

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“ESTUDIO GEOTÉCNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE
PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO
ALTO E LA ALIANZA, TACNA – 2019”

PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Giancarlo Osnar, MAMANI ROMANI

Bach. Raúl César, RAMOS VILCA

TACNA – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**FACULTAD DE INGENIERÍA****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA****TESIS****“Estudio geotécnico de la sub rasante para diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna, Distrito Alto de la Alianza, Tacna – 2019”**

Tesis sustentada y aprobada el 30 de Noviembre del 2020; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE

Mag. MTRO. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE**SECRETARIO**

Mag. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ**VOCAL**

Ing. CESAR JULIO CRUZ ESPINOZA**ASESOR**

Ing. CESAR ARMANDO URTEAGA ORTIZ

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros MAMANI ROMANI, Giancarlo Osnar y RAMOS VILCA, Raúl César; en calidad de egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificadas con DNI 46776575 y 73055294 con carácter de declaración jurada, DECLARAMOS:

1. Ser los autores del trabajo de investigación, titulado “Estudio geotécnico de la sub rasante para diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna, Distrito Alto de la Alianza, Tacna – 2019”, la misma que presentamos para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. Que el presente trabajo de tesis es original y que todas las fuentes utilizadas para su realización han sido debidamente citadas en el mismo.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; los autores asumimos las consecuencias y sanciones que correspondan, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 15 de abril 2020.



Mamani Romaní, Giancarlo Osnar
DNI:46776575



Ramos Vilca, Raúl César
DNI:73055294

DEDICATORIA

Esta tesis va dedica:

A mis padres, por su apoyo permanente para salir adelante y siempre querer que sea mejor cada día

A mi menor hija ROUSSE MICAELLA MAMANI FIGUEROA que es y siempre será el motivo para todo logro en mi vida.

Para culminar y no siendo menos importante a mis amigos que siempre me apoyaron para no dejar a mitad mi tesis.

Mamani Romaní, Giancarlo Osnar

Esta tesis va dedicada para mis padres.

Ramos Vilca, Raúl César

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por permitirme lograr uno de mis objetivos en mi vida el cual es el inicio a muchos más.

Agradecer a todos mis docentes que me inculcaron lo complejo y trabajoso de esta carrera

De igual manera a la Universidad Privada de Tacna y a la facultad de ingeniería que me tuvo en su cobijo todo este tiempo hasta lograr culminar con mi carrera.

Mamani Romaní, Giancarlo Osnar

Hacia mis tutores y asesor de tesis por la ayuda constante en la presente tesis.

Ramos Vilca, Raúl César

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	3
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Formulación del problema	6
1.2.1 Problema general	6
1.2.2 Problemas específicos	6
1.3 Justificación e importancia	6
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo general	7
1.4.2 Objetivos específicos	7
1.5 Hipótesis.....	7
1.5.1 Hipótesis general	7
1.5.2 Hipótesis específicas.....	7
CAPÍTULO II	8
2 MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Antecedentes del estudio.....	8
2.1.1 Antecedentes internacionales	8
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	9
2.1.3 Antecedentes locales.....	10
2.2 Bases teóricas	11
2.2.1 Estudio técnico de la subrasante para el diseño de pavimentos	11
2.2.2 Componentes de la infraestructura del camino	11
2.2.3 Ensayos de Laboratorio	14
2.2.4 Ensayos especiales	16
2.2.5 Estudio de tránsito para diseño de pavimentos	17
2.2.6 Clasificación de vías urbanas	19
2.2.7 Diseño de pavimentos flexible.....	20

2.2.8	Método Guía AASHTO 93 de diseño.....	24
2.3	Definición de términos.....	33
2.3.1	Módulo resiliente.....	33
2.3.2	Número estructural.....	33
2.3.3	Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).....	33
2.3.4	Confiabilidad (%R).....	34
2.3.5	Pavimentos flexibles (pavimentos asfálticos).....	34
2.3.6	Carpeta o capa de rodadura.....	34
2.3.7	Base Granular.....	34
2.3.8	Capa sub-base Granular.....	35
CAPÍTULO III.....		36
3	MARCO METODOLÓGICO.....	36
3.1	Tipo y diseño de la investigación.....	36
3.2	Población y/o muestra de estudio.....	36
3.2.1	Población:.....	36
3.2.2	Muestra:.....	36
3.3	Operacionalización de variables.....	37
3.4	Técnicas e instrumentos para recolección de datos.....	37
3.4.1	Procedimientos.....	37
3.4.2	Técnicas de recolección de los datos.....	38
3.4.3	Instrumentos para la recolección de los datos.....	38
3.5	Procesamiento y análisis de datos.....	38
3.5.1	Trabajos de campo.....	38
3.5.2	Ensayos de laboratorio.....	43
3.5.3	Aforos de Vehículos.....	46
CAPÍTULO IV:.....		47
4	RESULTADOS.....	47
4.1	Estudios de Geotecnia.....	47
4.1.1	Características de la su rasante.....	47
4.1.2	Resultados de Laboratorio.....	56
4.2	Estudios de Trafico.....	90
4.2.1	Índice Medio Diario.....	90
4.2.2	Determinación de la carga de Ejes Equivalentes.....	95
4.3	Diseño de pavimentos flexibles.....	96
CAPÍTULO V:.....		102
5	DISCUSIÓN.....	102

6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
6.1	CONCLUSIONES	107
6.2	RECOMENDACIONES	109
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	110
7	ANEXOS	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vías interiores sin asfaltar en Alto Tacna	4
Figura 2. Vías a nivel de trocha en la zona de Alto Tacna	4
Figura 3. Vía sin pavimentar dificulta el tránsito de los vehículos	5
Figura 4. Ubicación del área de investigación.....	5
Figura 5. Sección típica de la infraestructura del camino	12
Figura 6. Estructura de un pavimento flexible	13
Figura 7. Características de flujo	20
Figura 8. Coeficiente estructural a_1 de la carpeta asfáltica,.....	30
Figura 9. Coeficiente estructural a_2 de la capa base granular	30
Figura 10. coeficiente estructural a_3 de la capa sub-base granular	31
Figura 11. Procedimiento para el análisis de diseño por capas	32
Figura 12. Ubicación de Calicatas	39
Figura 13. Excavación de calicata C-2, y toma de muestra en la sub rasante.	40
Figura 14. Excavación de calicata C-3, y toma de muestra de la sub rasante.	40
Figura 15. Excavación de calicata C-4, y toma de muestra en la sub rasante.	41
Figura 16. Excavación de calicata C-5, y toma de muestra en la sub rasante.	41
Figura 17. Excavación de calicata C-7, y toma de muestra en la sub rasante.	42
Figura 18. Excavación de calicata C-8, y toma de muestra en la sub rasante.	42
Figura 19. Ensayo de Humedad Natural.	43
Figura 20. Ensayo de Granulometría	44
Figura 21. Figura x. ensayo de plasticidad (Limite Liquido).....	44
Figura 22. Ensayo de Compactación	45
Figura 23. Ensayo de CBR.	45
Figura 24. Zona de Aforo Vehicular.....	46
Figura 25. Perfil estratigráfico calicata 01	48
Figura 26. Perfil estratigráfico calicata 02	49
Figura 27. Perfil estratigráfico calicata 03	50
Figura 28. Perfil estratigráfico calicata 04	51
Figura 29. Perfil estratigráfico calicata 05	52
Figura 30. Perfil estratigráfico calicata 06	53
Figura 31. Perfil estratigráfico calicata 07	54
Figura 32. Perfil estratigráfico calicata 08	55
Figura 33. Granulometría calicata 01	58
Figura 34. Granulometría calicata 02	59

Figura 35. Granulometría calicata 03	60
Figura 36. Granulometría calicata 04	61
Figura 37. Granulometría calicata 05	62
Figura 38. Granulometría calicata 06	63
Figura 39. Granulometría calicata 07	64
Figura 40. Granulometría calicata 08	65
Figura 41. Ensayo de compactación calicata 01	66
Figura 42. Ensayo de compactación calicata 02.....	67
Figura 43. Ensayo de compactación calicata 03.....	68
Figura 44. Ensayo de compactación calicata 04.....	69
Figura 45. Ensayo de compactación calicata 05.....	70
Figura 46. Ensayo de compactación calicata 06.....	71
Figura 47. Ensayo de compactación calicata 07.....	72
Figura 48. Ensayo de compactación calicata 08.....	73
Figura 49. Datos ensayo CBR calicata 01	74
Figura 50. Ensayo grafica de CBR calicata 01.....	75
Figura 51. Datos ensayo CBR calicata 02	76
Figura 52. Ensayo grafica de CBR calicata 02.....	77
Figura 53. Datos ensayo CBR calicata 03	78
Figura 54. Ensayo grafica de CBR calicata 03.....	79
Figura 55. Datos ensayo CBR calicata 04	80
Figura 56. Ensayo grafica de CBR calicata 04.....	81
Figura 57. Datos ensayo CBR calicata 05	82
Figura 58. Ensayo grafica de CBR calicata 05.....	83
Figura 59. Datos ensayo CBR calicata 06	84
Figura 60. Ensayo grafica de CBR calicata 06.....	85
Figura 61. Datos ensayo CBR calicata 07	86
Figura 62. Ensayo grafica de CBR calicata 07.....	87
Figura 63. Datos ensayo CBR calicata 08	88
Figura 64. Ensayo grafica de CBR calicata 08.....	89
Figura 65. Trafico de un día laborable - jueves.....	91
Figura 66. Trafico de un día laborable - viernes	92
Figura 67. Trafico de un día no laborable - sábado	92
Figura 68. Trafico de un día no laborable domingo	93
Figura 69. Trafico de un día laborable lunes.....	93
Figura 70. Trafico de un día laborable martes	94
Figura 71. Trafico de un día laborable martes	94

Figura 72. Trafico de un día laborable martes	95
Figura 73. Calculo de esal de diseño	97
Figura 74. Calculo de módulo de resiliencia	98
Figura 75. Calculo de factores de diseño.....	99
Figura 76. Calculo del Numero estructural.....	99
Figura 77. Determinación de factores de drenaje	100
Figura 78. Determinación de espesores del pavimento.....	100
Figura 79. Calculo de la estructura del pavimento.....	101
Figura 80. Estructura de pavimento con tráfico generado y desviado	103
Figura 81. Vías de la zona de proyecto.....	104
Figura 82. Vías con tipo de sección 1-1	105
Figura 83. Planteamiento de tipo de sección 1-1	105
Figura 84. Vías con tipo de sección 2-2	105
Figura 85. Planteamiento de tipo de sección 2-2.....	105
Figura 86. Vías con tipo de sección 3-3	106
Figura 87. Planteamiento de tipo de sección 3-3.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. EE de 8.2t en el carril de diseño de 150,001 hasta 1'000,000 EE	21
Tabla 2. EE de 8.2t en el carril de diseño de 1'000,001 hasta 30'000,000 EE	22
Tabla 3. EE de 8.2t en el carril de diseño mayor a 30'000,000 EE	23
Tabla 4. Categorías de subrasante	23
Tabla 5. Factor de distribución por carril (<i>DL</i>)	26
Tabla 6. Período de diseño.....	26
Tabla 7. Niveles de confiabilidad (<i>R</i>)	27
Tabla 8. Valores de desviación normal estándar (<i>ZR</i>).....	27
Tabla 9. Espesores mínimos AASHTO 1993 (pulg).....	29
Tabla 10. Espesores mínimos MTC 2008	29
Tabla 11. Coeficiente de drenajes recomendados.....	32
Tabla 12. <i>Operacionalización de variables</i>	37
Tabla 13. Resumen de Ensayos básicos	56
Tabla 14. Resumen de Ensayos especiales	57
Tabla 15. vehículos por día.....	90
Tabla 16. IMD del tráfico actual	91
Tabla 17. Relaciones de EE para pavimentos flexibles	95
Tabla 18. ESAL de diseño para el proyecto	96
Tabla 19. ESAL de tráfico Generado y desviado	103

RESUMEN

El proyecto de investigación tiene como objetivo realizar el estudio geotécnico de suelos para diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna, distrito Alto Alianza, Provincia y Región de Tacna – 2019, aplicando diferentes métodos de diseño de estructuras de pavimentos flexibles de bajo volumen de tránsito. El área de investigación está conformada por diferentes asociaciones con diferentes usos urbanos como ser vivienda taller, crianza de animales de corral entre otros, en la cual sus calles o vías están definidas y estas se encuentran a nivel de subrasante natural, en algunas vías principales cuenta con ripeado o lastrado de hormigón. Con relación al flujo vehicular esta tiene un índice medio diario bajo, por las condiciones inadecuadas de transitabilidad vehicular, además por la actividad productiva y por el crecimiento poblacional se requiere de mejores condiciones de transtabilidad vial.

El presente estudio tiene por objetivo directo determinar las características geotécnicas del suelo y aplicando el método de diseño AASTHO-93 se plantea una serie de alternativas de diseño de pavimentos, tomando en consideración las características del tráfico vial existente y determinando el número de Ejes Equivalentes para un periodo de vida. El estudio ha considerado ocho calicatas de 1.5m de profundidad, realizadas en distintos puntos del área de estudio, siendo la característica predominante del suelo de una arena limosa no plástica cuyo CBR (Valor relativo de soporte) oscila entre 9 a 11%, considerando para el diseño el más crítico. El ESAL de diseño fue de $1.11E05$ para un periodo de diseño de 20 años.

Se plantea una alternativa de la estructura del pavimento flexible, con una base granular y sub base granular de 20 centímetros de espesor cada una, sin embargo, la superficie de rodadura con el tráfico actual se plantea una capa de mortero asfáltico de 2.0 centímetros a base de mortero asfáltico, luego de que se genere el crecimiento del parque automotor en un periodo determinado se plantea una carpeta asfáltica en caliente de 6 centímetros por encima del mortero asfáltico.

PALABRAS CLAVE:

Sub rasante. Terreno de fundación, mortero asfáltico, Conservación Vial, Tratamiento Superficial.

ABSTRACT

The research project aims to carry out the geotechnical study of soils for the design of flexible pavements in the roads of Alto Tacna, Alto Alianza district, Province and Region of Tacna - 2019, applying different methods of design of low-volume flexible pavement structures traffic. The research area is made up of different associations with different urban uses such as housing, workshop, breeding of corral animals among others, in which its streets or roads are defined and these are at the level of natural subgrade, in some main roads it counts with ripped or ballasted concrete. Regarding the vehicular flow, this has a low average daily index, due to the inadequate conditions of vehicular traffic, in addition to the productive activity and population growth, better conditions of road traffic are required.

The present study has as its direct objective to determine the geotechnical characteristics of the soil and applying the AASTHO-93 design method, a series of pavement design alternatives is proposed, taking into account the characteristics of the existing road traffic and determining the number of Equivalent Axes for a period of life. The study has considered eight pits 1.5m deep, made at different points in the study area, the predominant characteristic of the soil being a non-plastic silty sand whose CBR (Relative Support Value) ranges between 9 to 11%, considering for design the most critical. The design ESAL was $1.11E05$ for a 20-year design period.

An alternative of the flexible pavement structure is proposed, with a granular base and granular sub-base of 20 centimeters thick each, however, the running surface with current traffic involves a 2.0-centimeter layer of asphalt mortar based on of asphalt mortar, after the growth of the vehicle fleet is generated in a certain period, a hot asphalt layer 6 centimeters above the asphalt mortar is proposed.

KEYWORDS:

Sub grade. Foundation ground, asphalt mortar, Road Conservation, Surface Treatment.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las vías en las ciudades y alrededores tienen una función tan importante en el crecimiento económico de nuestra ciudad, debido a que estas vías son necesarias para el tránsito de vehículos y peatones, mejorando las condiciones de vida de las personas.

En el distrito del Alto de la Alianza, se encuentra la zona denominada Alto Tacna, entre los kilómetros 5 y 10 de la carretera Tacna - Tarata, asentadas a ambos lados de la vía. La expansión demográfica ha ocasionado la posesión de estas áreas para diferentes usos como; vivienda taller, granjas pecuarias y pequeños comercios, tal como se describe en el plan de desarrollo urbano de Tacna vigente del 2015 al 2025. Las posesiones de estas áreas vienen siendo regularizadas o saneadas catastralmente por las municipalidades involucradas (Alto de la Alianza y Ciudad Nueva), esta planificación ha definido las vías de acceso a las diferentes propiedades agrupadas en diferentes asociaciones. Estas vías no están pavimentadas actualmente, encontrándose solo a nivel de ripeados con pequeñas capas de hormigón, en algunos casos solo son de terreno natural, lo que genera en los pobladores de la zona, problemas ambientales (polvo) y problemas de acceso (vías con baches, huecos).

La presente investigación abarca solo la zona del distrito Alto de la Alianza denominado Alto Tacna sector 7, en la cual existen varias asociaciones de vivienda, cuyas vías se encuentran en condiciones no óptimas para el tránsito de los vehículos. Ante este problema surge la necesidad de desarrollar estudios de subrasante para proponer alternativas de solución en el diseño de estructuras de pavimento, que genere y optimice el transporte de productos ganaderos, mejorando los ingresos económicos y se mitigue el polvo que se genera por el tránsito de los vehículos.

Con la finalidad de minimizar el impacto negativo y promover el desarrollo vial y económico de la ciudad de Tacna, especialmente en Alto Tacna, es que se propone en el presente informe realizar un estudio geotécnico de la sub rasante para luego realizar el diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna.

Los estudios de subrasante y de tráfico están basados en los diferentes manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que nos brindan procedimientos estándar para realizar ensayos y procesar resultados. Para el diseño de pavimentos

se trabaja con el método AASHTO 93, este método nos permite utilizar la variable de serviciabilidad en el diseño, la cual es una medida para brindar una superficie óptima para los usuarios.

Esta investigación pretende ser de utilidad en una futura planeación para la ejecución de las vías vecinales en la zona 7 de Alto Tacna, y de esta forma aportar a una mejora en la calidad de vías de la ciudad, aportar en nuestro crecimiento económico y por último mejorar la calidad de vida de las personas.

CAPÍTULO I

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Debido al crecimiento urbano en los últimos años en la ciudad de Tacna, una parte de la población se han asentado y han construido sus hogares en la zona 7 de Alto Tacna, sin embargo, esta zona tiene una calidad de vida muy baja debido a que las calzadas de sus vías están en pésimas condiciones de transitabilidad, presentando muchas de ellas trochas sin tratamiento, en otros casos solo presentan un ripiado con agregados gruesos (hormigón grueso).

La condición actual de las vías genera que muchos vehículos no transiten de manera óptima en las pistas y tengan dificultades a la hora de manejar su vehículo, además ocasiona que no puedan ingresar hasta sus viviendas, ya que no tienen accesos definidos.

En la zona los pobladores se dedican a la avicultura y crianza de animales menores y debido a la situación de las vías, se genera demoras en el transporte de productos lo que ocasiona un aumento de precio. Y como consecuencia los productos no son competitivos en el mercado.

Debido a las vías sin pavimentar, los pobladores que viven en la zona e incluso los animales corren el riesgo de contraer enfermedades, respiratorias por la magnitud de polvo que se genera con el paso de los autos.

Como podemos observar en las fotos a continuación, las calles sin pavimentar es un problema que perjudica a la comunidad y por eso los pobladores de la zona hacen sentir su malestar.



Figura 1. Vías interiores sin asfaltar en Alto Tacna

Fuente: Elaboración propia



Figura 2. Vías a nivel de trocha en la zona de Alto Tacna

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. Vía sin pavimentar dificulta el tránsito de los vehículos
Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Ubicación del área de investigación
Fuente: Google Maps

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo el estudio geotécnico de suelos afecta en el diseño de pavimentos flexibles de las vías de Alto Tacna, distrito Alto Alianza, provincia y región de Tacna – 2019?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo el estudio de tráfico afecta el diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna?
- b) ¿Qué propiedades físico – mecánicas de la subrasante son necesarias para el diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna?
- c) ¿Cómo el tráfico generado y desviado afecta el diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna?

1.3 Justificación e importancia

La razón que motiva el presente trabajo de investigación es la situación de la infraestructura vial en la zona 7 de Alto Tacna en el Distrito del Alto de la Alianza. Actualmente se cuenta con una vía cuya característica corresponde a una trocha carrozable en pésimo estado de transitabilidad, esto genera demoras en el transporte de productos ganaderos, lo que aumenta el precio de dichos productos, también es necesaria conectar esta zona de Alto Tacna con la zona urbana de esta forma se mejora el servicio de transporte de carga y pasajeros. Las trochas carrozables de Alto tacna generan una incomodidad en los pobladores de la zona, ya que se ven afectados económicamente.

