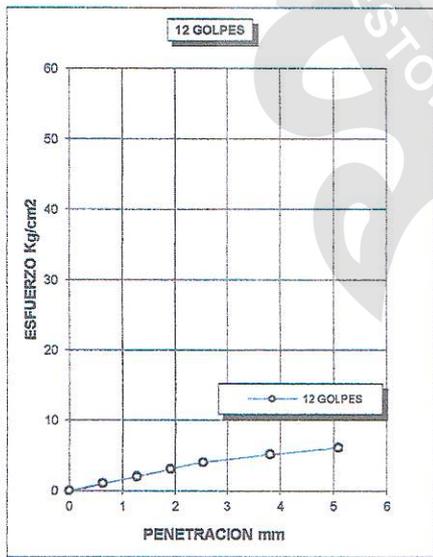
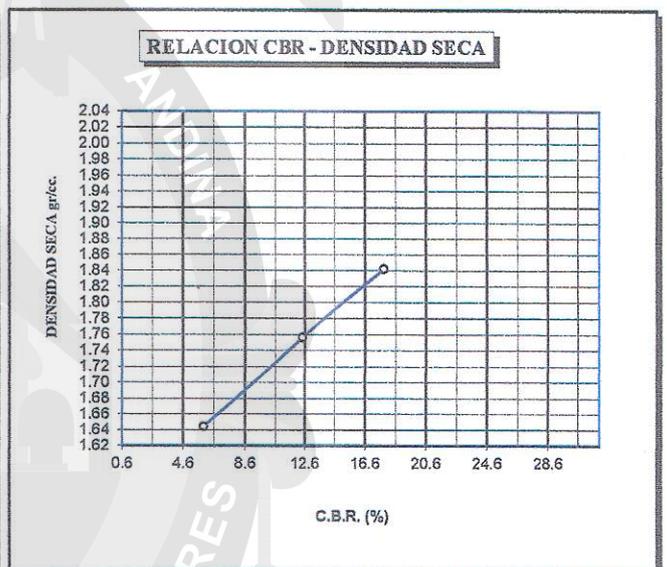
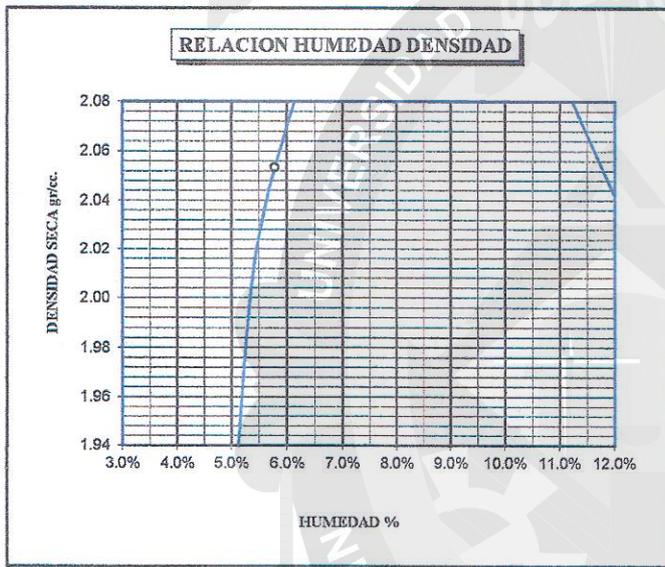
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



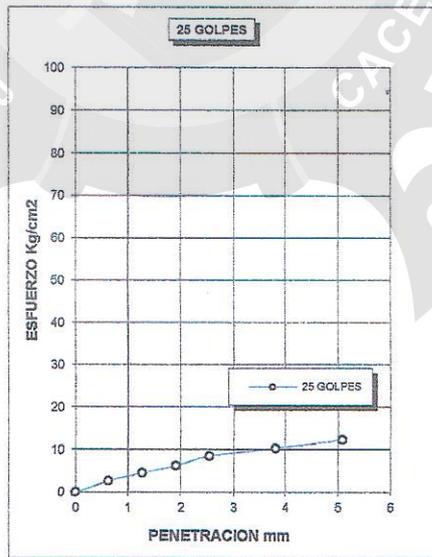


CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

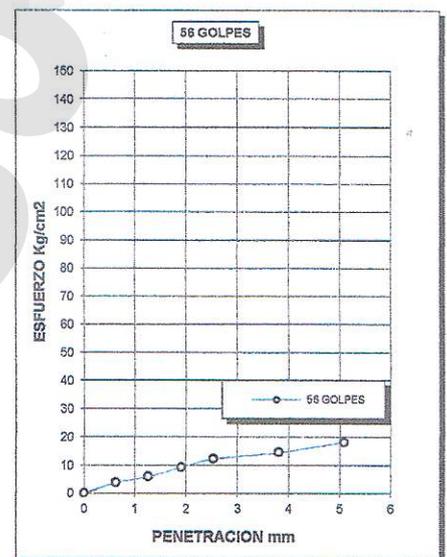
PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	2.000
PROFUNDIDAD	: 1.60 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.10
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	70.10
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	66.51
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 8% CAL	RET MALLA 3/4" =	3/8" = N4 =
OBSERVACIONES: MUESTREADO POR EL SOLICITANTE		CLASIFICACION	
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



CBR 6



CBR 12



CBR 18



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 COORDINADORA ACADÉMICA
 M. Sc. Edith Choque Guzmán Quinto Castibard
 R. C. N.º 82333
 COORDINADORA ACADÉMICA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 PUNO
 Bach. I.C. Edith Choque Guzman
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold specifications: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, and conditions of the sample.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, etc.

Table with moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm and %.

PENETRACION

Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, II, I.

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

Handwritten signatures and stamps of the university and laboratory.

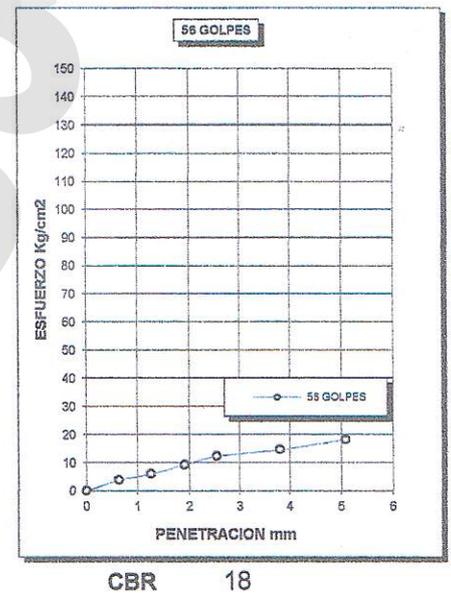
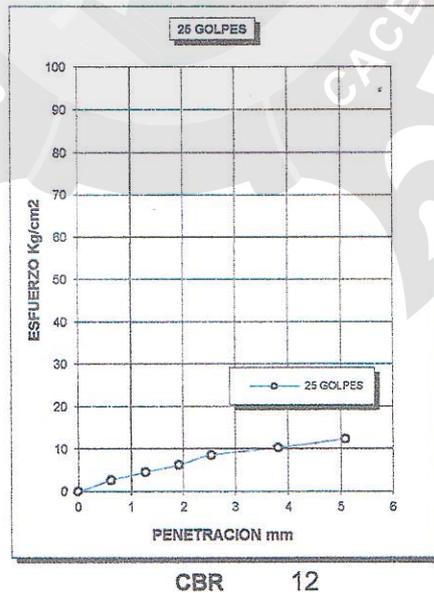
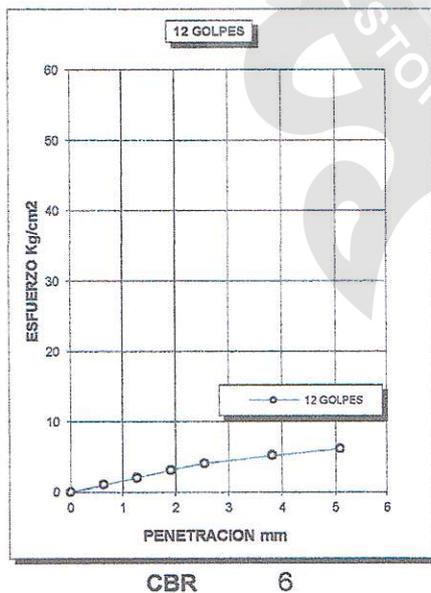
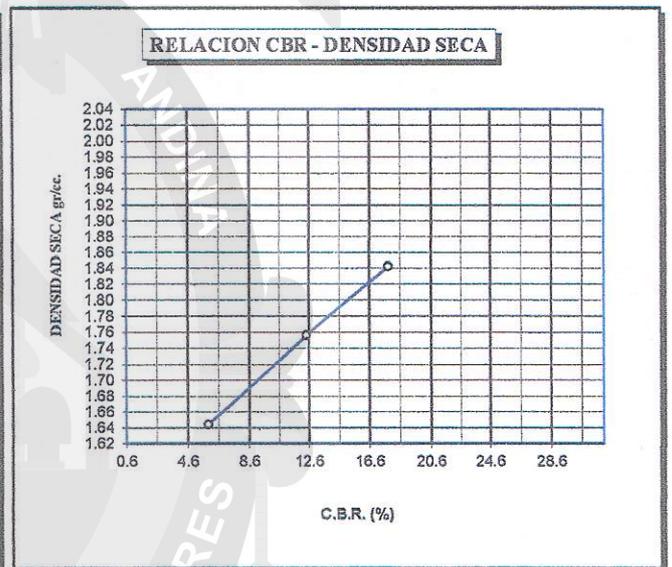
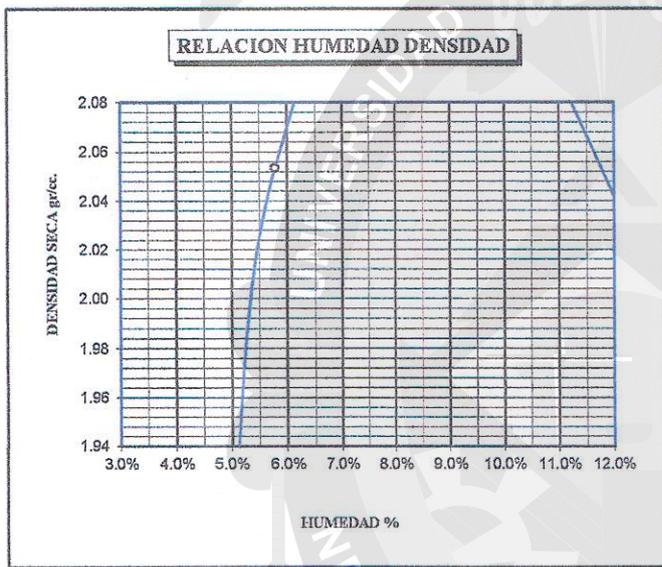


UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ

Bach. I.C. Edwin Yosi Choque Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.980
PROFUNDIDAD	: 1.60 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.70
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	68.40
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	64.28
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 9% CAL	RET MALLA 3/4"=	3/8" = N4 =
OBSERVACIONES: MUESTREADO POR EL SOLICITANTE		CLASIFICACION	
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 PUNO

Mg. Ing. Mario Enrique Quintanilla
 REGISTRADO CIP N° 62333
 COORDINADOR ACADÉMICO

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Bach. I.C. Marisol Guillen Quintanilla
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL
KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCIÓN : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 12% DE CAL. CALICATA : 01
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2018. PROFUNDIDAD : 1.60 ml.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

Table with 3 columns: Description, Unit, and Value. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO (154,60 gr), SUELO SECO + TARRO (145,23 gr), PESO DEL TARRO (39,10 gr), PESO DEL AGUA (9,37 gr), PESO DEL SUELO SECO (106,13 gr), and HUMEDAD % (8,83 %).

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 - D-4318 — AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m)

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

Table for Liquid Limit with columns: TARRO N°, F, and G. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, and N° DE GOLPES.

Table for Plastic Limit with columns: F and G. Rows include SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, and HUMEDAD %.

LIMITE LIQUIDO : 26,30 LIMITE PLASTICO : 18,49

INDICE PLASTICO : 07,81

LL = Wn * (N/25)^0.121
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes

Handwritten signature and official stamp of the laboratory.

Handwritten signature and official stamp of the laboratory, including the name 'Ing. L.C. Edwin Yael Choque Guzman'.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL
KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACION : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 12% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.
CALICATA : 02
PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

Table with 3 columns: Description, Unit, and Value. Rows include: SUELO HUMEDO + TARRO (171,41 gr), SUELO SECO + TARRO (161,10 gr), PESO DEL TARRO (39,10 gr), PESO DEL AGUA (10,31 gr), PESO DEL SUELO SECO (122,00 gr), HUMEDAD % (8,45 %).

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

Table for Liquid Limit (ASTM D424) with columns: TARRO N°, F, G. Rows include: SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, N° DE GOLPES.

Table for Plastic Limit (ASTM D4318) with columns: F, G. Rows include: 11,10, 10,75, 8,65, 0,35, 2,10, 16,67.

LIMITE LIQUIDO : 24,12 LIMITE PLASTICO : 16,38

INDICE PLASTICO : 07,75

LL = Wn * (N/25)^0.121
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes

Handwritten signature and stamp of the academic coordinator, Dr. Dora Elizabeth Quispe Castiblanco.

Handwritten signature and stamp of the laboratory in charge, Bach. I.C. Edwin Yoel Choque Guzman.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL
KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACION : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 12% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.
CALICATA : 03
PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

Table with 3 columns: Item, Unit, Value. Rows include: SUELO HUMEDO + TARRO (168,49 gr), SUELO SECO + TARRO (158,20 gr), PESO DEL TARRO (39,10 gr), PESO DEL AGUA (10,29 gr), PESO DEL SUELO SECO (119,10 gr), HUMEDAD % (8,64 %).

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA: Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

Table for Liquid Limit with columns: TARRO N°, F, G. Rows include: SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, N° DE GOLPES.

Table for Plastic Limit with columns: F, G. Rows include: SUELO HUMEDO + TARRO, SUELO SECO + TARRO, PESO DEL TARRO, PESO DEL AGUA, PESO DEL SUELO SECO, HUMEDAD %, N° DE GOLPES.

Summary row: LIMITE LIQUIDO : 23,89 LIMITE PLASTICO : 16,19

Summary row: INDICE PLASTICO : 07,70

LL = Wn * (N/25)^0.121
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Bach. Ing. Diana Elizabeth Guzmán Castañeda
REGISTRO PROFESIONAL 192333
COORDINADORA ACADÉMICA



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
YACAYTIO - PUNO
Bach. I.C. Edwin Yopl Choque Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 12% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