Todos los pobladores tienen el derecho de vivir en una zona que les brinde un buen servicio de vías, es por eso que la presente tesis propone la realización de un estudio geotécnico de la sub rasante con el fin de diseñar un pavimento flexible. La presente investigación se justifica en el estudio de las tecnologías y procedimientos técnicos de ingeniería con un nuevo diseño de pavimento, el estudio geotécnico y de tránsito será una parte importante para el respectivo diseño.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Realizar el estudio geotécnico de suelos para diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna, distrito Alto Alianza, provincia y región de Tacna – 2019.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Realizar el estudio de tráfico para el diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna
- b) Determinar las propiedades físico – mecánicas de la subrasante para el diseño de pavimentos flexibles en las vías de alto Tacna.
- c) Determinar la propuesta con tráfico generado y desviado para el diseño de pavimentos flexibles en las vías de alto Tacna.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La caracterización física y mecánica de los suelos permitirá determinar la estructura del pavimento en las vías del alto Tacna, distrito Alto alianza, provincia y región de Tacna – 2019

1.5.2 Hipótesis específicas

- a) Los flujos vehiculares determinan la carga de diseño de pavimentos flexibles en las vías del Alto Tacna.
- b) Las propiedades físico – mecánicas de la subrasante son complementarias para el diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna.
- d) La propuesta con tráfico generado y desviado varia el diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Antecedentes internacionales

(Fontalba, 2015) Presenta la tesis: “Diseño de un pavimento alternativo para la Avenida Circunvalación sector guacamayo 1°etapa”, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería en Obras Civiles. En esta investigación se presenta el diseño estructural del pavimento mediante Dispav – 5, conjuntamente con el diseño mediante AASHTO 93, este método de diseño es el aprobado en el país sureño de Chile. Para cumplir con los objetivos de la investigación se realizó un estudio de tránsito del sector en cuestión, a su vez se caracterizó el flujo de vehículos pesados. Por otro lado, se contó con los estudios de suelos y las características técnicas del proyecto original. Posteriormente se efectuó una correlación de los resultados que disponían ambos métodos. Como resultado final no se obtuvo pequeñas diferencias entre los resultados de los espesores de las distintas capas del pavimento para ambos métodos de diseño. Solo a nivel de la capa de base granular se tuvo diferentes resultados, siendo el resultado del método AASHTO 93 un espesor inferior para la base granular que el método Dispav – 5. Los resultados de las capas de carpeta asfáltica del pavimento se obtuvo los mismos espesores de la capa con uno y otro método de diseño. Finalmente se concluye con un análisis de costos entre los métodos del pavimento.

(Sierra, 2017) Presenta la investigación siguiente: “Propuesta para el diseño de la estructura del pavimento de la vía Puente de Piedra - Colón - variante Madrid, Cundinamarca”. Universidad de Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil. En la presente tesis se diseñan los espesores del pavimento para el tramo de la vía Puente de Piedra – Colón – Variante Madrid, Cundinamarca, considerando diferentes metodologías de cálculo como son INVIAS, AASHTO y Racional SHELL. Para llegar a diseñar los espesores del pavimento se realizarán estudios de tránsito y un estudio geotécnico. La tesis concluye que, con base en los parámetros evaluados del clima en la zona, la resistencia de

soporte de la subrasante y del tránsito esperado, se definieron las categorías correspondientes a la zona climática, la naturaleza de la subrasante y el rango de tránsito acumulado por carril en el periodo de diseño, según el Manual de diseño de pavimentos asfálticos en las vías con regular y elevados volúmenes de tránsito del Instituto Nacional de Vías. Por último, se hace énfasis en que para garantizar un buen funcionamiento y la durabilidad del pavimento son necesarias buenas y suficientes obras de drenaje que protejan la estructura construida y minimicen los cambios volumétricos de la subrasante debido a variaciones en su humedad, así como el traslado previo de los árboles que puedan causar desecación o afectar el pavimento con sus raíces.

(Poveda, Bernal, & Marín, 2014) presenta la tesis titulada, Diseño de la estructura de un pavimento, en la conocida vía como “El kilómetro 19”, desde el K2+000 al K2+500, vía que comunican a los Municipios de Chipaque - Une, ubicado en el departamento de Cundinamarca. La presente investigación describe que las zonas de estudio de la vía presentan casi la totalidad de sus vías sin carpeta asfáltica, siendo la falta de mantenimiento el principal factor, tanto de la vía (calzada) como de las obras de drenajes, por lo que su intervención debe ser priorizado con una nueva estructura de pavimento. Se presentaron diferentes tipos de diseño para la estructura vial de pavimento flexible, en base a los métodos INVIAS, AASHTO 93 y SHELL, siendo elegida la alternativa de estructura diseñada por el método AASHTO-93, asimismo se verifico las capas optimizando el resultado de una capa más económica.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según, (Escobar & Huincho, 2017) presentan la investigación: “Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017”. De la Universidad Nacional de Cajamarca, del programa de Ingeniería de Ingeniería Civil. La presente tesis esta enfocado para realizar la evaluación y el análisis del desempeño estructural del pavimento flexible tomando como base la aplicación de una de los resultados obtenidos en laboratorio y el resultado del método de la ecuación de la AASHTO 93 así como del INSTITUTO DEL ASFALTO. Los resultados se encuentran dentro de los rangos de diseño con la norma del MTC del MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS. Con relación a los

estudios analizados en el área de investigación se tiene para el año 2006 un ESAL de 2, 289,418 de ejes equivalentes y se determinó un espesor para la carpeta asfáltica de 4 pulgadas. En la actualidad para el 2017 el espesor de la carpeta asfáltica está proyectada en 7 pulgadas con un ESAL de 7, 867,970 de ejes equivalentes (ESAL).

Según, (Ramos, 2019) Presenta la tesis: “Mecánica de suelos aplicada al diseño de estructura de pavimento para el mejoramiento de la transitabilidad en vías urbanas”, la cual tiene como objetivo aplicar los estudios de la mecánica de suelos para el cálculo en la determinación de los espesores de la estructura de pavimentos en vías urbanas. En ese sentido la presente investigación tendrá como base el ejemplo aplicativo de un proyecto vial como del mejoramiento de la transitabilidad vehicular de la Calle las Begonias, en el distrito de San Isidro, en dicho proyecto se busca mejorar principalmente la calidad de vida de los habitantes o usuarios que se encuentran en la zona de estudio, estos beneficios relacionados con la mejora de las condiciones básicas de la infraestructura vial. Se analiza también las características físicas que presentan el estudio de la subrasante para la estructura del pavimento y se analiza el método Aashto 93 para ser aplicado en el diseño de pavimentos rígidos.

2.1.3 Antecedentes locales

Según, (Ochoa, 2014) Presenta la tesis titulada: “Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave, Tramo Aricota – Quilahuani (km 146+500 – km 151+500)”, de la Universidad Nacional J. Basadre G., correspondiente a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia. La presente tesis tiene como objetivo realizar el estudio geotécnico de los materiales de la subrasante para diseñar la estructura del pavimento en la carretera indicada así como, determinar las principales propiedades físicas y mecánicas de los suelos presentes en el suelo de fundación y de los materiales de cantera para ser aplicados en las capas de la sub-base granular y de la base granular. Concluyendo que el diseño de la estructura del pavimento flexible se basa teniendo presentecuatro factores fundamentales: estudio de suelos, estudio de tráfico, estudio de hidrología y el método de diseño, para el cual se ha utilizado los parámetros establecidos por el “Manual para el Diseño de

Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC del Perú". Este manual utiliza la norma americana del AASHTO 1993, sin embargo, este método se encuentra adaptado a la realidad peruana. Es por eso que algunos parámetros no coinciden con el método original, sobre todo los espesores mínimos recomendados aplicados en el diseño de los espesores del pavimento flexible.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Estudio técnico de la subrasante para el diseño de pavimentos

Las cargas a la que se encuentran sometidas los suelos de la cimentación de las diferentes capas del pavimento, son puntuales y específicas a las que soportara un suelo con un cimiento de una estructura diferente. Para cumplir con los objetivos del proyecto se realiza una programación para realizar los estudios de campo y de laboratorio, realizar inspecciones y recorridos al área de investigación, además evaluar y analizar dicha información con la finalidad de establecer una serie de reglas o normas que se deben guiar durante el procedimiento constructivo.

Según, (Menéndez, 2009) el diseño de pavimentos es un procedimiento por el cual los elementos de la estructura del pavimento como la la carpeta asfáltica, la base granular, la subbase granular y la subrasante de una vía o proyecto de carretera se determinan considerando la naturaleza del terreno de fundacion, los factores ambientales, el flujo vehicular y los factores de las labores de mantenimiento. En concreto el diseño de los espesores del pavimento dependen de la calidad de los materiales.

2.2.2 Componentes de la infraestructura del camino

Según, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013), presenta la siguiente sección típica de un corte transversal de la vía.

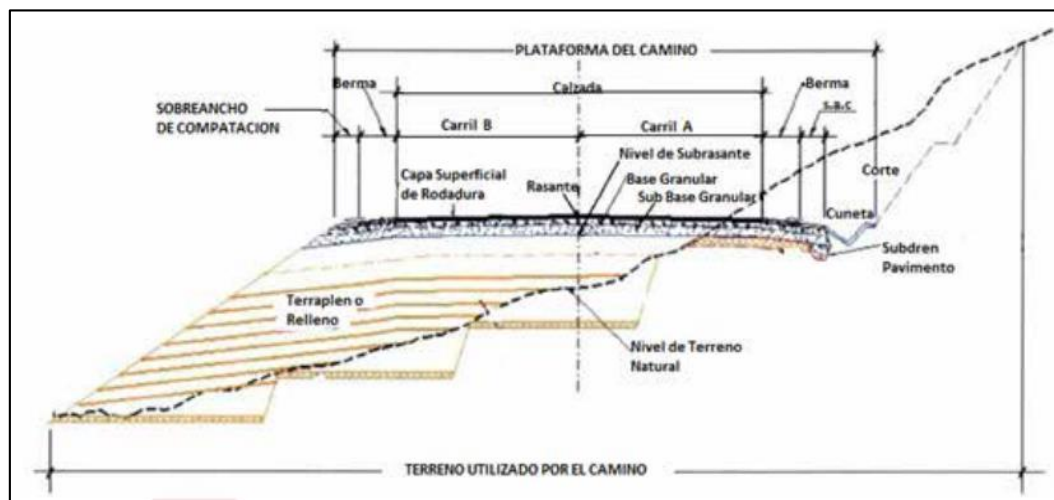


Figura 5. Sección típica de la infraestructura del camino

Fuente: Dirección especial de estudios del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

2.2.2.1 Subrasante

Según, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013) La subrasante es la superficie o nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual descansa la estructura del pavimento o afirmado.

El terreno de fundación es el asiento directo de la estructura del pavimento y es parte de la estructura que construye una carretera entre el terreno natural explanado y los espesores de la estructura del pavimento. La subrasante viene a ser la capa superior del relleno o el nivel de los cortes en suelo natural, que soportará la estructura del pavimento. La capacidad de las condiciones de servicio, así como el flujo vehicular y las propiedades de los materiales de construcción de la carretera, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se instalara sobre la subrasante. En el proceso constructivo, los últimos 30cm. de suelo debajo del nivel de la subrasante, deben estar compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo proctor modificado (MTC EM 115).

2.2.2.2 Pavimento

La estructura de un pavimento flexible está conformada por varias capas, construida sobre el suelo de la subrasante de la vía, para resistir y distribuir esfuerzos originados por la carga vehicular así como mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el flujo de tránsito. Tiene las siguientes capas:

- **Capa de Rodadura:** Es la capa o espesor de un pavimento ubicado en la parte superior, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) como también de adoquines, cuya función es absorber las cargas generadas por el tránsito.
- **Base:** Es la capa que está debajo de la capa de rodadura, tiene como su función principal la de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. El material de la base granular debe tener un CBR $\geq 80\%$, además puede ser tratada con asfalto, cal o cemento.
- **Subbase:** Es la capa de material especificado que se encuentra debajo de la capa de base y de la carpeta asfáltica. Además, se utiliza como capa drenante y regulador de la capilaridad. Depende de las características de diseño y dimensionamiento del pavimento, esta capa puede obviarse cuando la subrasante es buena. Esta capa puede ser de material granular con un CBR $\geq 40\%$, además esta capa puede ser tratada con asfalto, cal o cemento.

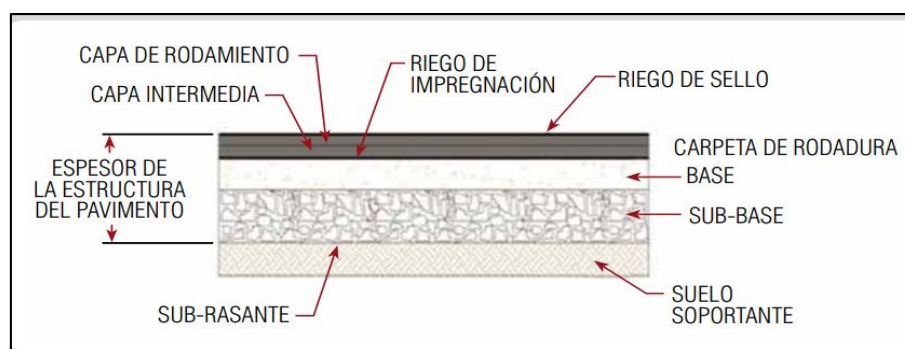


Figura 6. Estructura de un pavimento flexible

Fuente: Dirección especial de estudios del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

2.2.2.3 Drenaje

El sistema de drenaje y subdrenaje de una vía está diseñada para evacuar rápidamente la humedad de la estructura del pavimento. En el Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC. Se incluye los aspectos de protección de la estructura del pavimento.

2.2.3 Ensayos de Laboratorio

Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, Manual de Ensayo de Material EM - 2016, 2016)

2.2.3.1 Análisis granulométrico por tamizado – MTC E 107

Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (Nº 200).

Por otro lado, la granulometría se define como la distribución de las partículas del suelo en diferentes tamaños, cuyo valor se expresa como un porcentaje en relación del peso total de la muestra seca.

2.2.3.2 Determinación del contenido de humedad del suelo – MTC E 108

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

2.2.3.3 Determinación del límite líquido del suelo – MTC E 110

El límite líquido se expresa como el porcentaje de humedad, en la cual el suelo se encuentra entre los límites del estado líquido y plástico. Su procedimiento se basa en determinar la humedad de un separador de dos mitades de una pasta de suelo que se junta en su fondo cuando se deja caer golpes a la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

Una característica del límite líquido en un suelo con cierta cantidad significativa de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado.

2.2.3.4 Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) – MTC E 111

La humedad más baja a la que se forma las barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, se denomina límite plástico (L.P.), el ensayo es realizado rodando el suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

Los suelos con contenidos de plasticidad pueden utilizar el contenido de humedad natural para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez.

2.2.3.5 Ensayo para determinar la densidad y peso unitario del suelo Insitu mediante el método del cono de arena – MTC E 117

El método del cono de arena es usado para determinar la densidad de suelos in situ que se encuentran compactados en el lugar durante la construcción de rellenos, capas de de la estructura del pavimento y estructuras de contención. Se utiliza como base de medición o comparación para suelos compactados a una densidad específica o a un porcentaje de densidad máxima determinada por un método de ensayo normado.

El método es aplicado a muestras de suelos que no contengan una cantidad excesiva de roca o materiales gravosos con un diámetro mayor a 1 ½ pulg (38 mm).

Dentro de sus limitaciones esta generalmente aplicado a suelos en condición de no saturados. No es recomendable el metodo para suelos que sean suaves o desmenuzables (que se desmoronan fácilmente), o la muestra este en una condición de humedad tal que el agua filtre dentro del hoyo excavado a mano.

2.2.4 Ensayos especiales

2.2.4.1 Ensayo CBR (En laboratorio) – MTC E 132

El ensayo de CBR (California Bearing Ratio), describe el proceso del ensayo para determinar la resistencia de un suelo determinado con relación a un valor patrón. El ensayo se realiza con materiales preparados en el laboratorio en condiciones adecuadas de humedad y densidad.

Este método es usado para evaluar la resistencia de soporte de la subrasante, subbase y material de base, así como materiales reciclados que se usen en pavimentos.

El valor del CBR es el valor del tanto por ciento que ejerce la presión de un pistón sobre un suelo, tomado en consideración la penetración, así como la relación con la presión ejercida a la misma penetración en una muestra patrón. Los valores de la muestra patrón para una penetración a 0.1" es de 1,000 lbs/plg² y para 0.2" de penetración es de 1,500 psi.

Para determinar el valor del CBR se debe realizar la gráfica de valores de esfuerzo deformación para tres muestras preparadas a la humedad óptima y densidad máxima seca, así como a distintos golpes, las gráficas no deben presentar puntos de inflexión. El valor del CBR se obtiene a 0.1" de penetración y al 95% de la máxima densidad seca.

2.2.4.2 Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (proctor modificado) – MTC E 115

El ensayo de compactación considera los procedimientos de compactación aplicados en el Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y la densidad seca del suelo denominada curva de compactación, el ensayo consiste en compactar moldes de 101,6 o 152,4 mm (4 o 6 pulg) de diámetro, el pistón de compactación es de 44,5 N (10 lbf), este pistón tiene una altura de caída de 457 mm (18 pulg), originando una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)).

El ensayo es aplicado sólo para aquellos suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ " pulg). El metodo proporciona 3 alternativas según el material:

METODO "A"

- Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- Material: material que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- Nro. de capas: 5 capas
- Golpes por capa: 25 golpes
- Cuando el 20 % ó < del peso del material es ret. tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- Otros Usos: los suelos que cumplen éstas exigencias de gradación pueden usar el Método B ó C para su ensayo.

METODO "B"

- Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
- Materiales: material que pasa por el tamiz de 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg).
- Nro. de capas: 5 capas
- Golpes por capa: 25 golpes
- Usos: Si más del 20% del peso del suelo es ret. tamiz 4,75 mm (Nº4) y si el 20% o < de peso del suelo es ret. tamiz 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg)
- Otros Usos: cuando los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

METODO "C"

- Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.
- Materiales: material que pasa por el tamiz 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg).
- Nro. de capas: 5 capas
- Golpes por capa: 56 golpes
- Uso: Cuando + 20% en peso del suelo es retenido en el tamiz 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) y - 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg).
- El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A o B.

2.2.5 Estudio de tránsito para diseño de pavimentos

Según (Chávez, 2005) en el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas, se indica que las carreteras, las calles, las intersecciones, los terminales, etc., están sujetos a ser esfuerzos y cargas por flujos de tráfico, dichos factores tienen tipologías espaciales (ocupan un lugar) y temporales (consumen tiempo).

Los estudios relacionados con el tráfico se realizan con la finalidad de determinar el flujo vehicular y/o personas sobre puntos o secciones específicas que se presenten en un área del sistema vial. La información del volumen de tránsito se expresados como un caudal de vehículos con respecto al tiempo.

2.2.5.1 Volumen de tránsito

Según el Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas (Chávez, 2005), se define como volumen de tránsito, a la cantidad de vehículos que cruzan de un sentido a otro por un punto determinado de una vía, de un carril o de una calzada, durante un período determinado.

2.2.5.2 Volúmenes de Tránsito Absoluto o Totales

Se refiere al número total de vehículos que pasan durante un periodo de tiempo. Según la duración del tiempo se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales

- ✓ Tránsito anual (TA),
Se refiere al total de vehículos que pasan por un punto durante un año.
Donde, $T = 1$ año.
- ✓ Tránsito mensual (TM)
Viene a ser el total de vehículos que pasan por un punto durante un mes. Donde, $T = 1$ mes.
- ✓ Tránsito semanal (TS)
Se define como el total de vehículos que pasan por un punto durante una semana. Donde, $T = 1$ semana.
- ✓ Tránsito diario (TD)
Representa el total de vehículos que pasan por un punto durante un día.
Donde, $T = 1$ día.
- ✓ Tránsito horario (TH)

Representa el total de vehículos que pasan por un punto durante una hora. donde, $T = 1$ hora.

Los tránsitos especificados tienen periodos de un año, un mes, una semana, un día, una hora y menos de una hora.

2.2.5.3 Índice medio diario anual (IMDA)

Según, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, Manual de carreteras: Diseño geométrico, 2014) El IMDA representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para un periodo de tiempo definido de la vía. Su estudio o determinación del valor del flujo vehicular brinda una idea cuantitativa para realizar los estudios de factibilidad económica en la vía considerada.

Los datos del IMDA de una carretera específica, proporcionan al proyectista, toda la información de importancia para la determinación las características para un diseño adecuado de la carretera, además para su clasificación y desarrollar de los programas de mantenimiento.