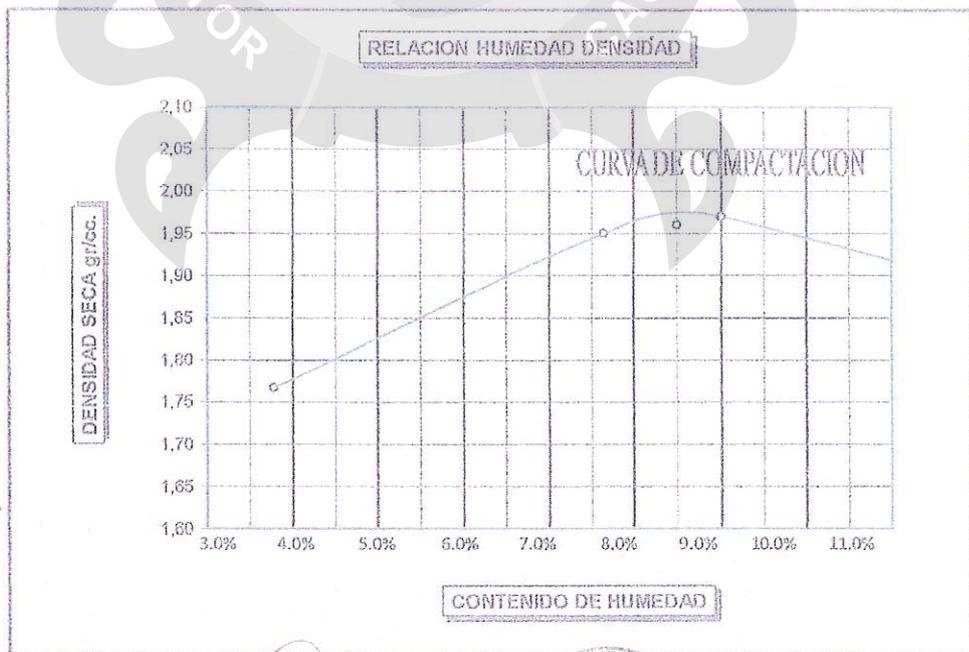
Table with 4 columns: Molde No, No de Capas, Volumen del Molde, Golpes por Capa. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 6 columns: Property, Unit, and four data points. Rows include: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-8, and 9 properties. Rows include: Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,960 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8,50 %



Handwritten signatures and official stamps of the university and laboratory.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACION : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 12% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

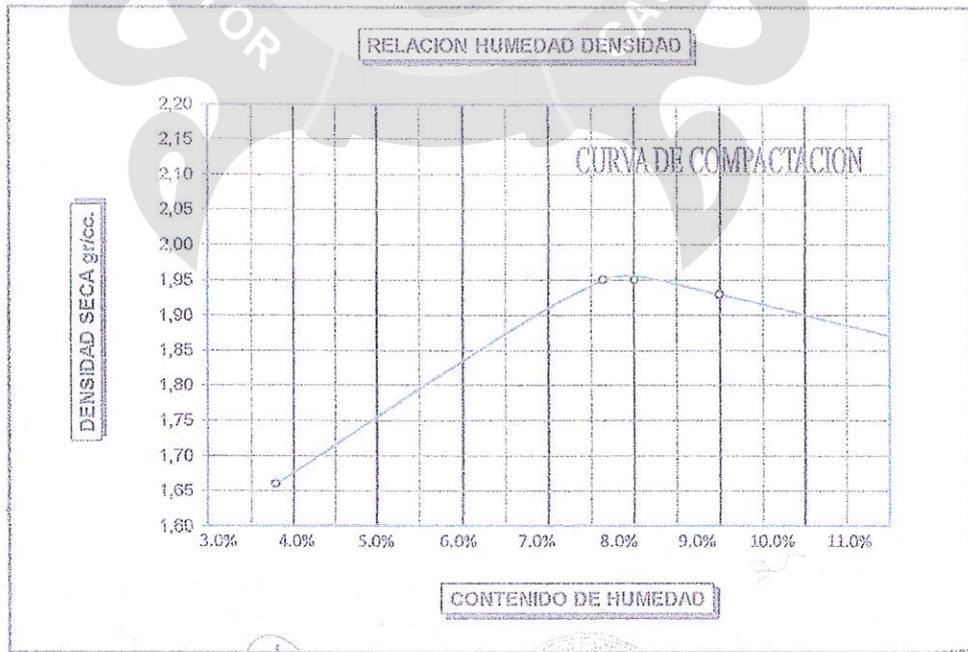
Table with 4 columns: MOLDE No, No DE CAPAS, VOLUMEN DEL MOLDE, GOLFES POR CAPA. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 6 columns: Property, Unit, and four data points. Rows include: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-8, and 5 rows of weight and density data for different moisture levels.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,950 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8,00 %



Official stamps and signatures of the laboratory and university. Includes the name 'Bach. I.C. Edwin Yofel Choque Guzman' and 'ENCARGADO DE LABORATORIO CIVIL PUNO'.

B.N°:00741007



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACION : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 12% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

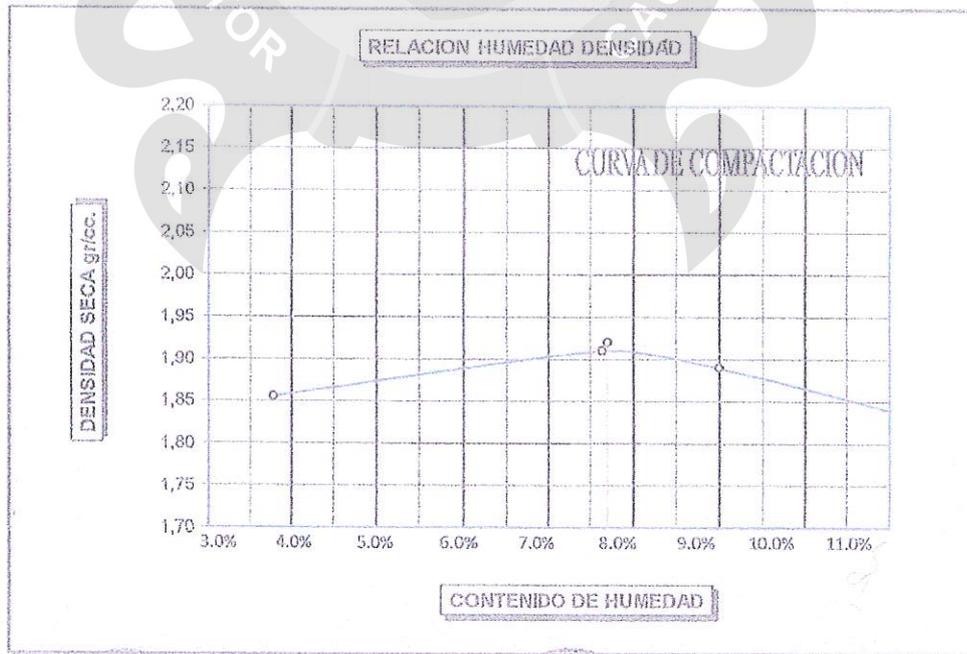
Table with 4 columns: Molde No, No de Capas, Volumen del Molde, Golpes por Capa. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 6 columns: Item, Unit, and four data points. Items include Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-8, and 4 data points. Items include Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, etc.

METODO: ASTM D-1557-81 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,920 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 7,70 %



Handwritten signature and stamp of the author.



Handwritten signature and stamp of the supervisor.



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold specifications: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, etc.

Table with moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm and %.

PENETRACION

Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, II, I.

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

Academician signature and stamp: UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ, ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL.