2.2.5.4 ESAL

El valor del ESAL es una característica del método AASHTO 93 para la simplificación de la aplicación de la carga del tránsito, conocido como ejes equivalentes. Este valor nos muestra la relación de las cargas que presentan todo tipo de vehículo en ejes simples equivalente a 8.2 Ton de peso, comúnmente llamados EE por la norma Peruana.

2.2.6 Clasificación de vías urbanas

Según el Manual de Diseño Geométrico de vías urbanas (Chávez, 2005), plantea una clasificación de todo tipo de vías públicas urbanas terrestres, ya sean calles, jirones, avenidas, alamedas, plazas, malecones, paseos, las cuales son utilizadas por flujo vehicular, personas y/o mercaderías.

Dentro de la clasificación se considera cuatro categorías principales: Vías expresas, arteriales, colectoras y locales. La norma considera también una categoría adicional denominada “vías especiales”.

Los parámetros de diseño que considera una red vial urbana son: la velocidad de diseño, las características básicas del flujo vehicular que circula, el control de los accesos con otras vías, la cantidad de carriles, entre otros parámetros.

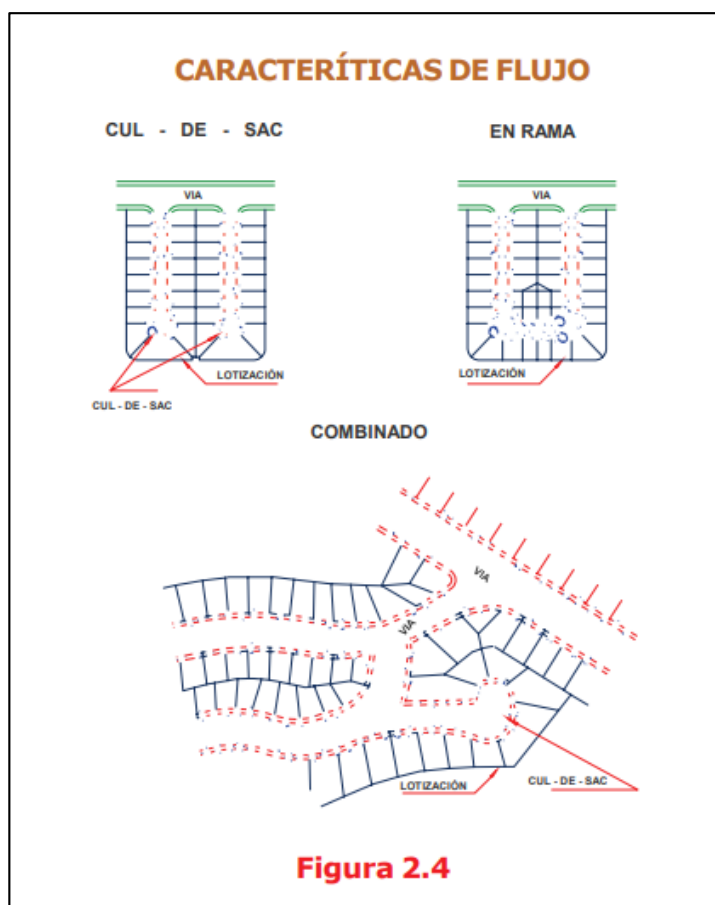


Figura 7. Características de flujo

Fuente: (Chávez, 2005)

2.2.7 Diseño de pavimentos flexible

Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013) considera para el diseño de la estructura de los pavimentos dos parámetros básicos:

- Las cargas producidas por tráfico vehicular impuestas al pavimento.
- Las características del terreno de subrasante sobre la que descansa el pavimento.

Estos dos parámetros básicos consideran una metodología en el desarrollo del diseño.

- 1) El tráfico vehicular impone y/o genera cargas al pavimento, estos valores se expresan en ESALs, Equivalent Single Axle Loads 18-kip o 80-kN o 8.2 t, la cual en el Manual de Carreteras DG 2013 se indica como Ejes Equivalentes (EE). Dichas cargas de ejes equivalentes que se generan en el periodo de diseño se conoce como (W18).

El manual define tres categorías para el caso del tráfico y del diseño de pavimentos flexibles:

- a) Tipos de tráfico expresado en carga para caminos con un rango de 150,001 hasta 1'000,000 EE..

Tabla 1. EE de 8.2t en el carril de diseño de 150,001 hasta 1'000,000 EE

Tipos de tráfico pesado expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado en EE
T_{P1}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T_{P2}	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T_{P3}	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T_{P4}	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013)

Dónde: TP_x; T= EE en el carril de diseño para tráfico pesado
P = Pavimentada,
X = número de rango (1, 2, 3, 4)

- b) Tipos de tráfico expresado en carga para caminos con un rango de 1'000,001 EE hasta 30'000,000 EE..

Tabla 2. EE de 8.2t en el carril de diseño de 1'000,001 hasta 30'000,000 EE

Tipos de tráfico pesado expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado en EE
T_{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T_{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T_{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T_{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T_{P9}	>7'500,000 EE ≤10'000,000 EE
T_{P10}	>10'000,000 EE ≤12'500,000 EE
T_{P11}	>12'500,000 EE ≤15'000,000 EE
T_{P12}	>15'000,000 EE ≤20'000,000 EE
T_{P13}	>20'000,000 EE ≤25'000,000 EE
T_{P14}	>25'000,000 EE ≤30'000,000 EE

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013)

Dónde: T_{PX}; T= EE en el carril de diseño para tráfico pesado
P = Pavimentada,
X = número de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14)

- c) Los caminos que contienen carga de tráfico > 30'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño, el manual del MTC no considera, sin embargo, deja la posibilidad de que el diseño de pavimentos sea estudiada y analizada mediante diferentes alternativas de solución

debidamente justificada, como un estudio especial la cual debe ser realizado por el Ingeniero Proyectista.

Tabla 3. EE de 8.2t en el carril de diseño mayor a 30'000,000 EE

Tipos de tráfico pesado expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado en EE
T_{P15}	> 30'000,000 EE

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013)

Dónde: T_{PX}; T= EE en el carril de diseño para tráfico pesado
 P = Pavimentada,
 X = número de rango (15)

- 2) Evaluación de la subrasante como soporte del pavimento, en esta sección el manual de pavimentos del MTC define seis (06) categorías de subrasante, considerando el valor de la capacidad de soporte del material expresado en CBR.

Tabla 4. Categorías de subrasante

Categorías de subrasante	CBR
S ₀ :Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ :Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ :Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ :Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ :Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ :Subrasante Extraordinaria	CBR ≥ 30%

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC, Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2013)

En la evaluación de la subrasante se considera como materiales aptos para la subrasante aquellos materiales que tienen un CBR igual o mayor

de 6%, cuando el CBR es menor de 6% se considera subrasante pobre o inadecuada, en ese caso plantea soluciones a base de estabilizaciones que pueden ser mecánica, química, geosintéticos u otros productos debidamente validados por el MTC.

Teniendo presente los dos parámetros de diseño la carga por tránsito y la capacidad de soporte de la subrasante CBR, el método define mediante correlaciones el módulo resiliente.

Por otro lado la guía o manual del MTC presenta una metodología para definir las secciones del pavimento en un catálogo de secciones de la Guía de diseño AASHTO 1993, aplicando el análisis del comportamiento del pavimento para periodos de 20 años en el diseño de la estructura del pavimento.

2.2.8 Método Guía AASHTO 93 de diseño.

La guía (AASHTO, 1993) de diseño para el cálculo de espesores, tiene un procedimiento que se basa en la performance del pavimento, las cargas del tráfico y resistencia de soporte de la subrasante, la solución empírica-mecanística del método incluye una ecuación de cálculo AASHTO-93.

La guía AASHTO-93 determina el Numero Estructural requerido conocido como SN, con dicho valor se determinan y evalúan las capas de los espesores de la estructura del pavimento, cuya estructura estará sujeta a cargas de tráfico y descansará sobre la subrasante en la etapa de funcionamiento garantizando la serviciabilidad del diseño establecido en el proyecto.

1) Periodo de Diseño

Según la carga de tráfico AASHTO-93 plantea un periodo de diseño de 10 años para vías de bajo volumen de tránsito y en dos etapas de 10 y 20 años para otros caminos. El periodo de diseño puede ser ajustado por el Ingeniero proyectista según las especificaciones del proyecto y de lo requerido por la Entidad.

2) Variables

La relación matemática para determinar la estructura del pavimento flexible tiene la siguiente ecuación:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Donde:

- W_{18} : Nro. de repeticiones ejes equivalentes de 8.2 ten el período de diseño.
- Z_R : es la desviación de la curva de distribución normal, en función de la confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño.
- S_o : es la desviación estándar del sistema, que representan las posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) así como del comportamiento del camino en el periodo de vida del pavimento.
- ΔPSI : viene a ser la pérdida de Serviciabilidad o Condición de Servicio, representa la diferencia entre el nivel inicial del pavimento (calidad de acabado) al concluirse su construcción (Serviciabilidad inicial (p_o)) y su serviciabilidad final (Servicapacidad Final (p_t)).
- M_R : Módulo resiliente de la subrasante y de las capas de bases y sub bases granulares obtenido a través de ecuaciones de correlación con la capacidad portante (CBR) de los materiales (suelos y granulares)
- SN : representa el Número estructural, es la capacidad que tiene la estructura para soportar las cargas del tráfico, se representa mediante la fórmula siguiente:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Donde:

- a_1, a_2, a_3 : representan los coeficientes de la capa de la carpeta asfáltica, base y sub base respectivamente.
- D_1, D_2, D_3 : representan los espesores de la capa de la carpeta asfáltica, de la base y sub base.
- m_2, m_3 : representa los coeficientes de drenaje de las capas base y sub base.

2.2.8.1 Parámetros de diseño

a) Tránsito (W_{18})

Es el número total de ejes equivalentes de 18000 lb o 8.2 ton para un período de diseño. Para el cálculo del tránsito, el método AASHTO utiliza las siguientes ecuaciones y tablas.

$$W_{18} = D_D * D_L * ESAL_i$$

$$ESAL_i = TPDA * \text{Factor de crecimiento} * FEC * 365$$

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{[(1 + r)^n - 1]}{r}; r = \frac{\text{tasa}}{100}$$

Donde:

TPDA: Tránsito promedio diario anual

D_D : Factor de distribución direccional; se recomienda 0,5 (50%)

D_L : Factor de distribución por carril

$ESAL_i$: Número de ejes equivalentes de 8.2 ton en el período de diseño

FEC: Factores de equivalencia de carga

r: Tasa de crecimiento anual (%)

n: Período de diseño (años)

Tabla 5. Factor de distribución por carril (D_L)

Nº de carriles en cada sentido	Porcentaje de W_{18} en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Fuente: (AASHTO, 1993)

Tabla 6. Período de diseño

Condiciones de la carretera	Período de diseño (años)
Urbana con alto volumen	30-50
Rural con alto volumen	20-50
Pavimentada con bajo volumen	15-25
Revestida con bajo volumen	10-20

Fuente: (AASHTO, 1993)

b) Confiabilidad (R)

Este parámetro está dado en porcentaje y determina el nivel de seguridad o probabilidad del pavimento diseñado para que un tipo de carretera funcione bien. Consiste en determinar la desviación normal estándar (Z_R) para un nivel de confiabilidad (R), utilizando las tablas a continuación:

Tabla 7. Niveles de confiabilidad (R)

Clasificación	Nivel de confiabilidad recomendado (%)	
	Urbana	Rural
Interestatal y otras autopistas	85-99,9	80-99,9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras de tránsito	80-95	75-95
Carreteras locales	50-80	50-80

Fuente: (AASHTO, 1993)

Tabla 8. Valores de desviación normal estándar (Z_R)

Confiabilidad (R%)	Desviación normal Estándar, Z_R	Confiabilidad (R%)	Desviación normal Estándar, Z_R
50	-0,000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

Fuente: (AASHTO, 1993)

c) Desviación estándar general (S_o)

Valor representativo de las condiciones locales particulares, que considera posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito. El valor recomendado por la AASHTO para pavimentos flexibles es 0,45.

El rango de S_o es: 0,40 – 0,50

d) Módulo resiliente del suelo de fundación (M_R)

Es la base para la caracterización de los materiales del suelo de fundación. La guía establece un método para determinar el módulo resiliente efectivo del suelo de fundación, en función de las variaciones climáticas estacionales. Sin embargo, ante la ausencia de este equipo y el tiempo para la ejecución de este ensayo, la guía ASSHTO 1993 recomienda ecuaciones de correlación entre los valores CBR y M_R para obtener el valor requerido en el diseño de pavimentos flexibles.

Para suelos finos:

$$M_R(\text{psi}) = 1500 \times \text{CBR}; \text{aceptable con valores de CBR} \leq 10\%$$

Para suelos granulares:

$$M_R(\text{psi}) = 4326 \times \ln \text{CBR} + 241$$

e) Índice de serviciabilidad (PSI)

El método de diseño usa dos índices de durabilidad: el índice de durabilidad inicial (p_i), determinado después de construir el pavimento, y el índice de durabilidad terminal (p_t), valor mínimo aceptable antes de que sea necesario el mantenimiento.

$$\Delta PSI = p_i - p_t$$

Donde:

ΔPSI : Pérdida del índice de durabilidad

p_i : 4,2 en pavimentos flexibles. Sin embargo, la AASHTO recomienda que cada agencia determine valores más seguros basados en sus propias condiciones

p_t : 2,5 o 3,0 en carreteras principales y 2,0 para carreteras secundarias. Para casos en condiciones económicas restringidas se puede tomar el valor 1,5

2.2.8.2 Cálculo de los espesores de capa

Para calcular los espesores de las capas, se utiliza la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Se pueden obtener varios valores de D_1, D_2, D_3 con los que satisfaga el valor SN. Sin embargo, la AASHTO recomienda espesores mínimos para la carpeta asfáltica y base de agregado.

Tabla 9. Espesores mínimos AASHTO 1993 (pulg)

Tránsito, ESAL	Carpeta asfáltica	Base de agregado
Menor que 50 000	1,0 (o tratamiento superficial)	4
50 001 – 150 000	2,0	4
150 001 – 500 000	2,5	4
500 001 – 2 000 000	3,0	6
2 000 001 – 7 000 000	3,5	6
Mayor que 7 000 000	4,0	6

Fuente: (AASHTO, 1993)

Según el “Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito” (MTC, 2008), los espesores mínimos según el tipo de superficie de rodadura será de acuerdo al Cuadro 10, en cambio para las capas de base granular y sub-base granular, el espesor mínimo de cada capa será de 15 cm. En tramos con Tratamiento Superficial Bicapa (TSB), que tengan tramos con pendientes por encima del 7% o tengan trazos muy sinuosos se recomienda colocar carpeta asfáltica en frío a base de emulsiones con un espesor mínimo de tres centímetros u otra solución adecuada, en reemplazo del TSB.

Tabla 10. Espesores mínimos MTC 2008

Número de repeticiones de EE de 8.2t	Superficie de rodadura deseable
50,000 < Rep. EE ≤ 150,000	Tratamiento Superficial Bicapa (TSB)
150,000 < Rep. EE ≤ 300,000	Carpeta Asfáltica en frío, con asfalto emulsionado. Espesor min. 5cm (o 2 capas de 2.5cm)
300,000 < Rep. EE ≤ 600,000	Carpeta asfáltica en caliente Espesor min. 6 cm.
600,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000	Carpeta asfáltica en caliente Espesor min. 7.5 cm.

Fuente: (AASHTO, 1993)

a) Coeficientes de capa (a_i)

Representan la capacidad estructural del material. Se usan para convertir el espesor real de la capa en un SN equivalente. El método ha desarrollado gráficas para correlacionar los coeficientes de capa con diversas propiedades técnicas de suelos. Los gráficos de correlación para estimar los coeficientes de la carpeta asfáltica (a_1), capa base granular (a_2) y capa sub-base granular (a_3) se presentan a continuación:

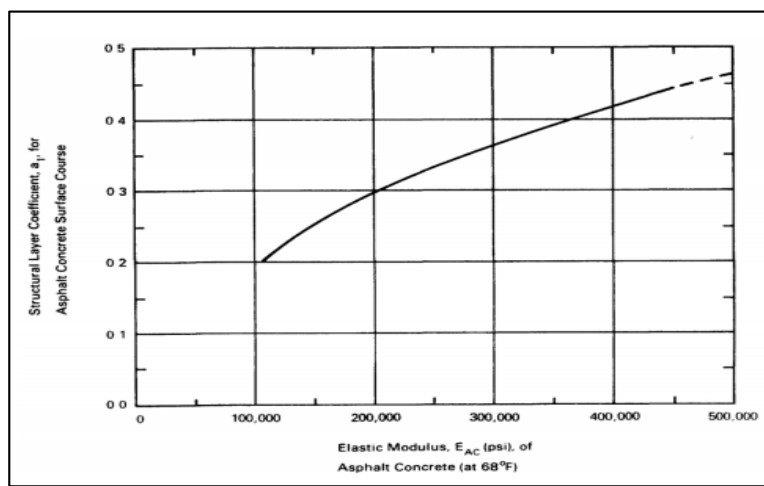


Figura 8. Coeficiente estructural a_i de la carpeta asfáltica, Fuente: (AASHTO, 1993)

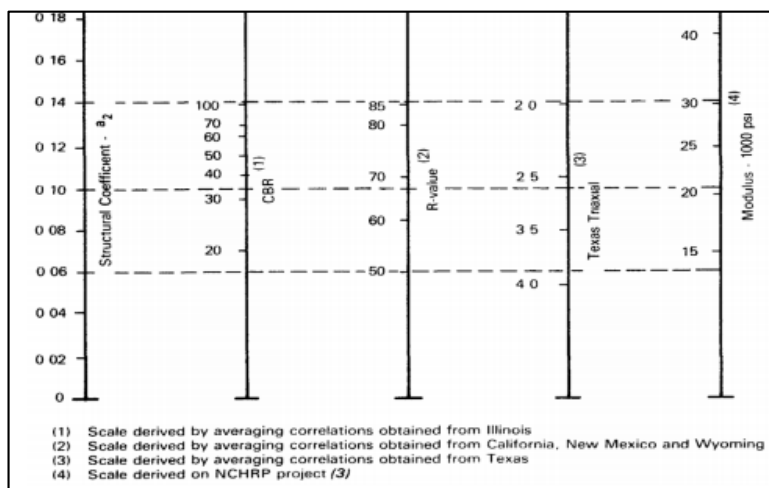


Figura 9. Coeficiente estructural a_2 de la capa base granular Fuente: (AASHTO, 1993)

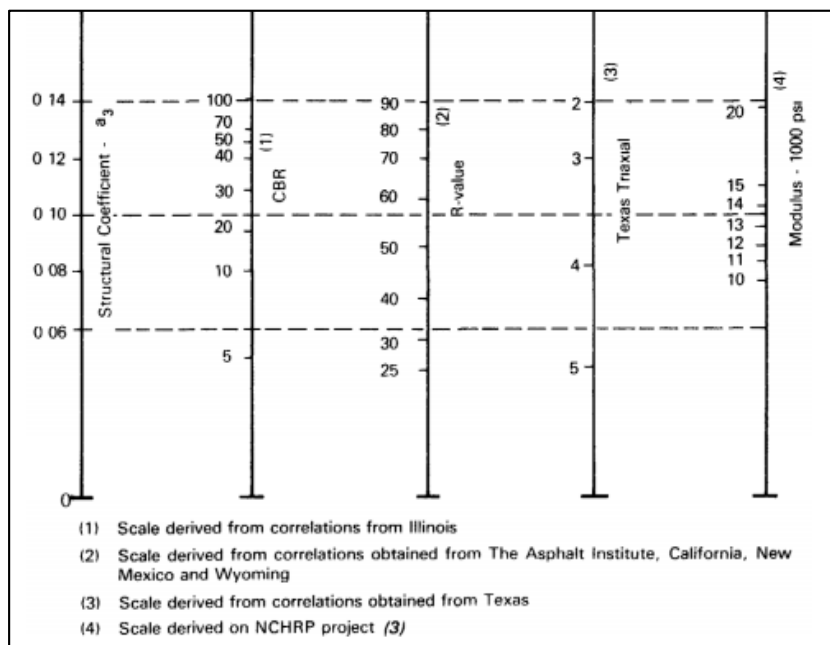


Figura 10. coeficiente estructural a_3 de la capa sub-base granular

Fuente: (AASHTO, 1993)

Debido a las distintas condiciones de ambiente, tránsito y construcción, cada autoridad de diseño debe establecer coeficientes de capa, adecuados a las condiciones que existan en su medio ambiente.

b) Coeficientes de drenaje (m_i)

El efecto del drenaje se toma en cuenta sobre el funcionamiento de los pavimentos flexibles, respecto al efecto que tiene el agua sobre la resistencia del material de base y la sub-base. Los coeficientes se basan tanto en el porcentaje de tiempo durante el cual la estructura del pavimento esté casi saturada, como en la calidad del drenaje, que a su vez depende del tiempo que tarda en drenarse la capa de base hasta el 50% de la saturación.