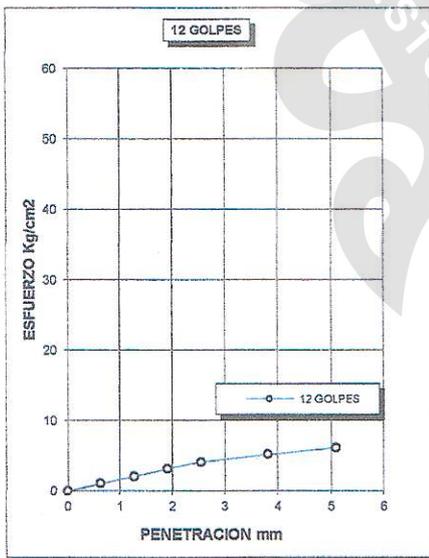
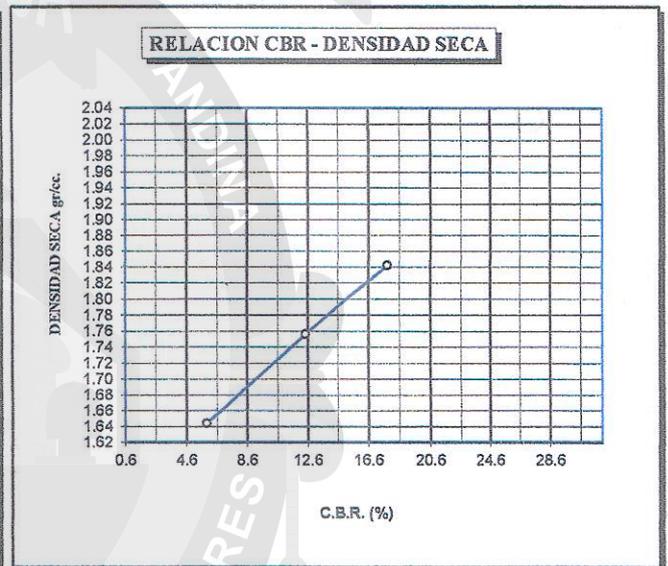
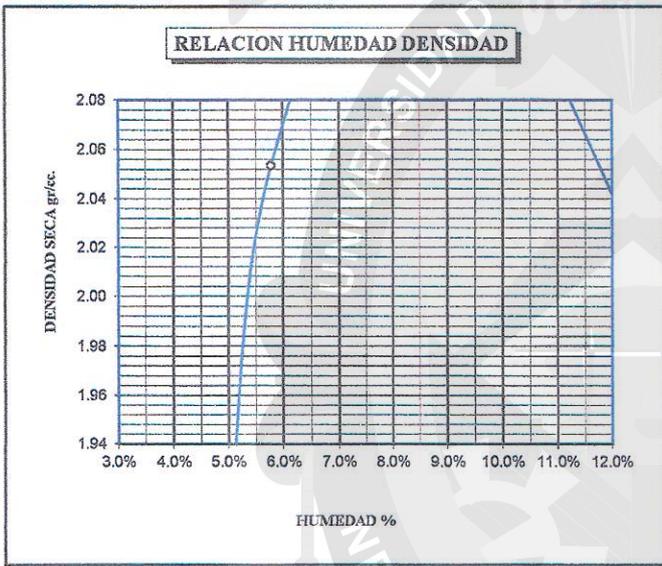
Laboratory supervisor signature and stamp: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO, UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ.



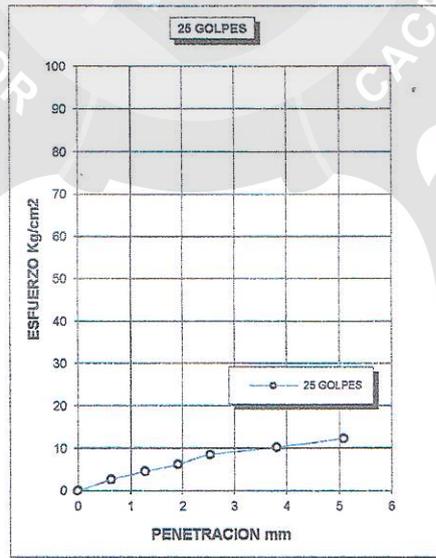
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



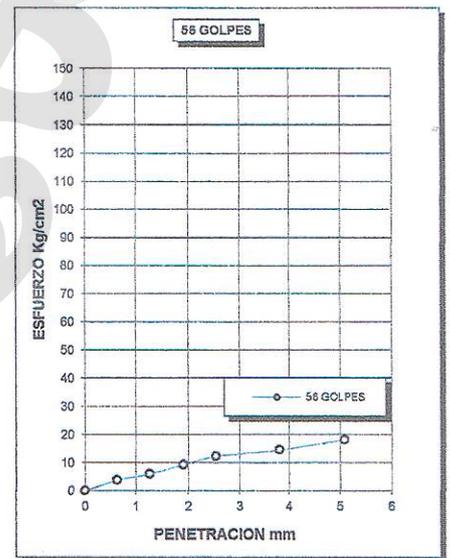
PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.960
PROFUNDIDAD	: 1.80 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.50
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	51.30
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	48.74
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 12% CAL	RET MALLA 3/4" =	3/8" = N4 =
OBSERVACIONES:	MUESTREADO POR EL SOLICITANTE	CLASIFICACION	
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



CBR 6



CBR 12



CBR 18

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
COORDINADORA ACADEMICA
Ing. Ileana Guzmán Quintanilla
REGISTRO CIP N° 82333

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
BACH. I.C. Edwin Yael Choque Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold specifications: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, etc.

Table with moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm and %.

PENETRACION

Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No I, II, III.

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

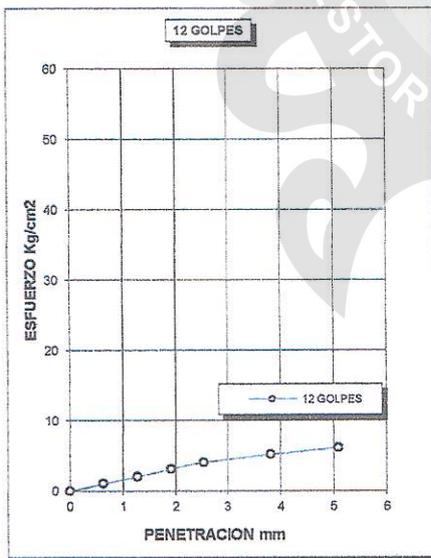
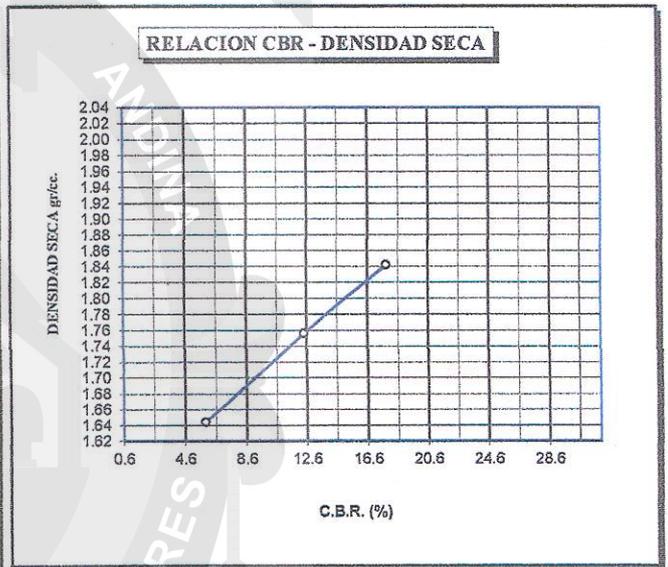
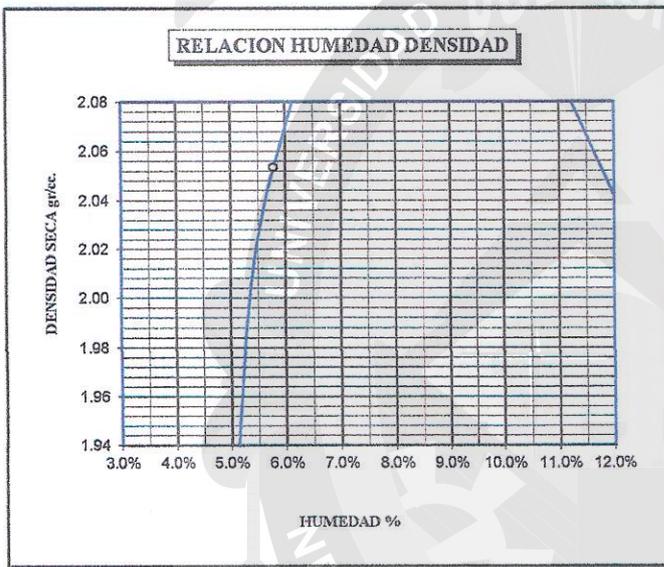
UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
No. Ing. Edwin Toche Guzmán
REGISTRO CIPN° 82333
COORDINADORA ACADÉMICA

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Ing. I. C. Edwin Toche Guzmán
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO

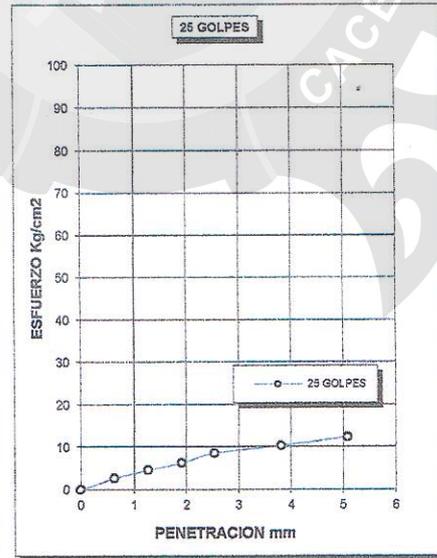


CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

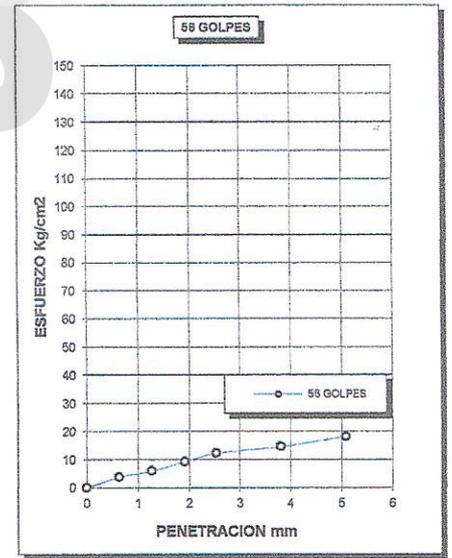
PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.950
PROFUNDIDAD	: 1.60 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.00
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	49.80
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	47.30
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 12% CAL	RET MALLA 3/4" =	3/8" = N4 =
OBSERVACIONES:	MUESTREADO POR EL SOLICITANTE	CLASIFICACION	
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



CBR 6



CBR 12



CBR 18



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 PUNO
 Bach. I. C. Marisol Guillen Quintanilla
 REGISTRO CIP N° 82333
 COORDINADORA ACADEMICA



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 PUNO
 Bach. I. C. Edwin Yael Choque Guzman
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold and sample conditions: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Volumen del Suelo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm, Expansion %.

PENETRACION

Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, MOLDE No II, MOLDE No I.

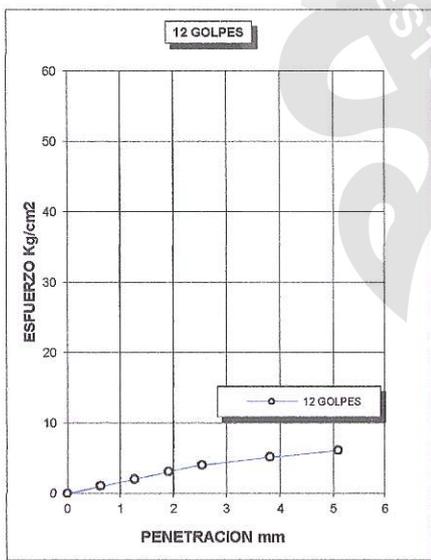
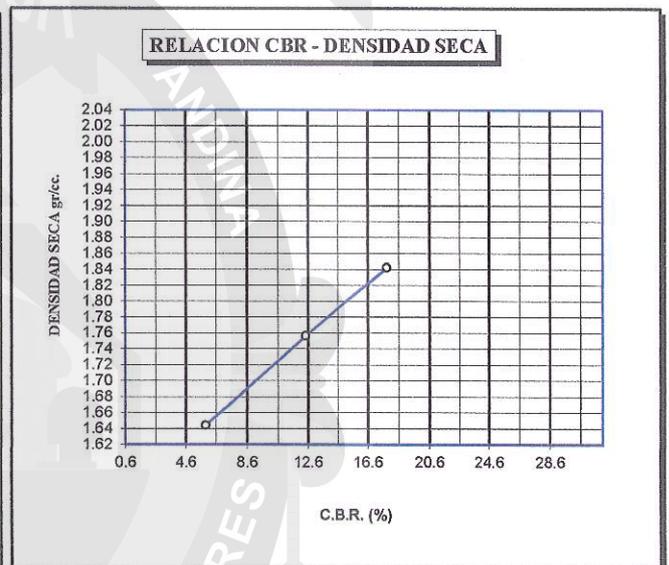
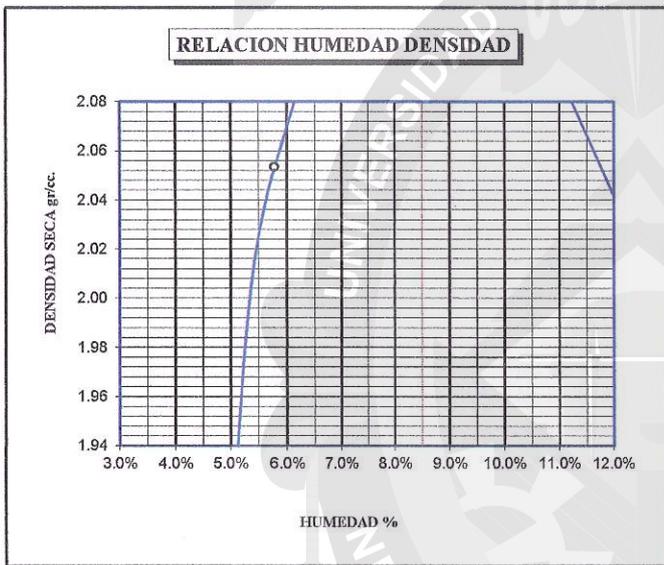
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
COORDINADORA ACADEMICA
Mg. Ing. Gladys Elizabeth Castillo Castañeda
REGISTRO CIP N° 82333
COORDINADORA ACADEMICA

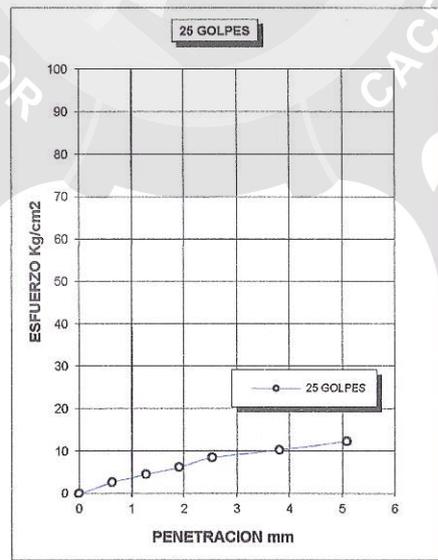
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
Bach. C. Edwin Yael Chique Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



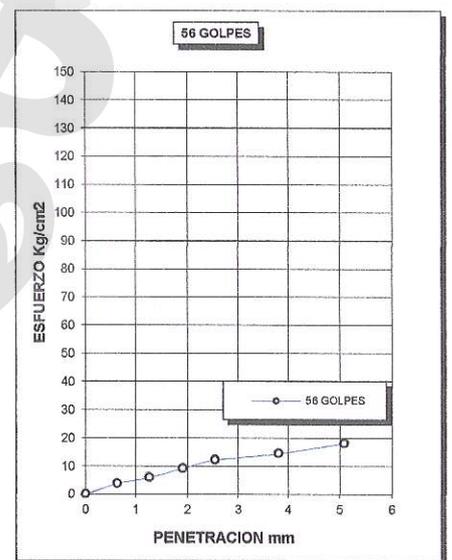
PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.920
PROFUNDIDAD	: 1.60 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.70
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	50.60
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	48.08
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 12% CAL	RET MALLA 3/4"=	3/8" = N4 =
OBSERVACIONES:	MUESTREADO POR EL SOLICITANTE	CLASIFICACION	
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



CBR 6



CBR 12



CBR 18

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
PUNO

Mg. Ing. Diana Elizabeth Choque Castañeda
REGISTRO CIP N° 82333
COORDINADORA ACADEMICA

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
PUNO

Bach. I.C. Edwin Yael Choque Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"

SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.

UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

PROPORCIÓN : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 15% DE CAL.

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

CALICATA : 01

PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	154,60
SUELO SECO + TARRO	gr	145,23
PESO DEL TARRO	gr	39,10
PESO DEL AGUA	gr	9,37
PESO DEL SUELO SECO	gr	106,13
HUMEDAD %	%	8,83

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA: Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

TARRO N°		F	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,06	31,15
SUELO SECO + TARRO	gr	28,13	29,10
PESO DEL TARRO	gr	18,91	18,47
PESO DEL AGUA	gr	2,81	2,80
PESO DEL SUELO SECO	gr	9,22	10,63
HUMEDAD %	%	30,48	26,34
N° DE GOLPES		22	22

	F	G
	11,28	11,17
	10,75	10,90
	8,65	8,60
	0,53	0,27
	2,10	2,30
	25,24	11,74

LIMITE LIQUIDO	:	27,97	LIMITE PLASTICO	:	18,49
----------------	---	-------	-----------------	---	-------

INDICE PLASTICO	:	09,48
-----------------	---	-------

LL = $W_n \cdot (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

[Signature]
 UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 PUNO
 M^g. *[Signature]* *[Signature]* *[Signature]*
 REGISTRO CIPN° 82333
 COORDINADORA ACADÉMICA

[Signature]
 UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 PUNO
 BACH. I.C. Edwin Yoel Choque Guzman
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL
KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 15% DE CAL. CALICATA : 02
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016. PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	171,41
SUELO SECO + TARRO	gr	161,10
PESO DEL TARRO	gr	39,10
PESO DEL AGUA	gr	10,91
PESO DEL SUELO SECO	gr	122,00
HUMEDAD %	%	8,45

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 - D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

TARRO N°		F	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30,45	31,45
SUELO SECO + TARRO	gr	28,13	29,10
PESO DEL TARRO	gr	18,91	18,47
PESO DEL AGUA	gr	2,65	2,52
PESO DEL SUELO SECO	gr	9,22	10,63
HUMEDAD %	%	28,74	23,71
N° DE GOLPES		22	22

	F	G
	11,10	11,27
	10,75	10,90
	8,65	8,60
	0,35	0,97
	2,10	2,30
	15,67	16,09

LIMITE LIQUIDO : 25,82 LIMITE PLASTICO : 16,38

INDICE PLASTICO : 09,44

LL = Wn * (N/25)^0.121
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
Bach. I.C. Edwin Yoel Choque Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"

SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.

UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.

PROPORCIÓN : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 15% DE CAL. CALICATA : 03

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016. PROFUNDIDAD : 1.60 mt.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	168,49
SUELO SECO + TARRO	gr	158,20
PESO DEL TARRO	gr	39,10
PESO DEL AGUA	gr	10,29
PESO DEL SUELO SECO	gr	119,10
HUMEDAD %	%	8,64

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

CAPA : Prof. (m) :

LIMITE LIQUIDO

LIMITE PLASTICO

TARRO N°		F	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,90	32,31
SUELO SECO + TARRO	gr	29,13	30,10
PESO DEL TARRO	gr	18,91	18,47
PESO DEL AGUA	gr	2,90	2,78
PESO DEL SUELO SECO	gr	10,22	11,63
HUMEDAD %	%	28,38	23,90
N° DE GOLPES		22	22

F	G
11,93	12,14
11,40	11,73
8,65	8,60
0,53	0,41
2,75	3,13
19,27	13,10

LIMITE LIQUIDO : 25,74 LIMITE PLASTICO : 16,19

INDICE PLASTICO : 09,58

LL = $W_n \cdot (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



[Handwritten Signature]

Bach. I.C. Edwin Ypel Choque Guzman
ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO

[Handwritten Signature]



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACION : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 15% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

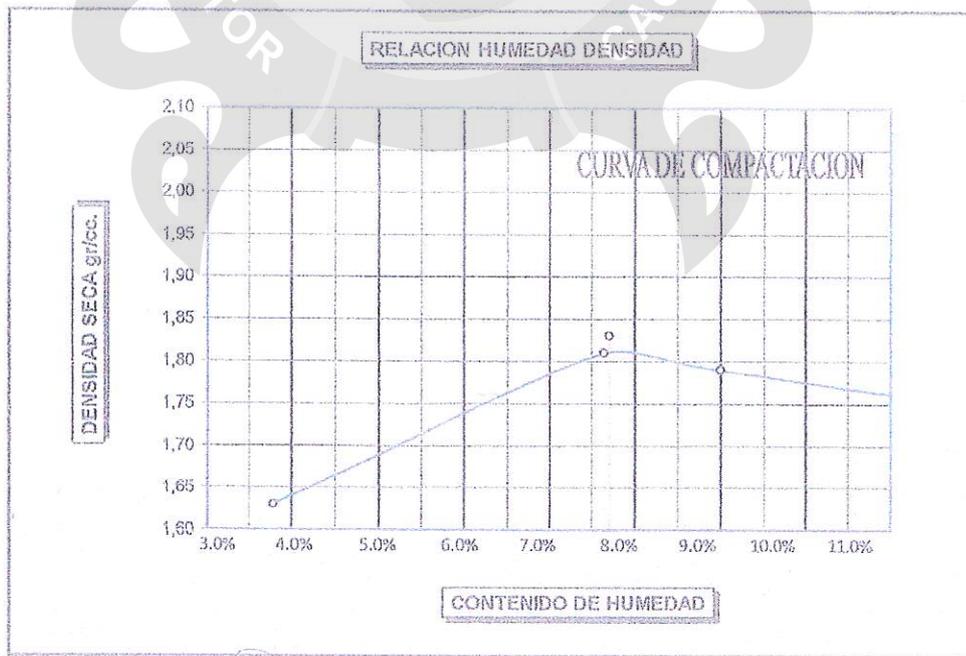
Table with 4 columns: MOLDE No, No DE CAPAS, VOLUMEN DEL MOLDE, GOLPES POR CAPA. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 6 columns: Property, Unit, and 4 data points. Rows include: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-8, and 4 data points. Rows include: Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

METODO: ASTM D-1557-01 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,830 gy/cc
HUMEDAD OPTIMA : 7,70 %



Handwritten signature and stamp of the author.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Handwritten signature of the author.

Bach. I.C. Edwin Yoel Chuque Guzman B.Nº:00741097



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000
DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACION : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 15% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

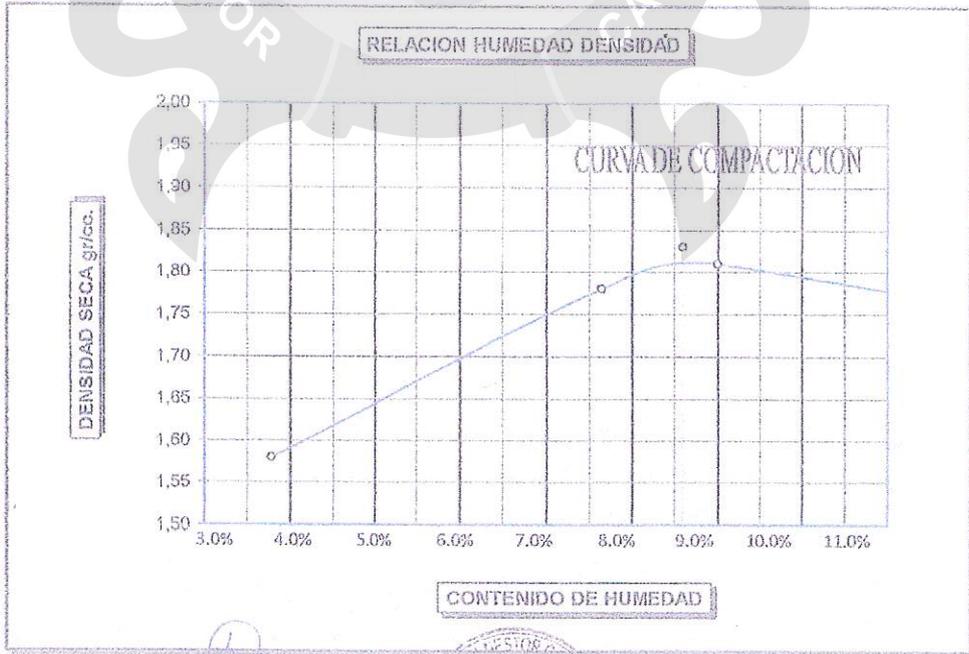
Table with 4 columns: Molde No, No de Capas, Volumen del Molde, Golpes por Capa. Values: 13-15, 5, 2067 cc, 56.