Tabla 11. Coeficiente de drenajes recomendados

% de tiempo anual en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación				
Calidad de drenaje	Menos que 1%	1-5%	5-25%	Mayor que 25%
Excelente	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Bueno	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Regular	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Pobre	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Muy pobre	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Fuente: (AASHTO, 1993)

c) Análisis por diseño por capas

Tomando en cuenta que una estructura de pavimento flexible es un sistema estratificado, la determinación de los espesores se debe hacer como se indica en la Figura 10. Primero se determina el SN requerido sobre la sub-rasante y después se determinan los SN requeridos sobre las capas de base y sub-base, usando la resistencia (CBR) correspondiente de cada capa. El espesor mínimo admisible de cada capa se puede determinar entonces usando las diferencias de los SN calculados.

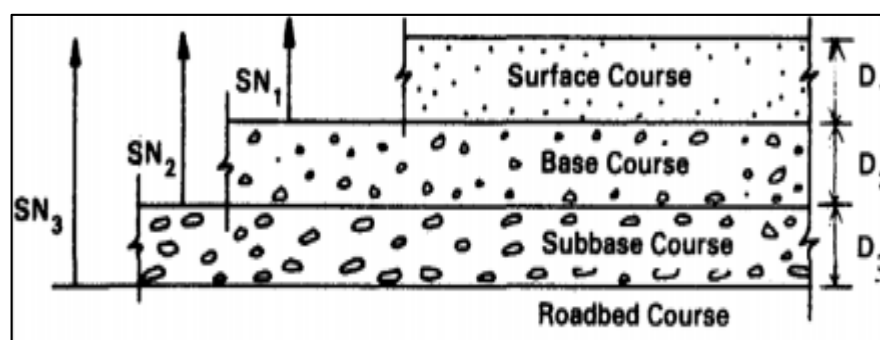


Figura 11. Procedimiento para el análisis de diseño por capas

Fuente: (AASHTO, 1993)

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

Donde:

- a, D, m y SN son los valores mínimos requeridos
- El asterisco que acompaña a D o SN indica el valor realmente usado, el cual debe ser igual o mayor que el valor requerido

2.3 Definición de términos

2.3.1 Módulo resiliente

El Modulo de Resiliencia (MR) es la rigidez que presenta el suelo de la subrasante, la cual se puede obtener mediante una correlacion con el valor del CBR, ecuación planteada por la MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide):

$$Mr \text{ (psi)} = 2555 \times CBR^{0.64}$$

2.3.2 Número estructural

El Número Estructural, que representa la resistencia del espesor total de la estructura del pavimento y depende de las condiciones de coeficientes de capa, espesor de cada capa y del coeficiente de drenaje.

2.3.3 Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

El valor del índice de Serviciabilidad Presente representa el confort o la comodidad de circulación brindada al usuario. Se presenta con una escala de que varía de 0 a 5, donde el valor de 5 representa a un pavimento nuevo con un excelente confort o comodidad teórica (difícil de alcanzar), mientras que el valor de 0 representa la peor condición de comodidad.

2.3.4 Confiabilidad (%R)

La confiabilidad (R) representa la probabilidad de que una determinada estructura se comporte, durante su vida útil según lo previsto. La estructura del pavimento depende de la variabilidad de factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento; además la vida útil puede ser reducida por condiciones como calidad de la construcción, condiciones extremas de climas, mayor presencia de tráfico pesado.

2.3.5 Pavimentos flexibles (pavimentos asfálticos)

Se define a la clasificación de los pavimentos con calzadas asfálticas en sus diferentes formas o modalidades (mezclas asfálticas en caliente, mezclas asfálticas en frío, morteros asfálticos, tratamientos asfálticos, micro pavimento o slurry seal, etc.), construidas por una o varias capas de mezclas asfálticas las cuales pueden estar apoyadas sobre una base granular y una sub base granular.

2.3.6 Carpeta o capa de rodadura

Viene a representar la capa superficial en contacto con el tráfico y tiene función principal dar una superficie segura, cómoda y estable para el flujo vehicular, en muchos casos actúa como una capa impermeable para proteger de la filtración del agua hacia la estructura del pavimento. Puede también estar compuesta por uno o varias capas asfálticas.

2.3.7 Base Granular

Esta es la capa que se encuentra directamente debajo de la capa de Superficial y su función es absorber los esfuerzos de la capa de rodadura y

transmitirlo hacia las capas inferiores de la subbase y a la subrasante. En general, se compone de agregados (ya sea estabilizado o sin estabilizar).

2.3.8 Capa sub-base Granular

Esta capa es la que se encuentra en la parte inferior de la estructura del pavimento, se establece como una capa económica, dado que los contenidos de sus materiales son muy asequibles y económicos. Además, tiene como función de transmitir los esfuerzos de la capa base hacia la subrasante.

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y diseño de la investigación

La investigación es del tipo descriptivo, porque implica observar y describir eventos y situaciones sin influir sobre él de ninguna manera. También se considera descriptiva por que busca identificar los factores que están participando en el comportamiento del producto o proceso, considerando este aspecto se puede asemejar con el nivel descriptivo de la investigación científica. Este tipo de investigación tiene como objetivo explicar, comprender e interpretar de por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se presenta el nivel de servicio del tramo de estudio.

En cuanto al diseño de investigación corresponde a un diseño de campo, donde la investigación determina el proceso de recolección de datos (flujos vehiculares, velocidad media de circulación de vehículos, número de carriles de calzada, paraderos, etc.) que permita evaluar mediante la aplicación de teorías y normas el nivel de servicio del tramo de estudio.

3.2 Población y/o muestra de estudio

3.2.1 Población:

La población del trabajo de investigación es el tipo de suelo geotécnico de las vías del sector siete del distrito Alto de la Alianza. Se refiere a la clasificación de suelos AASHTO, la capacidad de soporte del terreno (CBR), a su plasticidad, entre otras características físico-mecánicas y de las características de resistencia del suelo.

3.2.2 Muestra:

La muestra del trabajo de investigación está referida a ocho calicatas de exploración directa de 1.5 m de profundidad (profundidad definida en la

sección 4.2 del manual de suelos y pavimentos del MTC), en la cual se ha determinado su perfil estratigráfico, los ensayos básicos y especiales:

Ensayos básicos:

- Humedad Natural,
- Densidad in situ,
- Plasticidad
- Granulometría

Ensayos especiales:

- Compactación
- CBR.

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 12. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR
Independiente: Estudio Geotécnico	Características físico mecánicas y Capacidad portante del suelo	Ensayos de campo y laboratorio	-% de CBR
Dependiente: Diseño de pavimentos	Determinación de la estructura del pavimento	Numero estructural	Espesor Cm.

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.4.1 Procedimientos.

- Revisión de la documentación existente ajustándolo a la realidad en la que se va desarrolla la investigación para obtener datos reales y confiables.
- Aplicación de un aforo vehicular para el desarrollo de la investigación.

- Análisis de suelos, de las calicatas realizadas para conocer la capacidad de soporte.

3.4.2 Técnicas de recolección de los datos.

- Formatos de conteo, como instrumento de medición que se ha aplicado en la etapa del aforo vehicular.
- Formatos y plantillas de laboratorio de suelos para obtener el cálculo del CBR.
- Formatos e imágenes del registro del perfil estratigráfico del suelo en la zona de investigación.

3.4.3 Instrumentos para la recolección de los datos.

- Los datos que se requieren para llevar el desarrollo de la investigación, se presentara en base a la toma de muestras del suelo y de los aforos vehiculares.
- Metodología AASHTO 93 para diseño de pavimento flexible.

3.5 Procesamiento y análisis de datos

3.5.1 Trabajos de campo.

3.5.1.1 Ubicación de calicatas

Se realizó la etapa de exploración de suelos a fin de determinar los puntos o zonas en la cual se realizaron las calicatas, para la cantidad de calicatas se tomó como referencia lo indicado en el ítem 4.2 “caracterización de la subrasante” del manual de suelos y pavimentos del MTC, en la cual se indica la cantidad de calicatas por kilómetro en función del tipo de tráfico, en nuestro caso son vías urbanas de bajo volumen de tránsito en la cual se ha considerado cada dos kilómetros una calicata, las calicatas nos han servido para determinar las características físicas y mecánicas del terreno de fundación (sub rasante de vías). Las calicatas se ubicaron en las siguientes zonas:

- C-1 : Asociación Artesanal Taller Vivienda héroes del alto de la alianza

- C-2 : Asociación de criaderos de porcinos virgen de Chapí
- C-3 : Asociación de criadores de porcinos alto california
- C-4 : Asociación Artesanal Taller Vivienda héroes del alto de la alianza
- C-5 : Asociación de criadores de animales menores alto Tacna
- C-6 : Asociación de criaderos de porcinos virgen de Chapí
- C-7 : Asociación de Granja de animales las Pascuas
- C-8 : Asociación de Granjas nueva Tarata

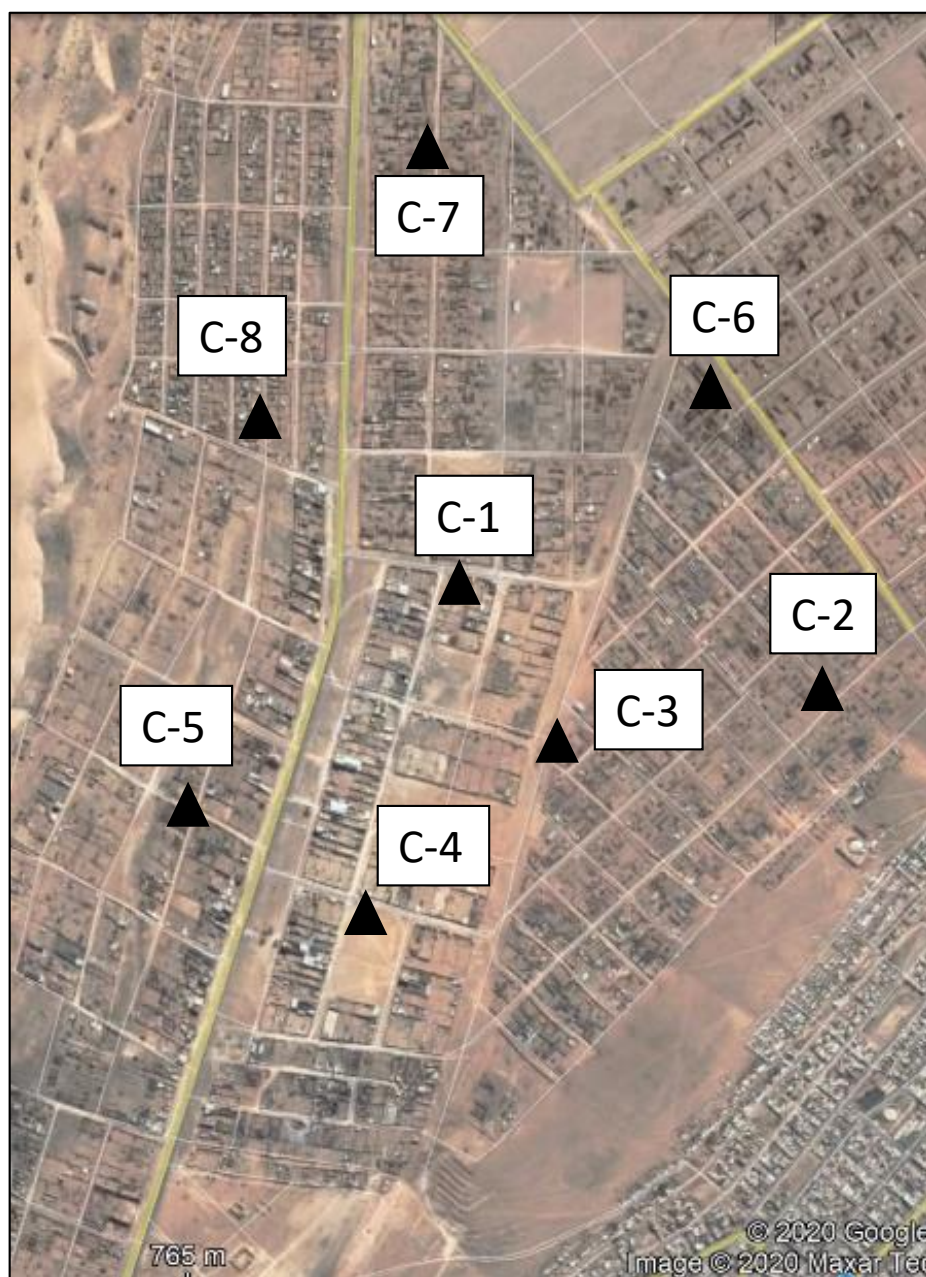


Figura 12. Ubicación de Calicatas

Fuente Elaboración Propia

3.5.1.2 Exploración de Calicatas

Se ha realizado la excavación de calicatas de en las zonas determinadas, el método utilizado fue de exploración directa (abierta), la profundidad de la calicata fue de 1.5m del nivel de la rasante de vía existente. Se indica que la topografía es ligeramente plana con una pendiente suave en promedio del 2%. se muestran imágenes de calicatas realizadas en la zona de estudio.



Figura 13. Excavación de calicata C-2, y toma de muestra en la sub rasante.

Fuente Elaboración Propia



Figura 14. Excavación de calicata C-3, y toma de muestra de la sub rasante.

Fuente Elaboración Propia.



Figura 15. Excavación de calicata C-4, y toma de muestra en la sub rasante.
Fuente Elaboración Propia

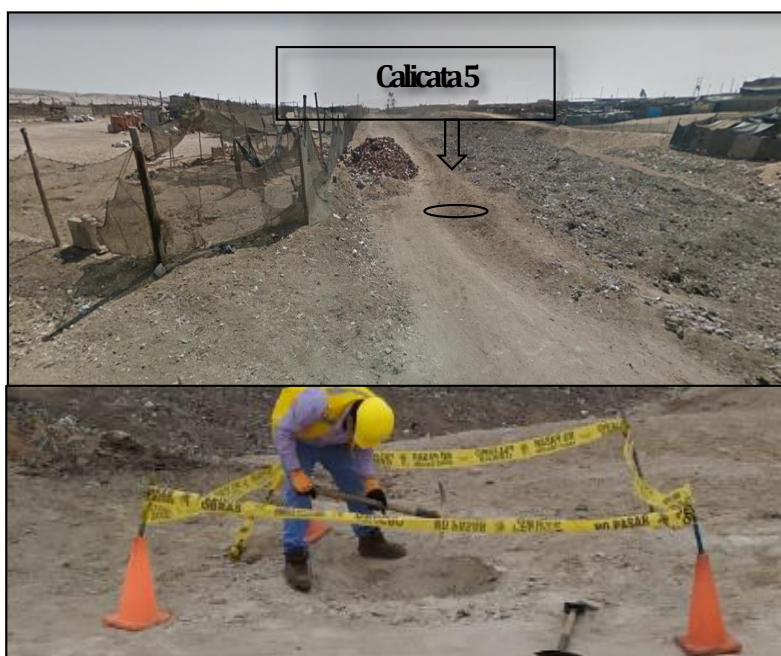


Figura 16. Excavación de calicata C-5, y toma de muestra en la sub rasante.
Fuente Elaboración Propia



Figura 17. Excavación de calicata C-7, y toma de muestra en la sub rasante.
Fuente Elaboración Propia



Figura 18. Excavación de calicata C-8, y toma de muestra en la sub rasante.
Fuente Elaboración Propia

3.5.2 Ensayos de laboratorio

Los materiales muestreados han servido para realizar los ensayos según las Normas Standard de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y MTC. Los ensayos de Laboratorio fueron ensayos básicos y ensayos especiales o de resistencia.

A Ensayos estándar

- ✓ Análisis Granulométrico ASTM D 422
- ✓ Clasificación de Suelos ASTM D 2487
- ✓ Ensayos de Límites de Consistencia Norma ASTM D 4318
- ✓ Ensayo de Humedad Natural Norma ASTM C-70

B Ensayos especiales

- ✓ Ensayo de Proctor Modificado Norma ASTM D 1575
- ✓ Ensayo de C.B.R. Norma ASTM D 1883

Con los ensayos indicados se permitió conocer las propiedades físicas mecánicas del suelo de sub rasante del suelo de estudio.



Figura 19. Ensayo de Humedad Natural.

Fuente Elaboración Propia



Figura 20. Ensayo de Granulometría
Fuente Elaboración Propia



Figura 21. Figura x. ensayo de plasticidad (Limite Liquido)
Fuente Elaboración Propia



Figura 22. Ensayo de Compactación
Fuente Elaboración Propia



Figura 23. Ensayo de CBR.
Fuente Elaboración Propia

3.5.3 Aforos de Vehículos

Dentro de los procedimientos y análisis de datos para los aforos vehiculares se ha tenido presente lo siguiente:

Investigación documental: esta técnica se realizó consultando textos (libros, tesis y fuentes electrónicas) relacionados con el tema de investigación, considerando los más importantes y relevantes, para ser tomados en cuenta y que se ha considerado como parte de la bibliografía que fundamenta la presente investigación.

Aforos vehiculares: se ha realizó el aforo en varios puntos del área de investigación. Sin embargo por las condiciones actuales del flujo se ha considerado la estación de mayor flujo que representa a una vía de ingreso principal hacia las diferentes asociaciones, esta estación está ubicada entre la Asociación Artesanal Taller Vivienda héroes del alto de la alianza y la Asociación criadero de animales menores Las Vegas, llamado en el plano catastral como Calle 01, considerando un conteo durante una semana para determinar el Índice Medio Diario de tránsito más crítico en la zona de investigación.



Figura 24. Zona de Aforo Vehicular

Fuente Elaboración Propia

CAPÍTULO IV:

4 RESULTADOS

4.1 Estudios de Geotecnia

4.1.1 Características de la su rasante

El área de estudio presenta una clasificación de suelos de arena limosa, conformada por suelos de origen deluvial, estos materiales se establecen por la erosión de suelos, gravedad y viento. Los materiales están conformados por capas de material fino con arenas limosas con inclusiones de fragmentos pequeños a medianos de ignimbritas de la Formación Huaylillas, que se observan en su superficie y cubren las laderas y lomas de los cerros de la zona de estudio. La mayor extensión de este tipo de suelos se ubica en las laderas y lomas del Cerro Intiorko que abarca los Distritos del Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. Además estos suelos tienen tonalidades rosadas y marrón claras en su material con cierto contenido de sales y sulfatos.

Según (INDECI, 2004) el proyecto de mapa de peligros de la ciudad de Tacna. indica que los suelos de la zona en estudio presentan una mínima cantidad de sulfatos y sales totales disueltas, material característico de los suelos del Cono Norte de la ciudad de Tacna, estas sales no afectaran a la estructura del pavimento dado que tendrá capas de subrasante mejorada, así mismo el mapa de peligros de Tacna indica que los suelos están compuestas por arenas limosas SM que presentan valores máximos de 0.2304 % de sales solubles y 681 % en peso de sulfatos y valores mínimos de 0.230 % de sales solubles y 0.0540 % en peso de sulfatos, la acción de las sales estará protegida por el diseño de la estructura del pavimento así como de las diferentes capas de la misma.

Algunas calicatas no alcanzan la profundidad mínima de 1.5m dado que presenta el conglomerado rocoso especialmente entre las calicatas 1, 3 y 4, los perfiles estratigraficos de las calicatas se muestran en las siguientes figuras:

Perfil Calicata 01

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
TESIS		:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"				
UBICACIÓN		: CALICATA 01				
ALUMNOS		: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA				
FECHA		: Nov. 2019				
CALICATA Nº 01						
PERFORACION A CIELO ABIERTO	MUESTRA	CLASIFICACION		SIMBOLOGIA	CLASIFICACION	
		AASHTO	SUCS			
0,0 cm						
10 cm						
20 cm						
30 cm						
40 cm	M-01	Arenas Limosas sueltas No Plastica y en estado seco			A-1-b(0)	SM
50 cm						
60 cm						
70 cm						
80 cm						
90 cm						
100 cm						
110 cm		MATERIAL CONSOLIDADA CON SALES. ALTAMENTE DENSO.				
120 cm						
130 cm						
140 cm						
150 cm						

Figura 25. Perfil estratigráfico calicata 01

Fuente Elaboración Propia

Perfil Calicata 02

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"						
UBICACIÓN : CALICATA 02						
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA						
FECHA : Nov. 2019						
CALICATA Nº 02						
PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION			SIMBOLOGIA	CLASIFICACION	
	MUESTRA				AASHTO	SUCS
0,0 cm						
10 cm			MATERIAL SUPERFICIAL ARENAS LIMOSAS COLOR MARRON.			SM
20 cm						
30 cm						
40 cm						
50 cm						
60 cm						
70 cm						
80 cm	M-01		Arenas Limosas sueltas No Plastica y en estado seco		A-1-b(0)	SM
90 cm						
100 cm						
110 cm						
120 cm						
130 cm						
140 cm						
150 cm						

Figura 26. Perfil estratigráfico calicata 02

Fuente Elaboración Propia

Perfil Calicata 03

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
TESIS		:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"				
UBICACIÓN		: CALICATA 03				
ALUMNOS		: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA				
FECHA		: Nov. 2019				
CALICATA N° 03						
PERFORACION A CIELO ABIERTO	MUESTRA	CLASIFICACION		SIMBOLOGIA	CLASIFICACION	
		AASHTO	SUCS			
0,0 cm						
10 cm						
20 cm						
30 cm						
40 cm	M-01	Arenas Limosas sueltas No Plastica y en estado seco			A-1-b(0)	SM
50 cm						
60 cm						
70 cm						
80 cm						
90 cm						
100 cm						
110 cm		MATERIAL COLOR MARFIL ALTAMENTE DENSO.				
120 cm						
130 cm						
140 cm						
150 cm						

Figura 27. Perfil estratigráfico calicata 03

Fuente Elaboración Propia

Perfil Calicata 04

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"						
UBICACIÓN : CALICATA 04						
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA						
FECHA : Nov. 2019						
CALICATA Nº 04						
PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION			SIMBOLOGIA	CLASIFICACION	
	MUESTRA				AASHTO	SUCS
0,0 cm						
10 cm						
20 cm						
30 cm						
40 cm	M-01	Arenas Limosas sueltas No Plastica y en estado seco			A-1-b(0)	SM
50 cm						
60 cm						
70 cm						
80 cm						
90 cm						
100 cm						
110 cm		MATERIAL CON CONTENIDO DE SALES. ALTAMENTE DENSO.				
120 cm						
130 cm						
140 cm						
150 cm						

Figura 28. Perfil estratigráfico calicata 04

Fuente Elaboración Propia

Perfil Calicata 05

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
TESIS		:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"				
UBICACIÓN		: CALICATA 05				
ALUMNOS		: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA				
FECHA		: Nov. 2019				
CALICATA Nº 05						
PERFORACION A CIELO ABIERTO	MUESTRA	CLASIFICACION		SIMBOLOGIA	CLASIFICACION	
		AASHTO	SUCS			
0,0 cm						
10 cm		MATERIAL SUPERFICIAL ARENAS LIMOSAS			SM	
20 cm						
30 cm						
40 cm						
50 cm						
60 cm						
70 cm						
80 cm	M-01	Arenas Limosas sueltas No Plastica y en estado seco	A-1-b(0)		SM	
90 cm						
100 cm						
110 cm						
120 cm						
130 cm						
140 cm						
150 cm						

Figura 29. Perfil estratigráfico calicata 05

Fuente Elaboración Propia

Perfil Calicata 06

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
TESIS		:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"				
UBICACIÓN		: CALICATA 06				
ALUMNOS		: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA				
FECHA		: Nov. 2019				
CALICATA Nº 06						
PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION		SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		
	MUESTRA			AASHTO	SUCS	
0,0 cm						
10 cm						
20 cm						
30 cm						
40 cm	M-01	Arenas Limosas sueltas No Plastica y en estado seco		A-1-b(0)	SM	
50 cm						
60 cm						
70 cm						
80 cm						
90 cm						
100 cm						
110 cm						
120 cm						
130 cm						
140 cm		MATERIAL CONSOLIDADA COLOR MARFIL CON SALES. ALTAMENTE DENSO.				
150 cm						

Figura 30. Perfil estratigráfico calicata 06

Fuente Elaboración Propia

Perfil Calicata 07

PERFIL ESTRATIGRAFICO						
TESIS		:" ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"				
UBICACIÓN		: CALICATA 07				
ALUMNOS		: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA				
FECHA		: Nov. 2019				
CALICATA Nº 07						
PERFORACION A CIELO ABIERTO	MUESTRA	CLASIFICACION		SIMBOLOGIA	CLASIFICACION	
		AASHTO	SUCS			
0,0 cm						
10 cm		ARENAS LIMOSAS COLOR MARRON.				SM
20 cm						
30 cm						
40 cm						
50 cm						
60 cm						
70 cm						
80 cm	M-01	Arenas Limosas sueltas No Plastica y en estado seco			A-1-b(0)	SM
90 cm						
100 cm						
110 cm						
120 cm						
130 cm						
140 cm		MATERIAL CONSOLIDADA COLOR MARFIL CON ALTO CONTENIDO DE SALES. ALTAMENTE DENSO.				
150 cm						

Figura 31. Perfil estratigráfico calicata 07

Fuente Elaboración Propia

Perfil Calicata 08

PERFIL ESTRATIGRAFICO							
TESIS		:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"					
UBICACIÓN		: CALICATA 08					
ALUMNOS		: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA					
FECHA		: Nov. 2019					
CALICATA N° 08							
PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION			SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		
	MUESTRA				AASHTO	SUCS	
PROFUNDIDAD	0,0 cm						
	10 cm		ARENAS LIMOSAS COLOR MARRON.			SM	
	20 cm						
	30 cm						
	40 cm						
	50 cm						
	60 cm						
	70 cm						
	80 cm	M-01	Arenas Limosas sueltas No Plastica y en estado seco			A-1-b(0)	SM
	90 cm						
	100 cm						
	110 cm						
	120 cm						
	130 cm						
	140 cm						
150 cm							

Figura 32. Perfil estratigráfico calicata 08

Fuente Elaboración Propia

4.1.2 Resultados de Laboratorio

Los principales resultados obtenidos a los ensayos básicos realizados de las muestras de la sub rasante se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 13. Resumen de Ensayos básicos

Calicata	Ubicación	Clasificación		Prof. (m)	Plasticidad			Granulometría	
		SUCS	AASHTO		LL	LP	IP	Pas#4	Pas#200
	Asociación Artesanal								
C-1	Taller Vivienda héroes del alto de la alianza	SM	A-2-4 (0)	1.10	16.9	NP	NP	94.67	19.71
	Asociación de criaderos								
C-2	de porcinos virgen de Chapí	SM	A-2-4 (0)	1.50	17.0	NP	NP	89.16	19.13
	Asociación de criaderos								
C-3	de porcinos alto california	SM	A-2-4 (0)	0.90	NP	NP	NP	95.35	18.28
	Asociación Artesanal								
C-4	Taller Vivienda héroes del alto de la alianza	SM	A-2-4 (0)	0.80	NP	NP	NP	90.83	18.85
	Asociación de criaderos								
C-5	de animales menores alto Tacna	SM	A-2-4 (0)	1.50	18.3	NP	NP	97.23	17.28
	Asociación de criaderos								
C-6	de porcinos virgen de Chapí	SM	A-2-4 (0)	1.50	NP	NP	NP	93.80	15.55
	Asociación de Granja de animales las Pascuas								
C-7		SM	A-2-4 (0)	1.40	16.5	NP	NP	93.37	17.65
	Asociación de Granjas nueva Tarata								
C.8		SM	A-2-4 (0)	1.50	NP	NP	NP	98.33	18.2

Fuente: Elaboración propia

Con relación a la clasificación de suelos tiene una predominancia de arena limosa SM, con relación a la clasificación AASHTO esta tiene una predominancia con la clasificación A-2-4 (0), que representa una subrasante de regular a buena calidad, con un índice de grupo de cero (0), su plasticidad es NO plástica, algunas muestras presentan limite liquido mientras que todas las muestra no tienen limite plástico, la granulometría presenta una gradación arenosa limosa cuya coloración es de rosado a marrón, siendo su porcentaje pasante en la malla Nro 200 de 15 a 20%.

Los principales resultados obtenidos a los ensayos especiales realizados a los materiales de la sub rasante se presentan en la siguiente tabla

Tabla 14. Resumen de Ensayos especiales

Cali cata	Ubicación	Proctor		CBR al 0.1"		
		Humedad optima (%)	Densidad Máxima (gr/cm ³)	% Exp	CBR al 95%	CBR al 100%
	Asociación Artesanal Taller					
C-1	Vivienda héroes del alto de la alianza	12.2	1.554	0 %	8.0	13.0
C-2	Asociación de criaderos de porcinos virgen de Chapí	12.0	1.591	0 %	9.0	14.0
C-3	Asociación de criadores de porcinos alto california	11.8	1.513	0 %	8.0	13.0
	Asociación Artesanal Taller					
C-4	Vivienda héroes del alto de la alianza	12.5	1.561	0 %	9.0	14.0
C-5	Asociación de criadores de animales menores alto Tacna	11.6	1.628	0 %	9.0	12.0
C-6	Asociación de criaderos de porcinos virgen de Chapí	14.0	1.641	0 %	10.0	14.0
C-7	Asociación de Granja de animales las Pascuas	11.0	1.605	0 %	10.0	13.0
C.8	Asociación de Granjas nueva Tarata	10.6	1.512	0 %	11.0	15.0

Fuente: Elaboración propia

Con relación a los resultados se tiene que la densidad máxima seca de los suelos es de baja densidad, así como el valor del CBR tiene una baja capacidad portante de regular a malo, los valores han sido determinados para 0.1" y para 0.2" al 95% de la Máxima densidad seca.

Dada la importancia de los resultados de ensayos de laboratorio se muestran los ensayos de granulometría (ensayo básico) y el ensayo de CBR (ensayo especial). Los demás ensayos desarrollados se encuentran adjuntados en anexos.

Ensayos de laboratorio:

Ensayo de Granulometría Calicata 01

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							NORMA ASTM D422			
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS										
TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"										
UBICACIÓN : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.										
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI										
BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA										
MUESTRA : CALICATA 01										
FECHA : Nov. 2019										
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
							MUESTRA			
3"	76.200						Límites de Consistencia :			
2 1/2"	63.500						LL = 16,9			
2"	50.600						LP = N.P			
1 1/2"	38.100						IP = N.P			
1"	25.400									
3/4"	19.050									
1/2"	12.700									
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		D60	0.40	CU	10.5
1/4"	6.350						D30	0.11	CC	0.8
No4	4.760	25.80	5.33	5.33	94.67		D10	0.04		
No8	2.380						% PAS. MALLA 4 74.96			
No10	2.000	33.20	6.85	12.18	87.82		% PAS MALLA 200 19.71			
No16	1.190						Clasificación S.U.C.S.			
No20	0.840	56.50	11.66	23.84	76.16		SM			
No30	0.590	35.60	7.35	31.19	68.81		Clasificación AASHTO			
No40	0.420	36.20	7.47	38.66	61.34		A-2-4 (0)			
No 50	0.300	31.50	6.50	45.16	54.84		Peso de la Muestra:			
No60	0.250						484.50 gr.			
No80							OBSERVACIONES:			
No100	0.149	71.60	14.78	59.94	40.06		La muestra consiste de			
No200	0.074	98.60	20.35	80.29	19.71		Arenas limosas con finos no			
		95.50	19.71	100.00	0.00		plásticos.			
BASE										
TOTAL		484.50	100.00							
% PERDIDA										

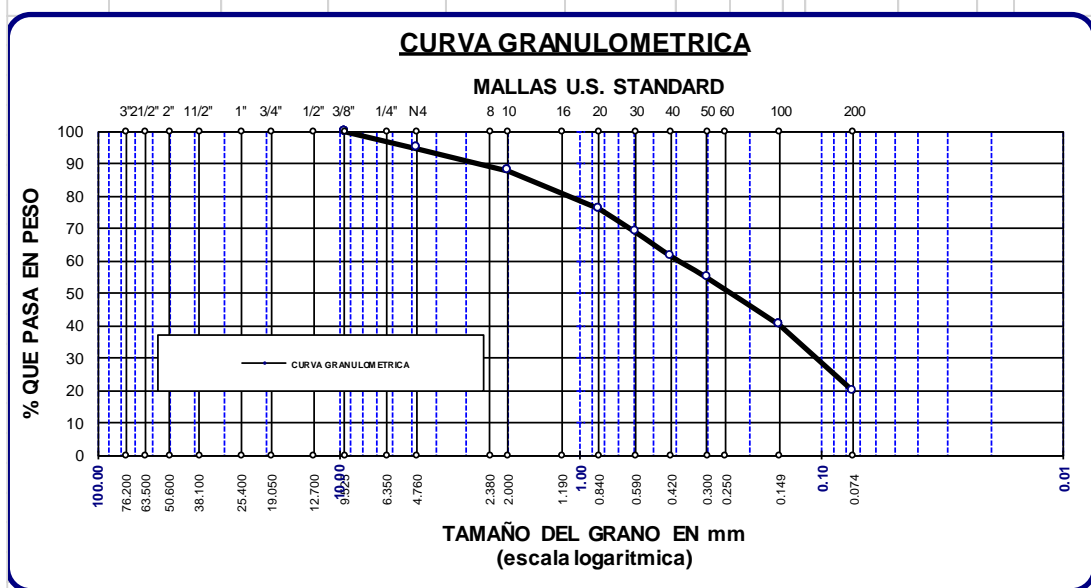


Figura 33. Granulometría calicata 01

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de Granulometría Calicata 02

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
NORMA ASTM D422							MUESTRA 02	
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"								
UBICACIÓN : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.								
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI								
BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA								
MUESTRA : CALICATA 02								
FECHA : Nov. 2019								
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.		
3"	76,200							
2 1/2"	63,500							
2"	50,600							
1 1/2"	38,100							
1"	25,400							
3/4"	19,050							
1/2"	12,700							
3/8"	9,525	0,00	0,00	0,00	100,00			
1/4"	6,350							
No4	4,760	55,30	10,84	10,84	89,16			
No8	2,380							
No10	2,000	38,90	7,62	18,46	81,54			
No16	1,190							
No20	0,840	68,90	13,50	31,96	68,04			
No30	0,590	42,80	8,39	40,35	59,65			
No40	0,420	50,30	9,86	50,21	49,79			
No50	0,300	29,40	5,76	55,97	44,03			
No60	0,250							
No80								
No100	0,149	81,50	15,97	71,94	28,06			
No200	0,074	45,60	8,94	80,87	19,13			
BASE		97,60	19,13	100,00	0,00			
TOTAL		510,30	100,00					
% PERDIDA								

Límites de Consistencia :
 LL = 17,0
 LP = N.P
 IP = N.P

D60 0,60 CU 15,5
 D30 0,17 CC 1,2
 D10 0,04

% PAS. MALLA 4 70,04
 % PAS MALLA 200 19,13

Clasificación S.U.C.S.
 SM

Clasificación AASHTO
 A-2-4 (0)

Peso de la Muestra:
 510,30 gr.

OBSERVACIONES:
 La muestra consiste de Arenas limosas con finos no plásticos.

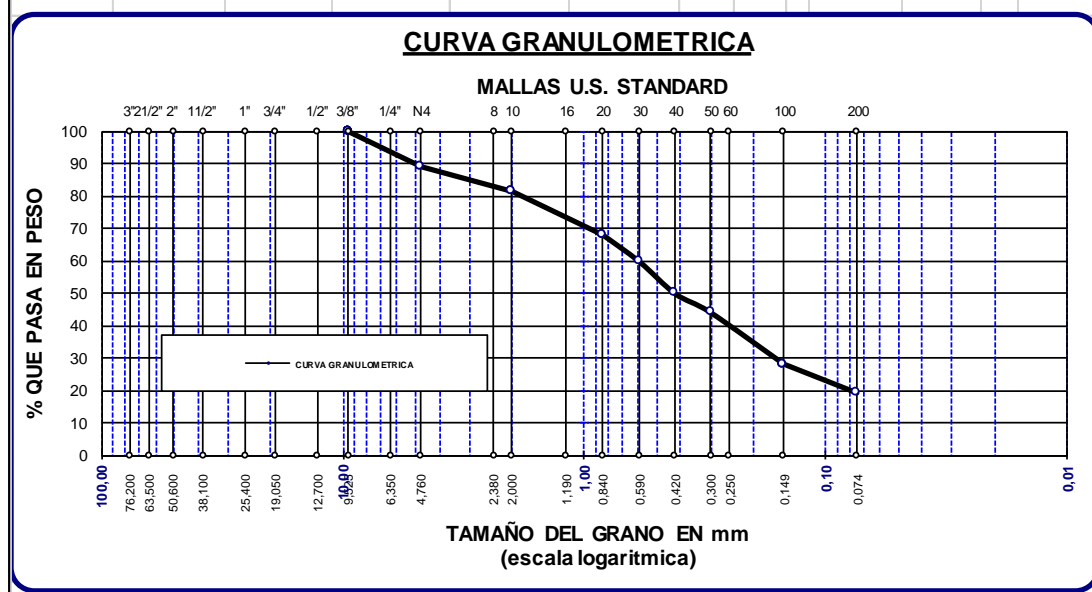


Figura 34. Granulometría calicata 02

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de Granulometría Calicata 03

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
NORMA ASTM D422							MUESTRA			
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"							Límites de Consistencia : LL = N.P. LP = N.P. IP = N.P.			
UBICACIÓN : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.							D60 0.32 CU 7.8			
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI							D30 0.11 CC 1.0			
BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA							D10 0.04			
MUESTRA : CALICATA 03							% PAS. MALLA 4 77.06			
FECHA : Nov.2019							% PAS MALLA 200 18.28			
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	Clasificación S.U.C.S. SM			
3"	76.200						Clasificación AASHTO A-2-4 (0)			
2 1/2"	63.500						Peso de la Muestra: 483.50 gr.			
2"	50.600						OBSERVACIONES: La muestra consiste de Arenas limosas con finos no plásticos.			
1 1/2"	38.100									
1"	25.400									
3/4"	19.050									
1/2"	12.700									
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00					
1/4"	6.350									
No4	4.760	22.50	4.65	4.65	95.35					
No8	2.380									
No10	2.000	35.60	7.36	12.02	87.98					
No16	1.190									
No20	0.840	50.70	10.49	22.50	77.50					
No30	0.590	22.50	4.65	27.16	72.84					
No40	0.420	28.50	5.89	33.05	66.95					
No 50	0.300	38.60	7.98	41.03	58.97					
No60	0.250									
No80										
No100	0.149	91.50	18.92	59.96	40.04					
No200	0.074	105.20	21.76	81.72	18.28					
BASE		88.40	18.28	100.00	0.00					
TOTAL		483.50	100.00							
% PERDIDA										

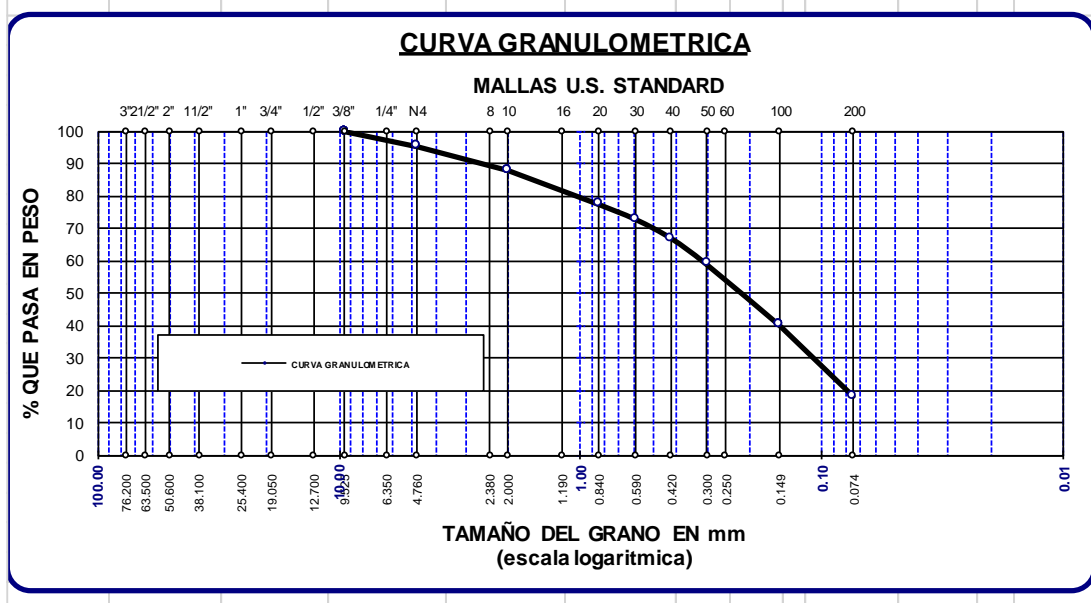


Figura 35. Granulometría calicata 03

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de Granulometría Calicata 04