Table with 6 columns: Property, Unit, and 4 values. Rows: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-8, and 4 empty cells. Rows: Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,830 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8,60 %



Handwritten signature of the author.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Handwritten signature of the supervisor.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

PROYECTO : TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA"
SOLICITANTE : BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.
UBICACIÓN : Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.
PROPORCION : CANTERA DE SUELOS "VENTILLA" CON ADICION DEL 15% DE CAL.
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2016.

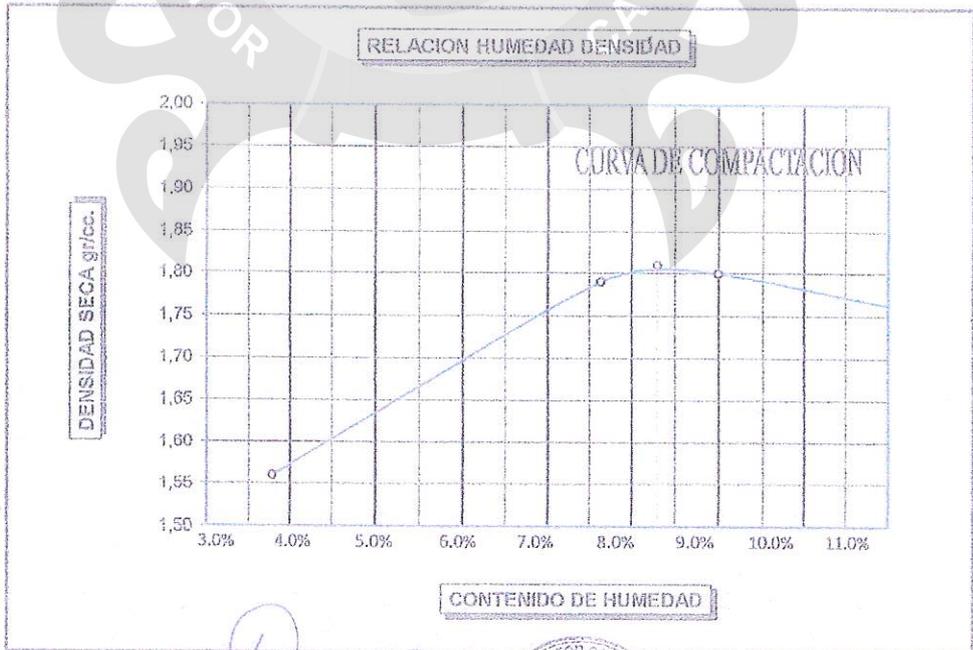
Table with 4 columns: MÓLDE No, No DE CAPAS, VOLUMEN DEL MOLDE, GOLFES POR CAPA. Values: 13-15, 5, 2087 cc, 56.

Table with 6 columns: Property, Unit, and 4 data points. Rows include: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with 10 columns: Capsula No, No, 1-8, and 4 data points. Rows include: Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

METODO: ASTM D-1557-91 MODIFICADO A

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1,810 gr/cc
HUMEDAD OPTIMA : 8,30 %



Handwritten signature and stamp of the laboratory.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
Bach. I.C. Edwin Yael Choque Guzman B.Nº.00741097



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold and sample conditions: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, Peso del Suelo Humedo, Volumen del Suelo, Densidad del Suelo Humedo.

Table with soil moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, Peso del Suelo Seco + Capsula, Peso del Agua, Peso de la Capsula, Peso del Suelo Seco, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm, Expansion %.

PENETRACION

Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, MOLDE No II, MOLDE No I.

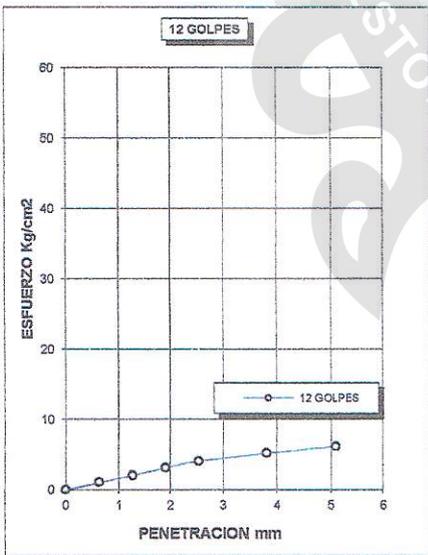
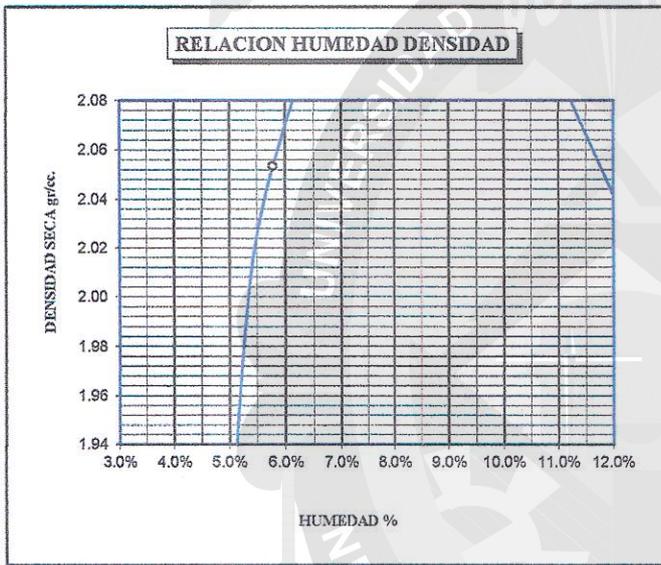
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

Handwritten signature and official stamp of the academic coordinator.

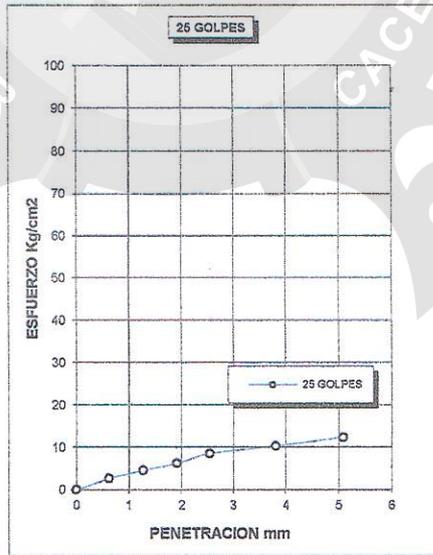
Handwritten signature and official stamp of the laboratory manager.



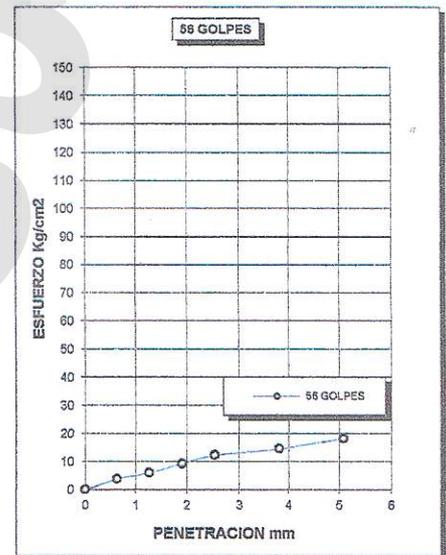
PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.830
PROFUNDIDAD	: 1.60 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.70
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	36.00
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	32.20
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 18% CAL	RET MALLA 3/4" =	3/8" =
OBSERVACIONES: MUESTREO POR EL SOLICITANTE			N4 =
		CLASIFICACION	
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



CBR 6



CBR 12



CBR 18



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 PUNO - PERÚ
 M^g. Ing. Edwin Joel Zúñiga Guzmán
 REGISTRO CIP N° 82333
 COORDINADORA ACADÉMICA



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 PUNO - PERÚ
 BACH. I. C. Edwin Joel Zúñiga Guzmán
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold specifications: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, etc.