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							NORMA ASTM D422			
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"										
UBICACIÓN : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.										
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI										
BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA										
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 04										
FECHA : Nov.2019										
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
							MUESTRA			
3"	76.200						Límites de Consistencia :			
2 1/2"	63.500						LL = N.P.			
2"	50.600						LP = N.P			
1 1/2"	38.100						IP = N.P			
1"	25.400									
3/4"	19.050									
1/2"	12.700									
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		D60	0.49	CU	12.5
1/4"	6.350						D30	0.12	CC	0.7
No4	4.760	58.90	9.17	9.17	90.83		D10	0.04		
No8	2.380						% PAS. MALLA 4 71.98			
No10	2.000	76.90	11.97	21.14	78.86		% PAS MALLA 200 18.85			
No16	1.190						Clasificación S.U.C.S.			
No20	0.840	58.90	9.17	30.30	69.70		SM			
No30	0.590	43.60	6.79	37.09	62.91		Clasificación AASHTO			
No40	0.420	31.90	4.96	42.05	57.95		A-2-4 (0)			
No 50	0.300	31.60	4.92	46.97	53.03		Peso de la Muestra:			
No60	0.250						642.50 gr.			
No80							OBSERVACIONES:			
No100	0.149	99.10	15.42	62.40	37.60		La muestra consiste de			
No200	0.074	120.50	18.75	81.15	18.85		Arenas limosas con finos no plásticos.			
BASE		121.10	18.85	100.00	0.00					
TOTAL		642.50	100.00							
% PERDIDA										

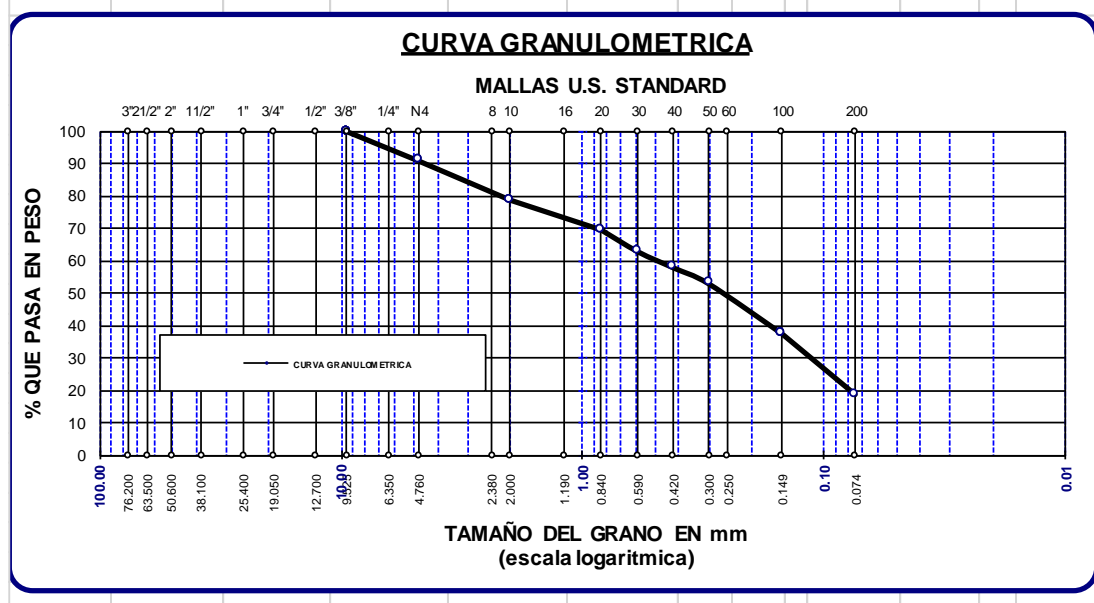


Figura 36. Granulometría calicata 04

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de Granulometría Calicata 05

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							NORMA ASTM D422			
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"										
UBICACIÓN : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.										
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI										
BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA										
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 05										
FECHA : Nov. 2019										
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
							MUESTRA			
3"	76.200						Límites de Consistencia :			
2 1/2"	63.500						LL = 18.3			
2"	50.600						LP = N.P			
1 1/2"	38.100						IP = N.P			
1"	25.400									
3/4"	19.050									
1/2"	12.700									
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		D60	0.36	CU	8.4
1/4"	6.350						D30	0.12	CC	0.9
No4	4.760	14.90	2.77	2.77	97.23		D10	0.04		
No8	2.380						% PAS. MALLA 4 79.95			
No10	2.000	47.80	8.87	11.64	88.36		% PAS MALLA 200 17.28			
No16	1.190						Clasificación S.U.C.S.			
No20	0.840	79.90	14.83	26.47	73.53		SM			
No30	0.590	22.10	4.10	30.57	69.43		Clasificación AASHTO			
No40	0.420	31.10	5.77	36.35	63.65		A-2-4 (0)			
No 50	0.300	38.70	7.18	43.53	56.47		Peso de la Muestra:			
No60	0.250						538.70 gr.			
No80							OBSERVACIONES:			
No100	0.149	99.60	18.49	62.02	37.98		La muestra consiste de			
No200	0.074	111.50	20.70	82.72	17.28		Arenas limosas con finos no plásticos.			
BASE		93.10	17.28	100.00	0.00					
TOTAL		538.70	100.00							
% PERDIDA										

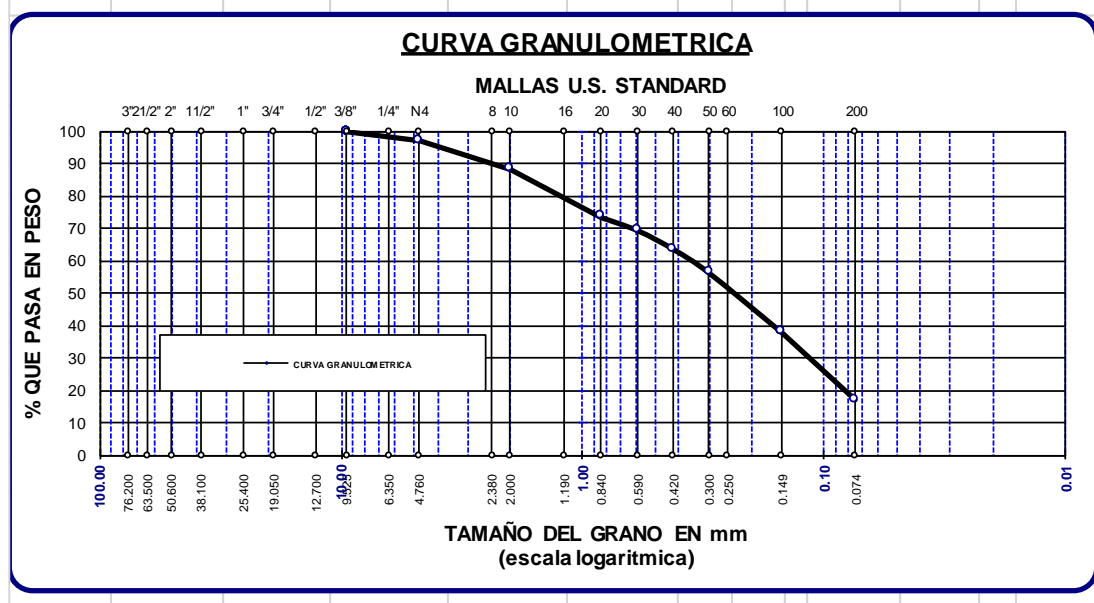


Figura 37. Granulometría calicata 05

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de Granulometría Calicata 06

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
NORMA ASTM D422							
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"							
UBICACIÓN : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.							
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI							
BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA							
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 06							
FECHA : Nov. 2019							
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA MUESTRA
3"	76.200						Límites de Consistencia : LL = N.P LP = N.P IP = N.P D60 0.40 CU 8.3 D30 0.13 CC 0.9 D10 0.05 % PAS. MALLA 4 78.25 % PAS MALLA 200 15.55 Clasificación S.U.C.S. SM Clasificación AASHTO A-2-4 (0) Peso de la Muestra: 510.00 gr. OBSERVACIONES: La muestra consiste de Arenas limosas con finos no plásticos.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350						
No4	4.760	31.60	6.20	6.20	93.80		
No8	2.380						
No10	2.000	47.50	9.31	15.51	84.49		
No16	1.190						
No20	0.840	51.40	10.08	25.59	74.41		
No30	0.590	28.60	5.61	31.20	68.80		
No40	0.420	38.50	7.55	38.75	61.25		
No 50	0.300	31.50	6.18	44.92	55.08		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	97.00	19.02	63.94	36.06		
No200	0.074	104.60	20.51	84.45	15.55		
BASE		79.30	15.55	100.00	0.00		
TOTAL		510.00	100.00				
% PERDIDA							

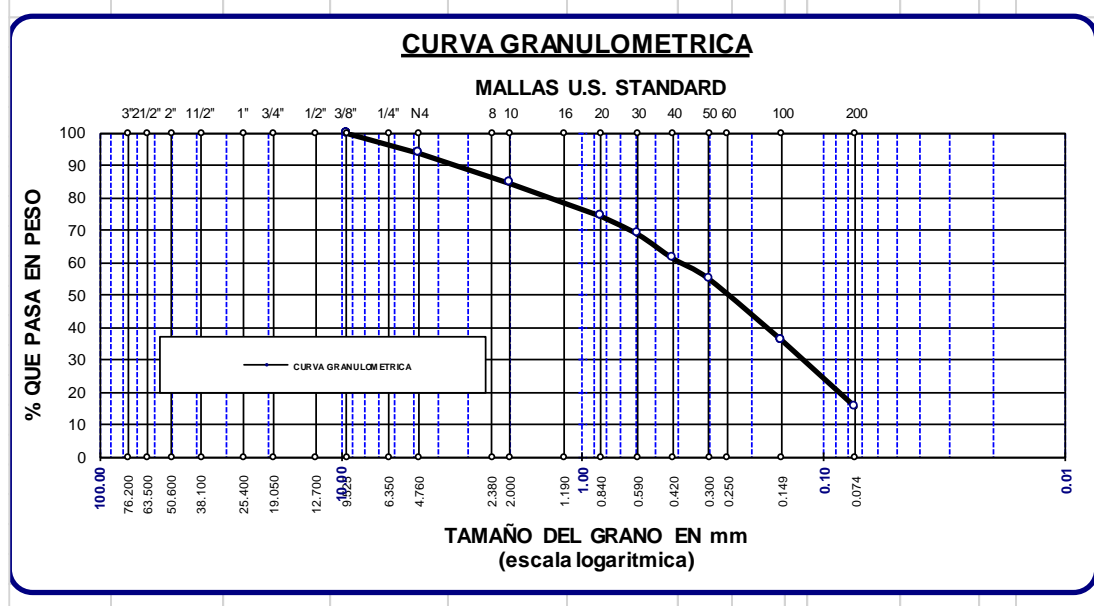


Figura 38. Granulometría calicata 06

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de Granulometría Calicata 07

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
NORMA ASTM D422							
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"							
UBICACIÓN : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.							
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI							
BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA							
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 07							
FECHA : Nov. 2019							
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA MUESTRA
3"	76.200						Límites de Consistencia : LL = 16,5 LP = N.P IP = N.P D60 0.43 CU 10.3 D30 0.12 CC 0.9 D10 0.04 % PAS. MALLA 4 75.72 % PAS MALLA 200 17.65 Clasificación S.U.C.S. SM Clasificación AASHTO A-2-4 (0) Peso de la Muestra: 597.30 gr. OBSERVACIONES: La muestra consiste de Arenas limosas con finos no plásticos.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350						
No4	4.760	39.60	6.63	6.63	93.37		
No8	2.380						
No10	2.000	55.40	9.28	15.90	84.10		
No16	1.190						
No20	0.840	76.00	12.72	28.63	71.37		
No30	0.590	32.00	5.36	33.99	66.01		
No40	0.420	38.50	6.45	40.43	59.57		
No 50	0.300	42.00	7.03	47.46	52.54		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	98.20	16.44	63.90	36.10		
No200	0.074	110.20	18.45	82.35	17.65		
BASE		105.40	17.65	100.00	0.00		
TOTAL		597.30	100.00				
% PERDIDA							

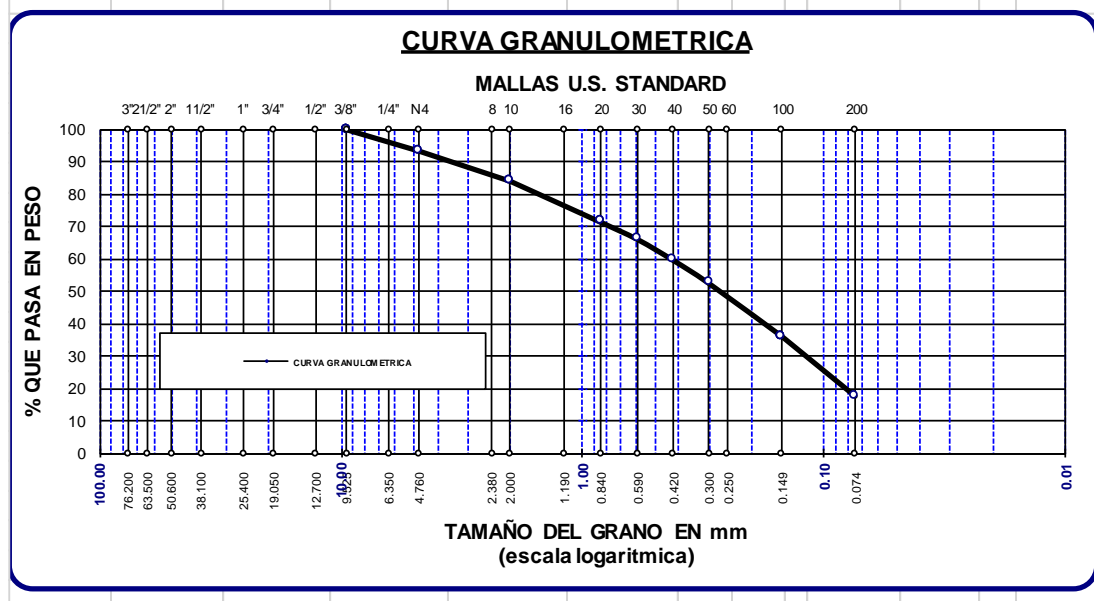


Figura 39. Granulometría calicata 07

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de Granulometría Calicata 08

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
NORMA ASTM D422							
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"							
UBICACIÓN : DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.							
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI							
BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA							
MUESTRA : CALICATA 08							
FECHA : Nov. 2019							
TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA MUESTRA
3"	76.200						Límites de Consistencia : LL = N.P. LP = N.P. IP = N.P. D60 0.25 CU 6.2 D30 0.10 CC 1.1 D10 0.04 % PAS. MALLA 4 80.13 % PAS MALLA 200 18.20 Clasificación S.U.C.S. SM Clasificación AASHTO A-2-4 (0) Peso de la Muestra: 491.10 gr. OBSERVACIONES: La muestra consiste de Arenas limosas con finos no plásticos.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350						
No4	4.760	8.20	1.67	1.67	98.33		
No8	2.380						
No10	2.000	19.30	3.93	5.60	94.40		
No16	1.190						
No20	0.840	37.30	7.60	13.19	86.81		
No30	0.590	38.20	7.78	20.97	79.03		
No40	0.420	29.40	5.99	26.96	73.04		
No 50	0.300	35.80	7.29	34.25	65.75		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	91.20	18.57	52.82	47.18		
No200	0.074	142.30	28.98	81.80	18.20		
BASE		89.40	18.20	100.00	0.00		
TOTAL		491.10	100.00				
% PERDIDA							

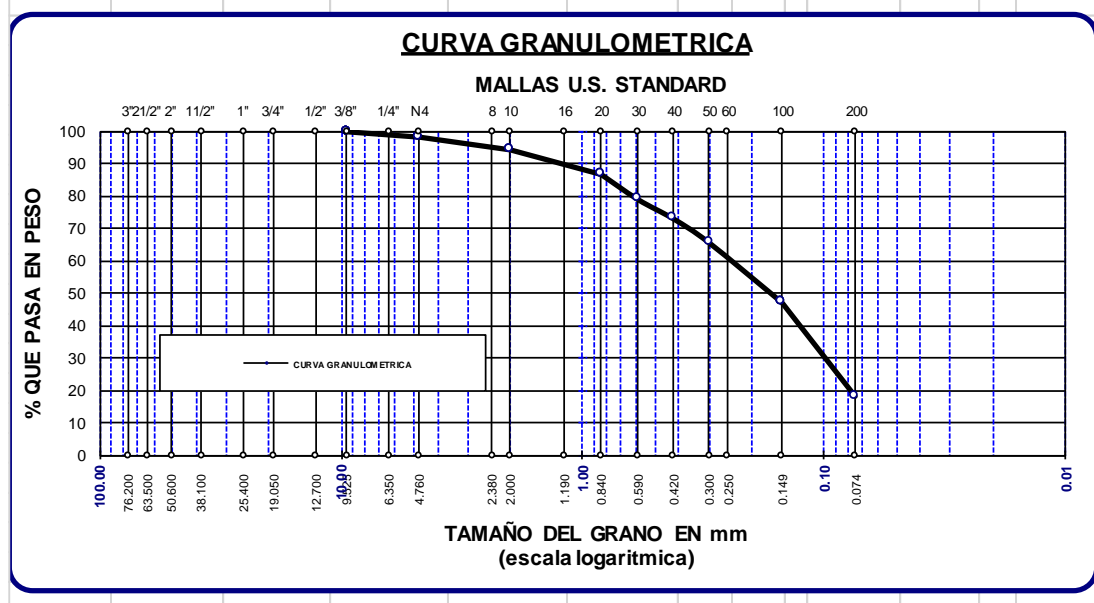


Figura 40. Granulometría calicata 08

Fuente Elaboración Propia

Ensayo Compactación Calicata 01

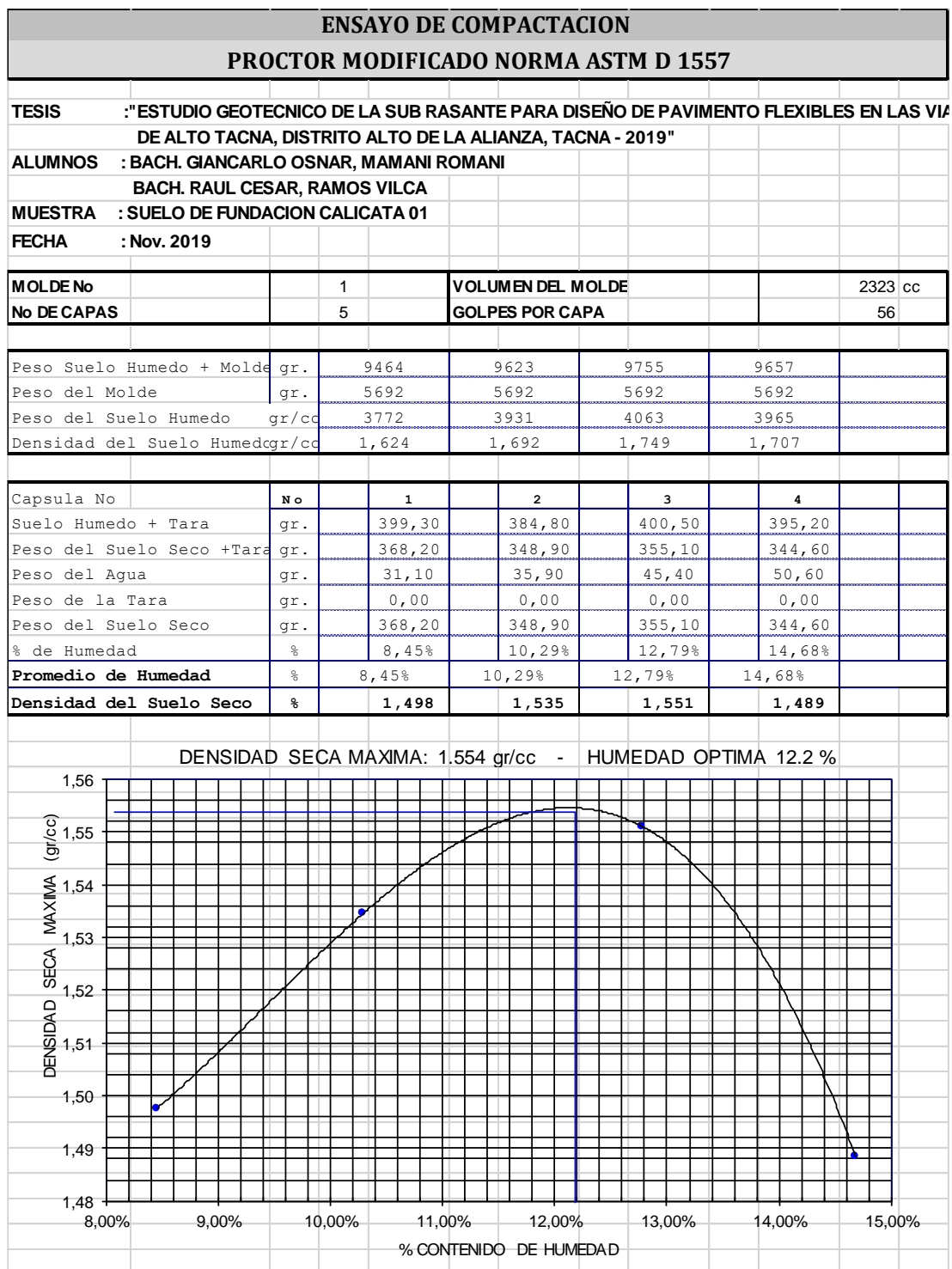


Figura 41. Ensayo de compactación calicata 01

Fuente Elaboración Propia

Ensayo Compactación Calicata 02

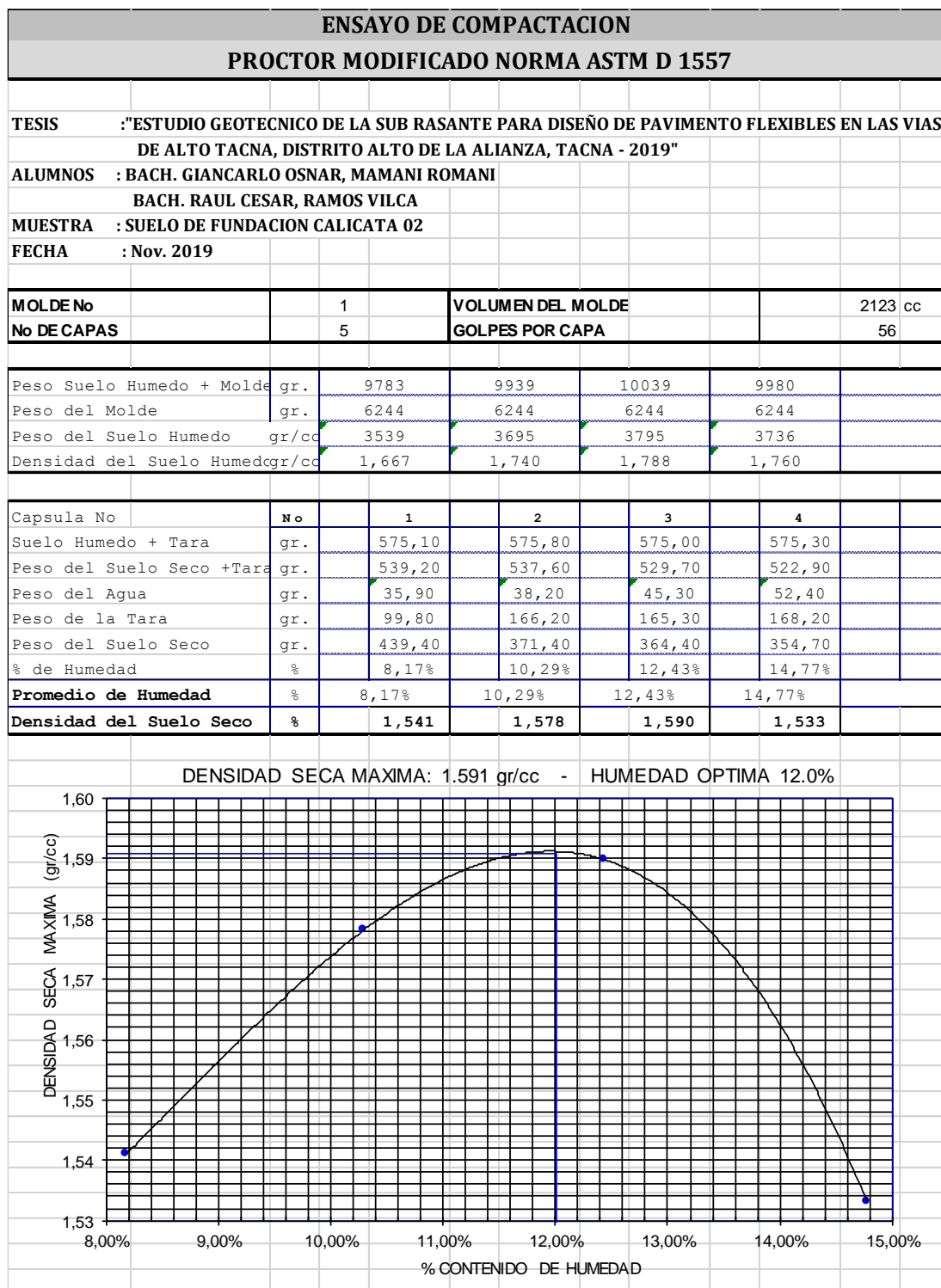


Figura 42. Ensayo de compactación calicata 02

Fuente Elaboración Propia

Ensayo Compactación Calicata 03

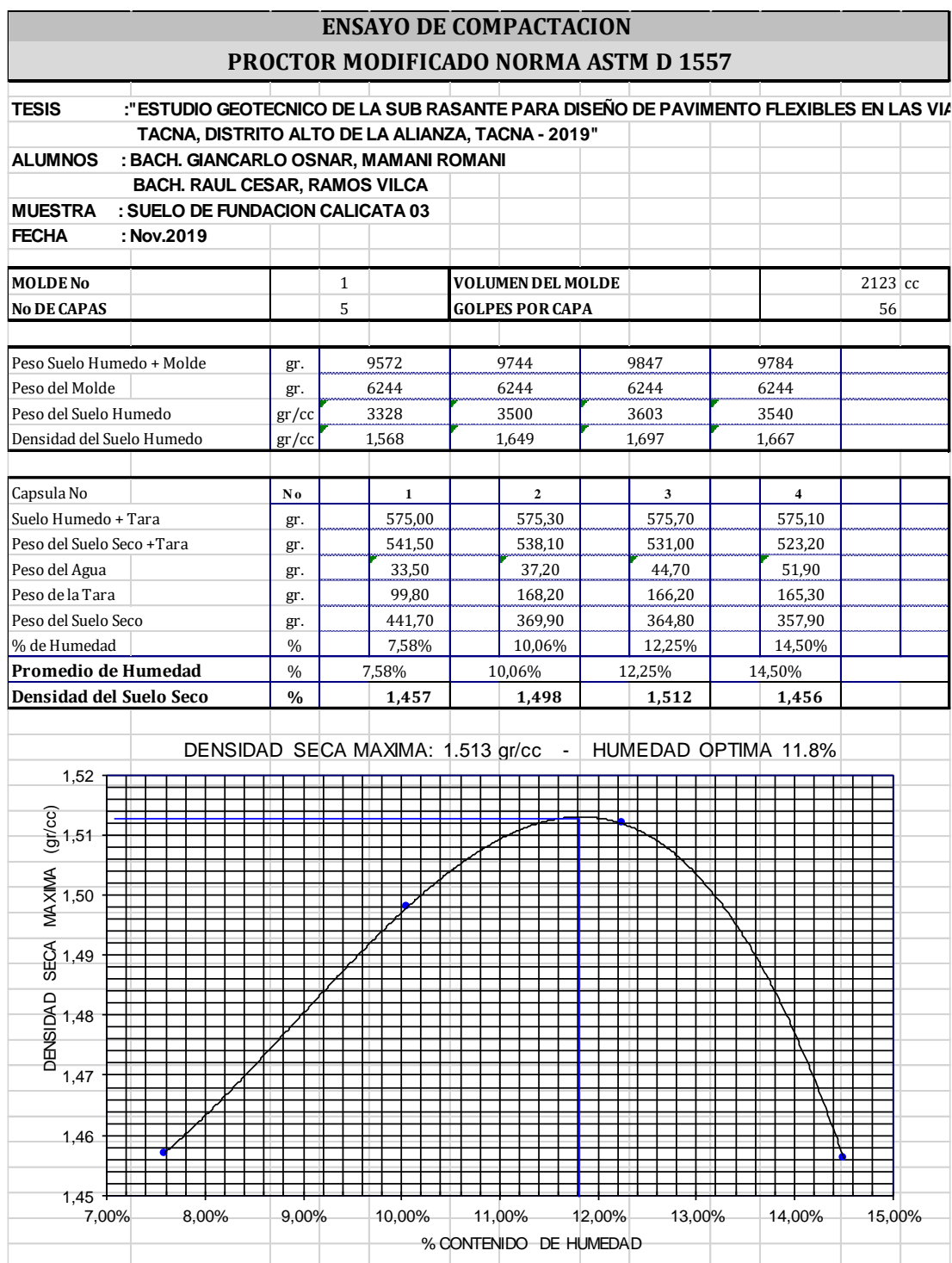


Figura 43. Ensayo de compactación calicata 03

Fuente Elaboración Propia

Ensayo Compactación Calicata 04

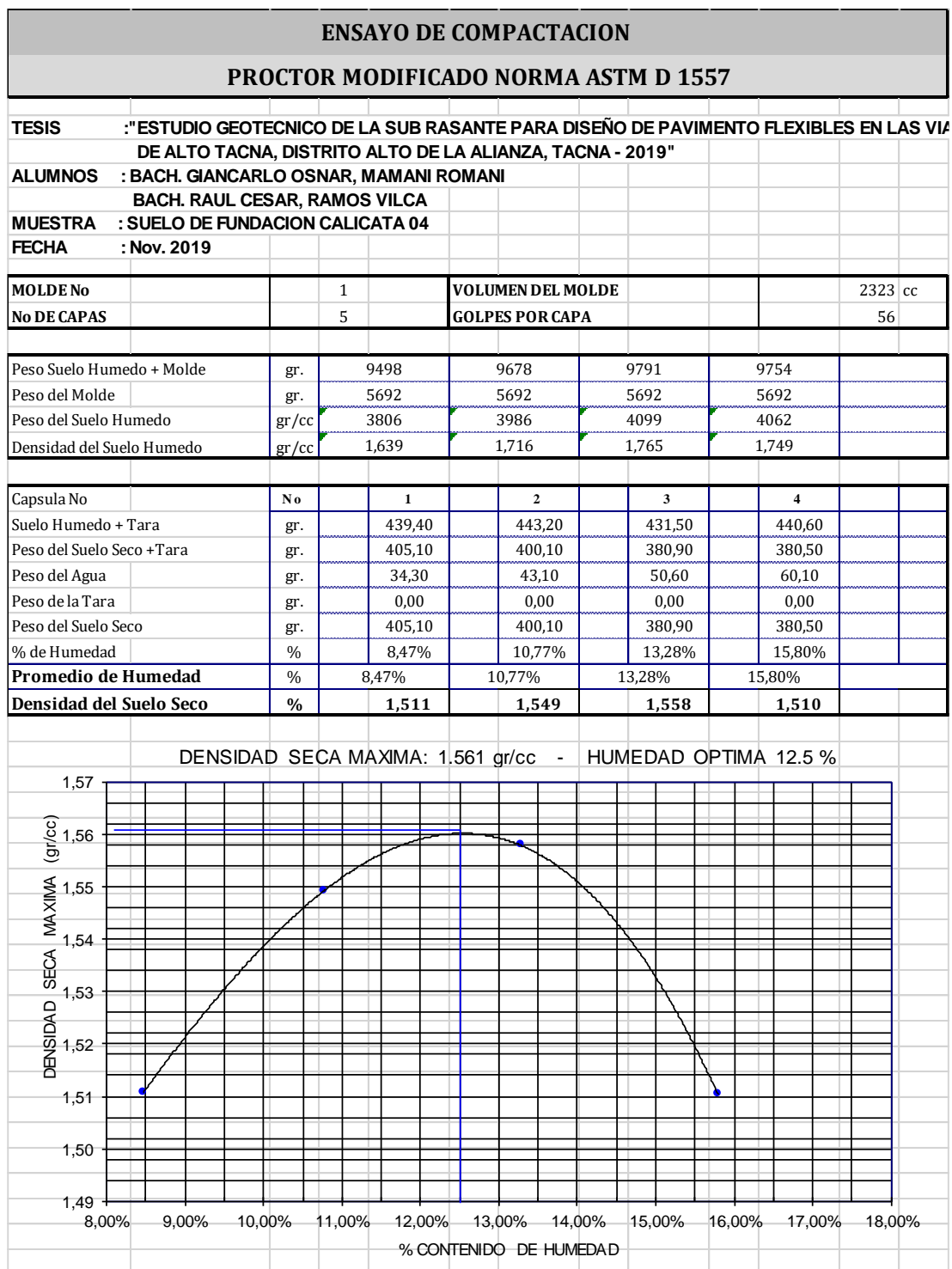


Figura 44. Ensayo de compactación calicata 04

Fuente Elaboración Propia

Ensayo Compactación Calicata 05

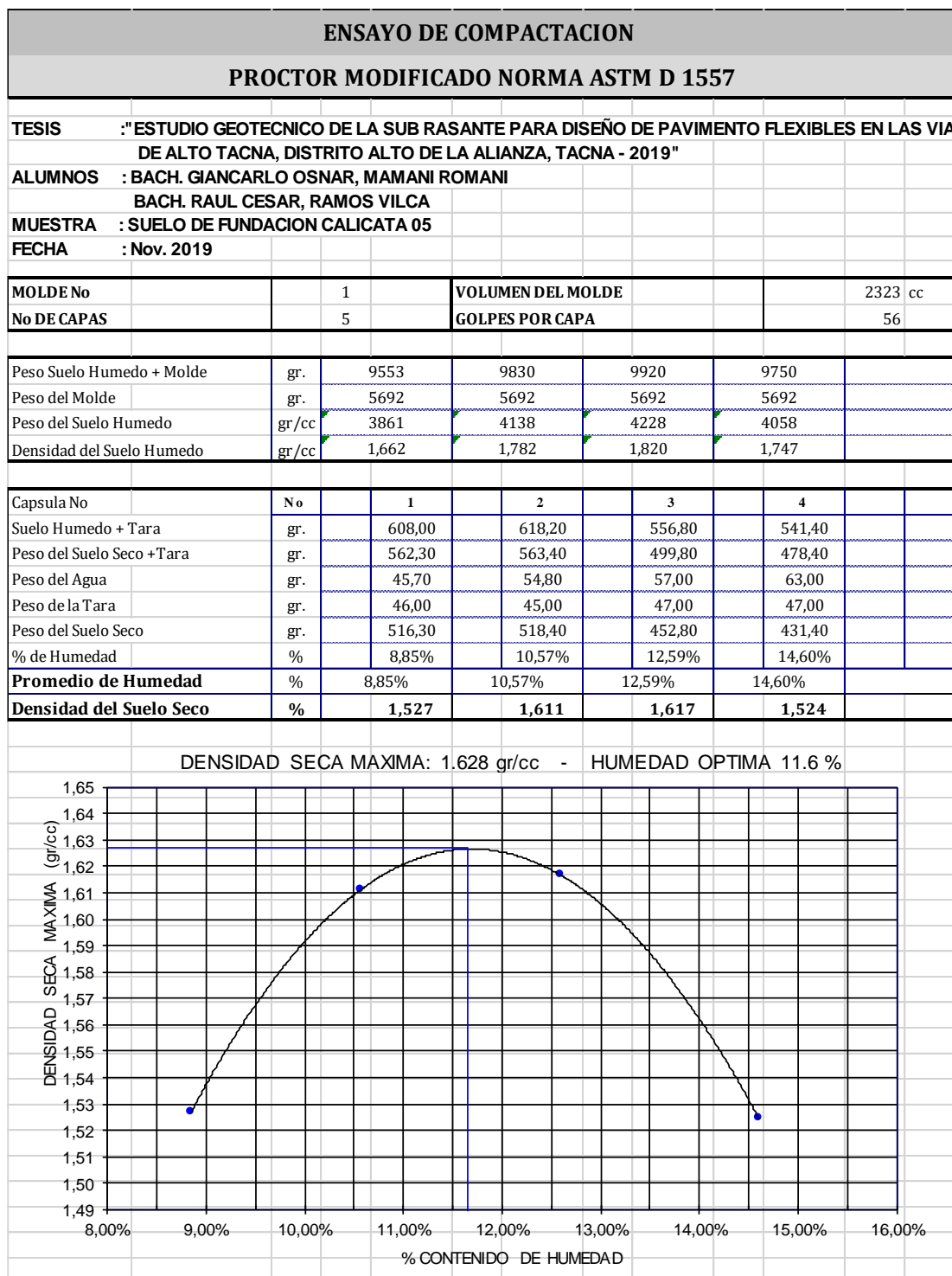


Figura 45. Ensayo de compactación calicata 05

Fuente Elaboración Propia

Ensayo Compactación Calicata 06

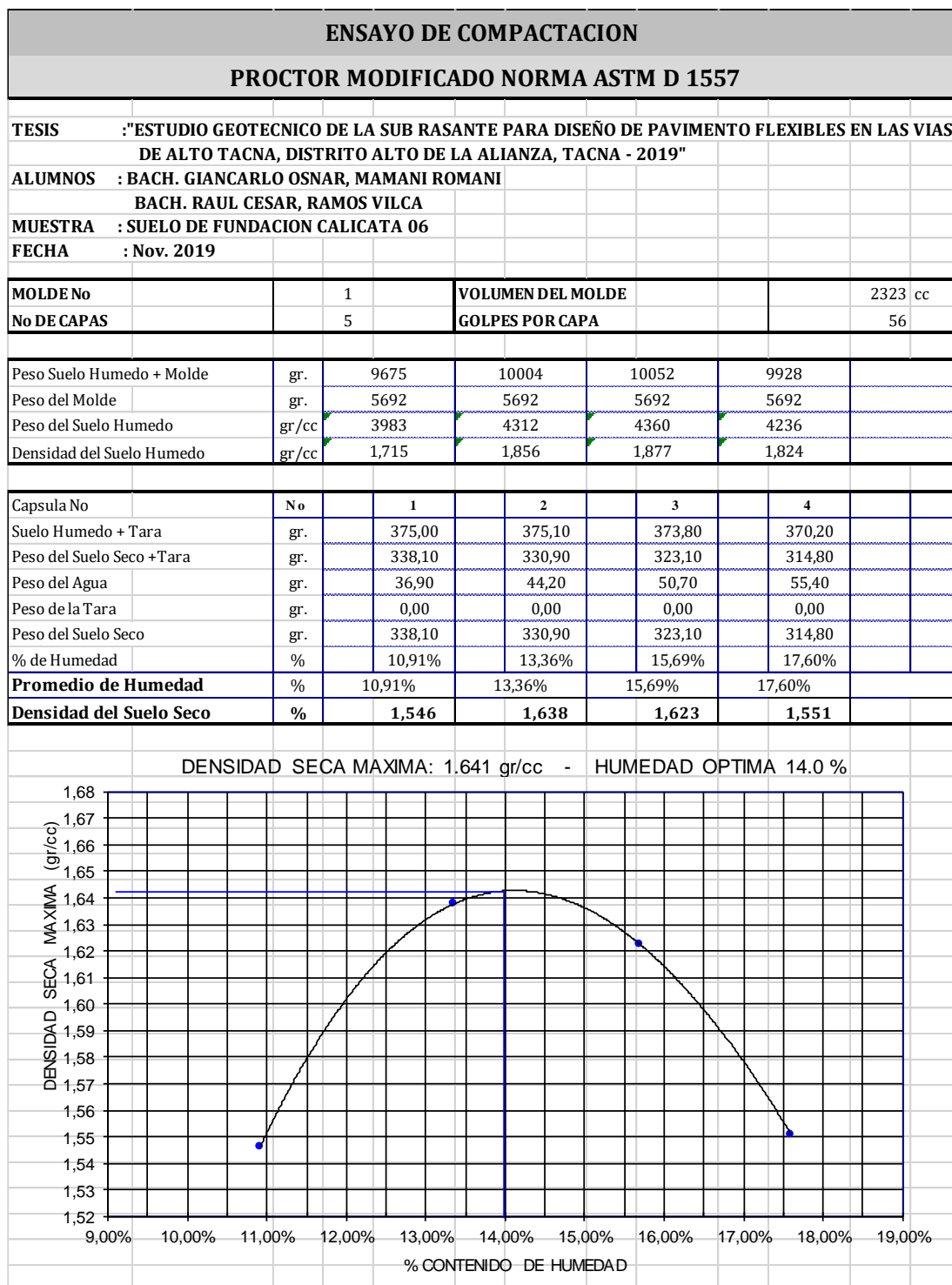


Figura 46. Ensayo de compactación calicata 06

Fuente Elaboración Propia

Ensayo Compactación Calicata 07

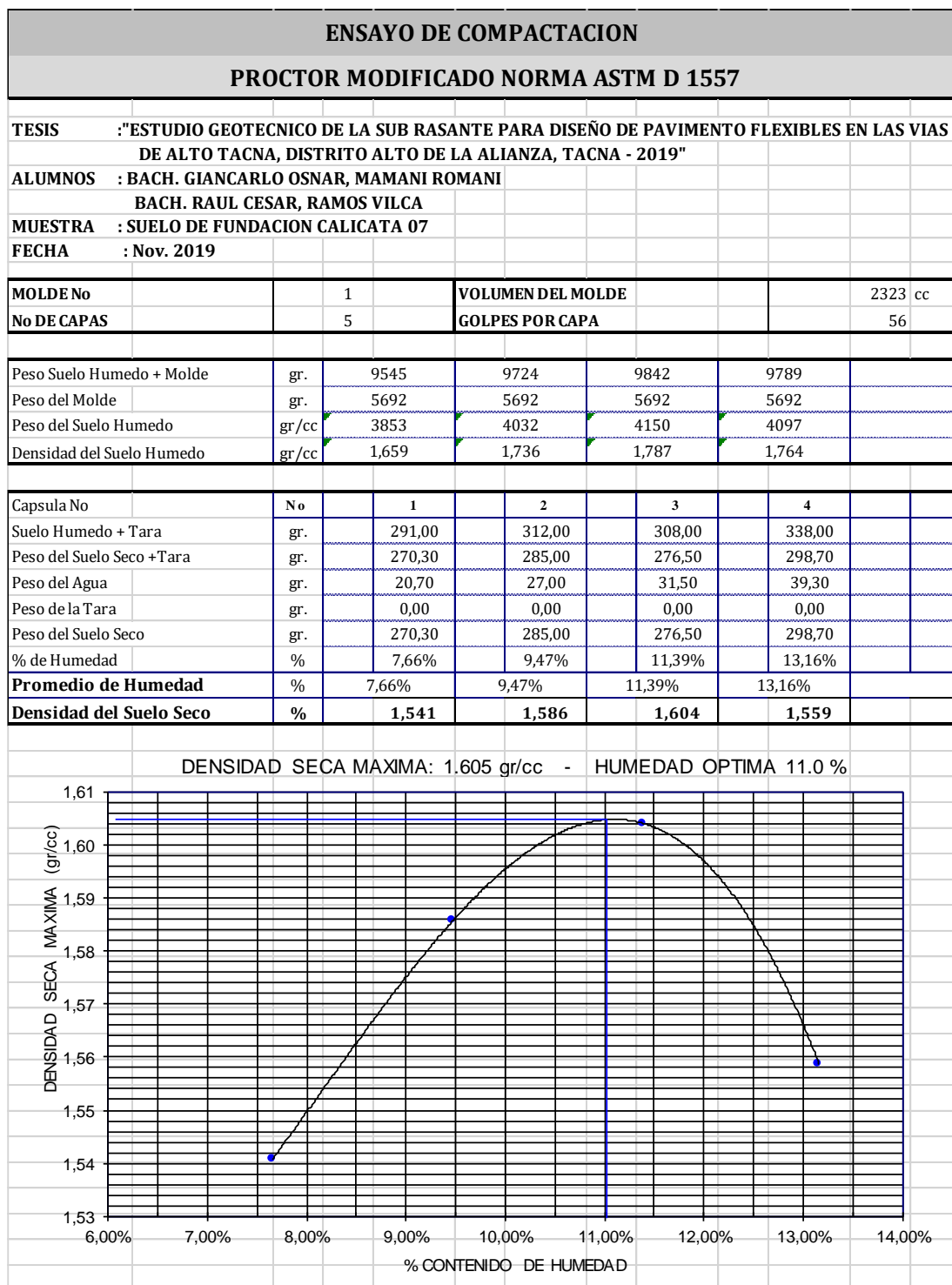


Figura 47. Ensayo de compactación calicata 07

Fuente Elaboración Propia

Ensayo Compactación Calicata 08

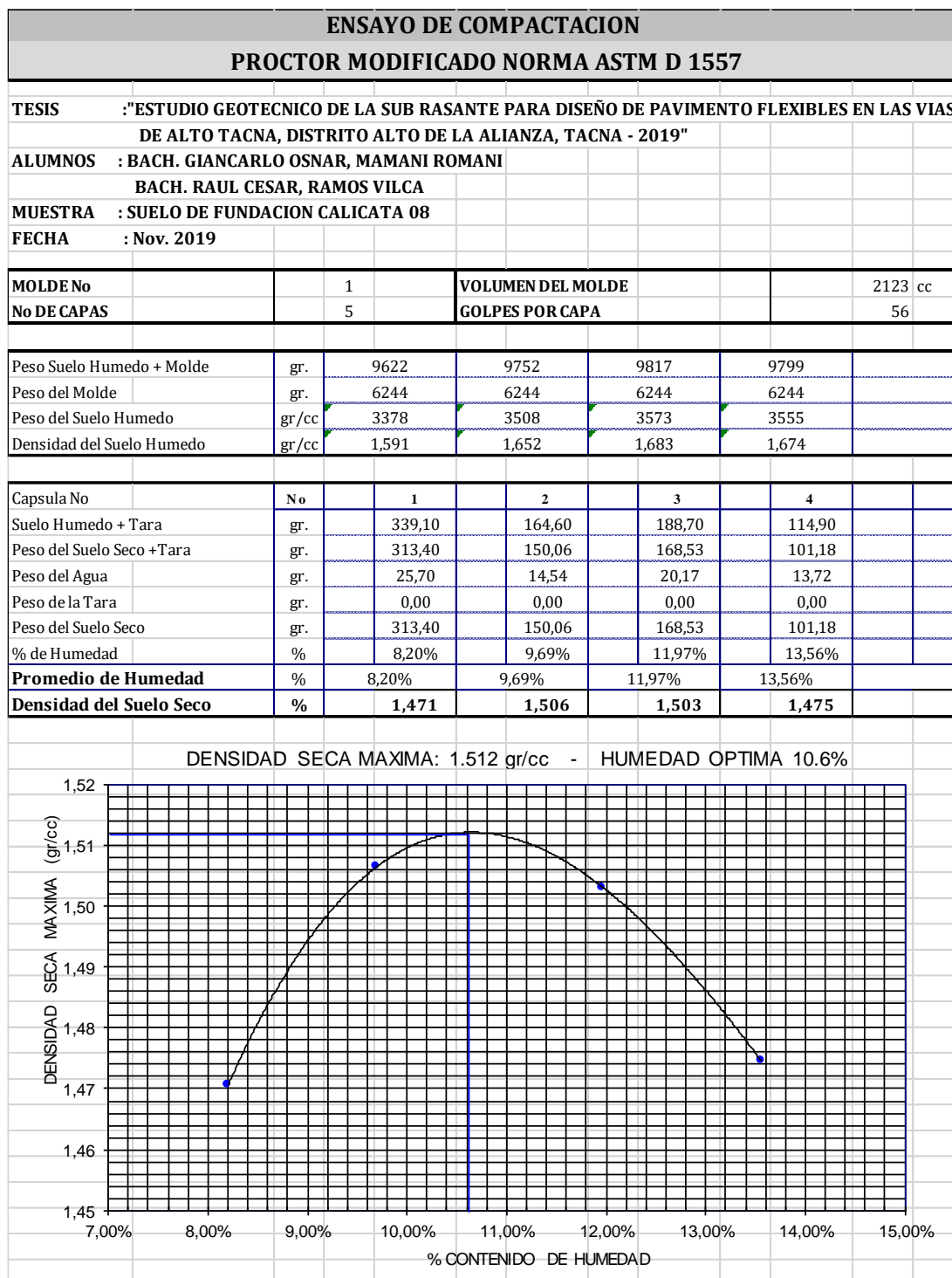


Figura 48. Ensayo de compactación calicata 08

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de CBR Calicata 01

ENSAYO DE CBR.											
METODO ASTM D - 1883											
TESIS		:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"									
ALUMNOS		: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA									
MUESTRA		: CALICATA 01									
FECHA		: Nov. 2019									
MOLDE Nro.		1			2			3			
Nro. GOLPES POR CAPA		10			25			56			
COND. DE LA MUESTRA		SATURADA			SATURADA			SATURADA			
Peso molde + suelo humedo		10812			11064			11191			
Peso del Molde		7147			7193			7163			
Peso del Suelo humedo		3665			3871			4028			
Volumen del Suelo		2307			2307			2307			
Densidad humeda		1,59			1,68			1,75			
% de humedad		12,34			12,28			12,27			
Densidad seca		1,414			1,494			1,555			
Tara Nro.		T-1			T-2			T-3			
Tara + suelo humedo		541,6			522,9			538,2			
Tara + suelo seco		482,1			465,7			479,4			
Peso del agua		59,5			57,2			58,8			
Peso de tara		0,0			0,0			0,0			
Peso del suelo seco		482,1			465,7			479,4			
% de humedad		12,34			12,28			12,27			
Promedio de humedad		12,34			12,28			12,27			
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
		HRS.	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
PENETRACION											
PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			
mm.	pulg.	LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		
		DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	
	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0,025	13	29	10	27	60	20	43	95	32	
	0,050	27	60	20	57	126	42	89	196	65	
	0,075	42	93	31	91	201	67	141	311	104	
	0,100	57	126	42	123	271	90	180	397	132	
	0,200	116	256	85	221	487	162	307	677	226	
	0,300	155	342	114	295	650	217	387	853	284	
	0,400										
	0,500										

Figura 49. Datos ensayo CBR calicata 01

Fuente Elaboración Propia

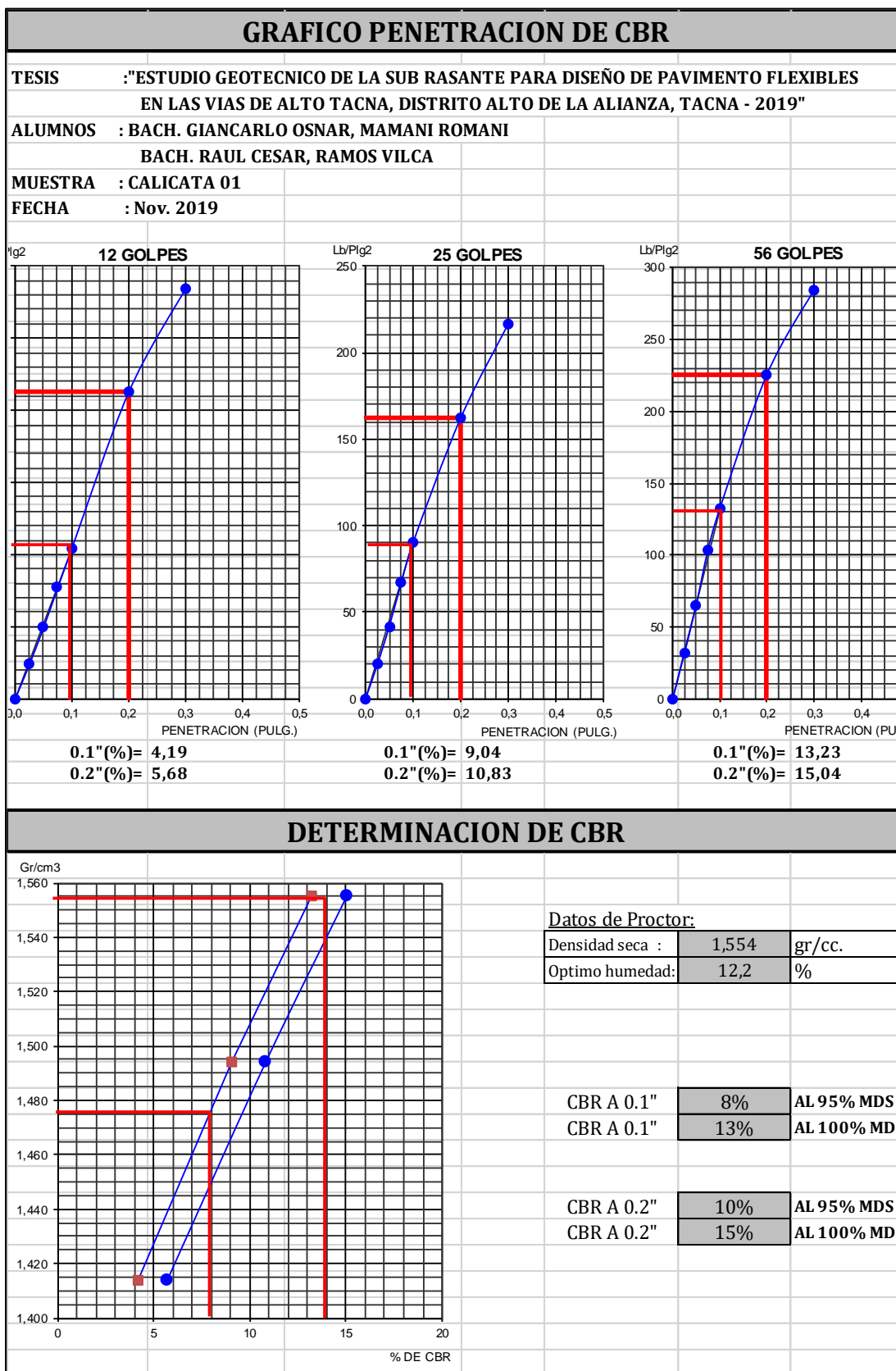


Figura 50. Ensayo grafica de CBR calicata 01

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de CBR Calicata 02

ENSAYO DE CBR.												
METODO ASTM D - 1883												
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"												
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA												
MUESTRA : CALICATA 02												