Table with moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, % de Humedad, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm and %.

PENETRACION

Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, MOLDE No II, MOLDE No I.

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
COORDINACIÓN ACADÉMICA
Mg. Ing. María Elizabeth Quinto Castiburni



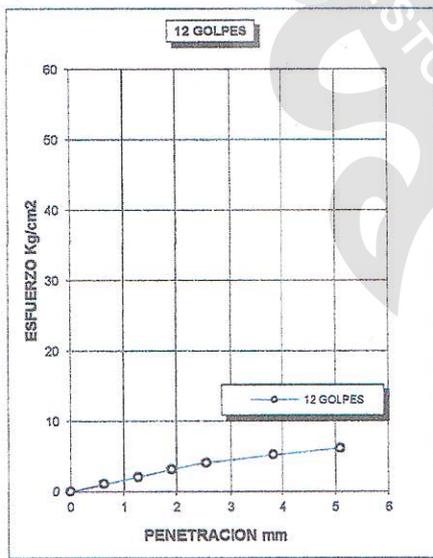
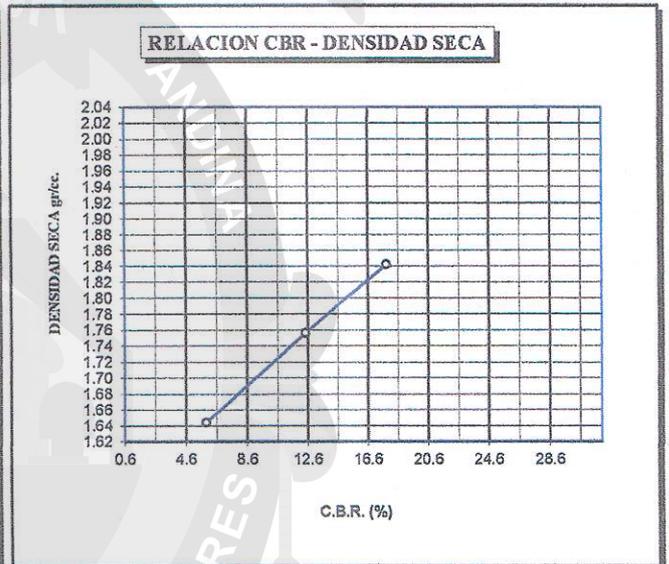
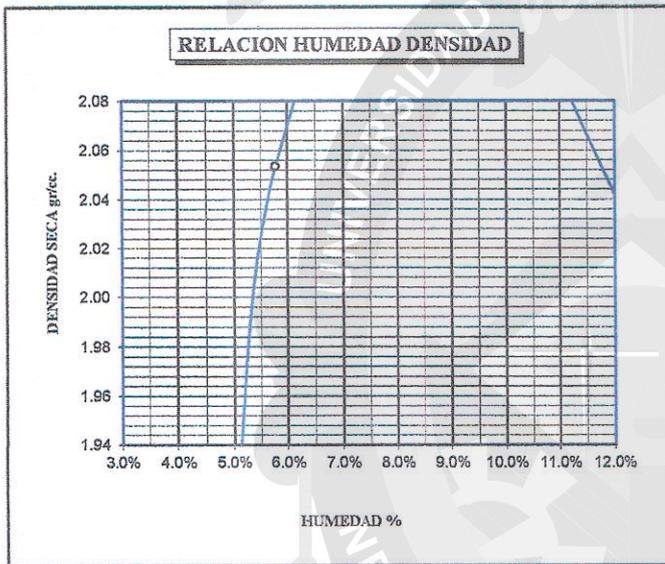
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Bach. I.C. Edwin Yoel Choque Guzman



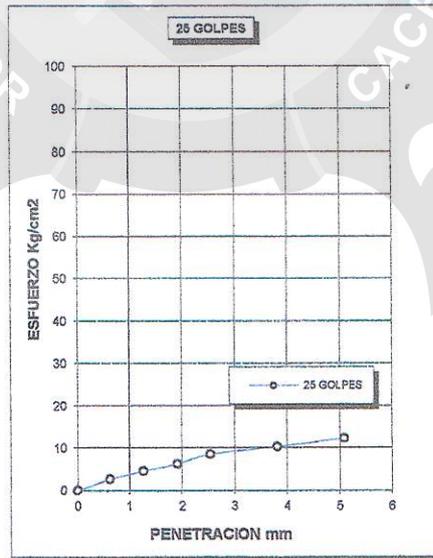
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



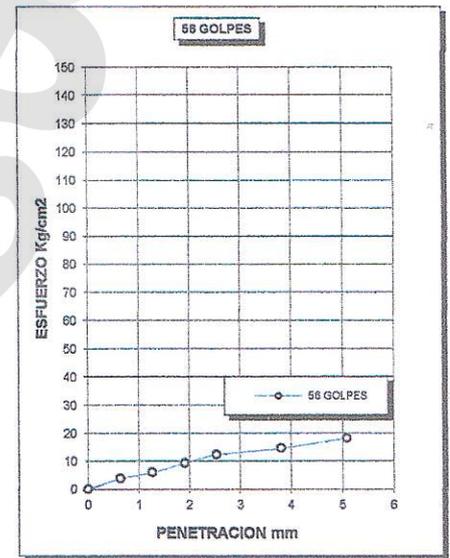
PROYECTO	: TESIS "ESTABILIZACION CON ADICION DE CAL A LOS SUELOS DE LA CANTERA VENTILLA DEL KM. 45+000 DE LA CONSTRUCCION DE LA AUTOPISTA PUNO - JULIACA".	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	C
SOLICITADO	: BACH. I. C. MARISOL GUILLEN QUINTANILLA.	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc.)	1.830
PROFUNDIDAD	: 1.60 mt.	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.60
FECHA	: NOVIEMBRE DEL 2016	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	38.00
UBICACIÓN	: Km. 45+000 AUTOPISTA PUNO - JULIACA.	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	36.10
LUGAR	: CANTERA "VENTILLA" CON ADICION 15% CAL	RET MALLA 3/4"=	3/8" =
OBSERVACIONES:	MUESTREADO POR EL SOLICITANTE		N4 =
		CLASIFICACION	
		SUCS :	
		EMBEBIDO : 4 DIAS	



CBR 6



CBR 12



CBR 18



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Mg. Ana Diana Chacabarro Quintanilla
 REGISTRO OIP N° 93333
 COORDINADORA ACADÉMICA



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 BACH. I.C. Edwin Yoa Choque Guzman
 ENCARGADO DE LABORATORIO ING. CIVIL PUNO



FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with project details: PROYECTO, SOLICITANTE, FECHA, UBICACIÓN, MUESTRA.

Table with mold specifications: MOLDE No, No DE CAPAS, NUMERO DE GOLPES POR CAPA, CONDICIONES DE LA MUESTRA.

Table with soil weight and volume data: Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, etc.

Table with moisture and density data: Capsula No, Suelo Humedo + Capsula, Promedio de Humedad, Densidad del Suelo Seco.

EXPANSION

Table with expansion test results: Fecha, Hora, Tiempo, Dial, Expansion mm and %.

PENETRACION

Table with penetration test results: Penetración mm, Tiempo, Carga Est., MOLDE No III, II, I.

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

Handwritten signature and official stamp of the academic coordinator.

Handwritten signature and official stamp of the laboratory in charge.



ANEXO 02
PLANOS