FECHA : Nov. 2019												
MOLDE Nro.	1			2			3					
Nro. GOLPES POR CAPA	10			25			56					
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA			SATURADA			SATURADA					
Peso molde + suelo humedo	10849			11135			11284					
Peso del Molde	7147			7193			7163					
Peso del Suelo humedo	3702			3942			4121					
Volumen del Suelo	2307			2307			2307					
Densidad humeda	1,60			1,71			1,79					
% de humedad	12,12			12,10			12,06					
Densidad seca	1,431			1,524			1,594					
Tara Nro.	T-1			T-2			T-3					
Tara + suelo humedo	584,5			556,9			570,5					
Tara + suelo seco	521,3			496,8			509,1					
Peso del agua	63,2			60,1			61,4					
Peso de tara	0,0			0,0			0,0					
Peso del suelo seco	521,3			496,8			509,1					
% de humedad	12,12			12,10			12,06					
Promedio de humedad	12,12			12,10			12,06					
EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		
		HRS.	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	
PENETRACION												
PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:				
mm.	pulg.	LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION			
		DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2		
	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0,025	14	31	10	31	68	23	46	101	34		
	0,050	29	64	21	65	143	48	99	218	73		
	0,075	45	99	33	94	207	69	148	326	109		
	0,100	61	134	45	132	291	97	195	430	143		
	0,200	122	269	90	235	518	173	326	719	240		
	0,300	171	377	126	326	719	240	415	915	305		
	0,400											
	0,500											

Figura 51. Datos ensayo CBR calicata 02

Fuente Elaboración Propia

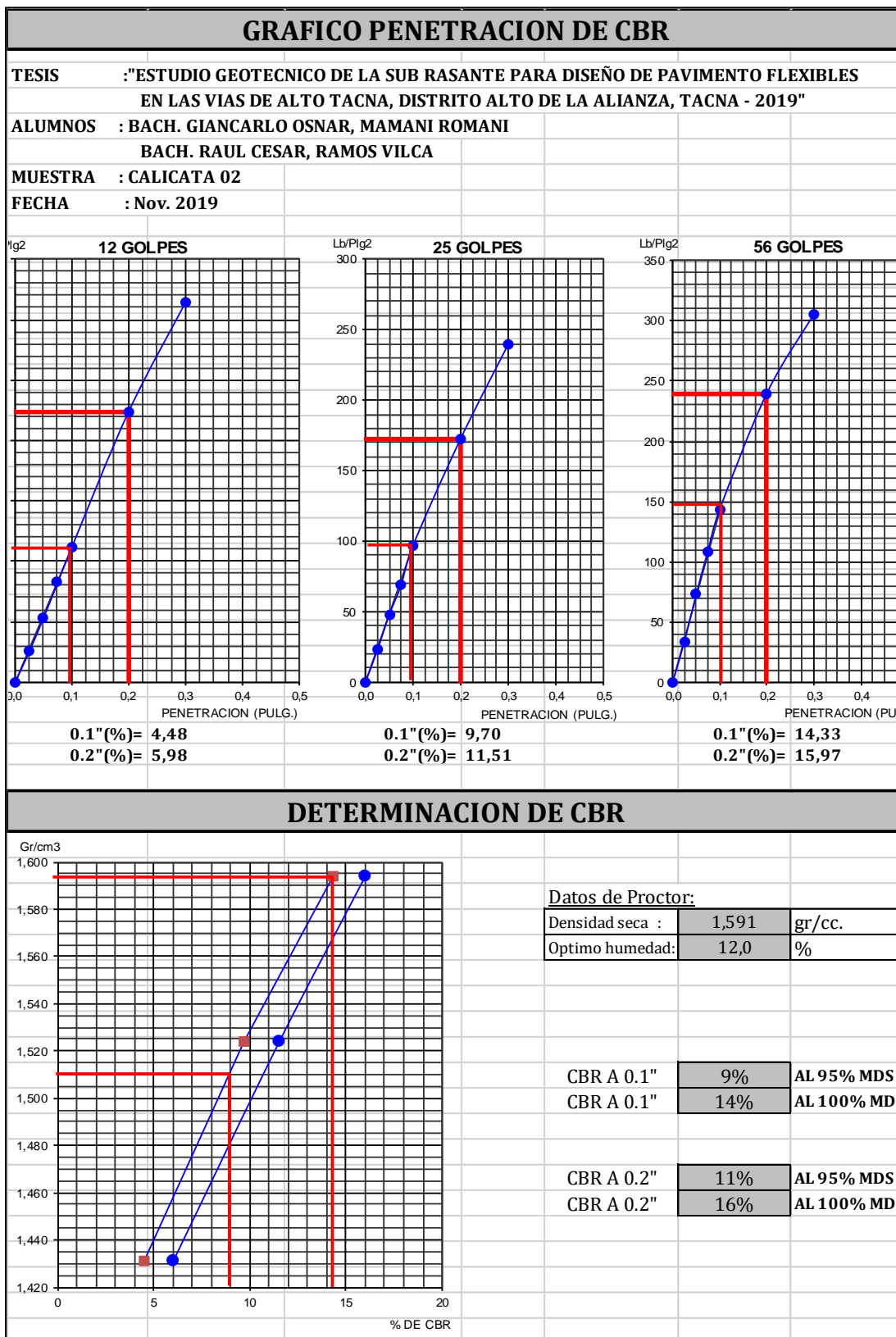


Figura 52. Ensayo grafica de CBR calicata 02

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de CBR Calicata 03

ENSAYO DE CBR.											
METODO ASTM D - 1883											
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"											
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA											
MUESTRA : CALICATA 03											
FECHA : Nov. 2019											
MOLDE Nro.	1			2			3				
Nro. GOLPES POR CAPA	10			25			56				
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA			SATURADA			SATURADA				
Peso molde + suelo humedo	10641			10925			11068				
Peso del Molde	7147			7193			7163				
Peso del Suelo humedo	3494			3732			3905				
Volumen del Suelo	2307			2307			2307				
Densidad humeda	1,51			1,62			1,69				
% de humedad	11,89			11,94			11,92				
Densidad seca	1,354			1,445			1,512				
Tara Nro.	T-1			T-2			T-3				
Tara + suelo humedo	562,9			559,5			548,5				
Tara + suelo seco	503,1			499,8			490,1				
Peso del agua	59,8			59,7			58,4				
Peso de tara	0,0			0,0			0,0				
Peso del suelo seco	503,1			499,8			490,1				
% de humedad	11,89			11,94			11,92				
Promedio de humedad	11,89			11,94			11,92				
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
		HRS.	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
PENETRACION											
PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			
mm.	pulg.	LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		
		DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	
	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,025	14	31	10	31	68	23	42	93	31	
	0,050	28	62	21	62	137	46	86	190	63	
	0,075	42	93	31	94	207	69	134	295	98	
	0,100	54	119	40	121	267	89	176	388	129	
	0,200	106	234	78	212	467	156	291	642	214	
	0,300	145	320	107	286	631	210	378	833	278	
	0,400										
	0,500										

Figura 53. Datos ensayo CBR calicata 03

Fuente Elaboración Propia

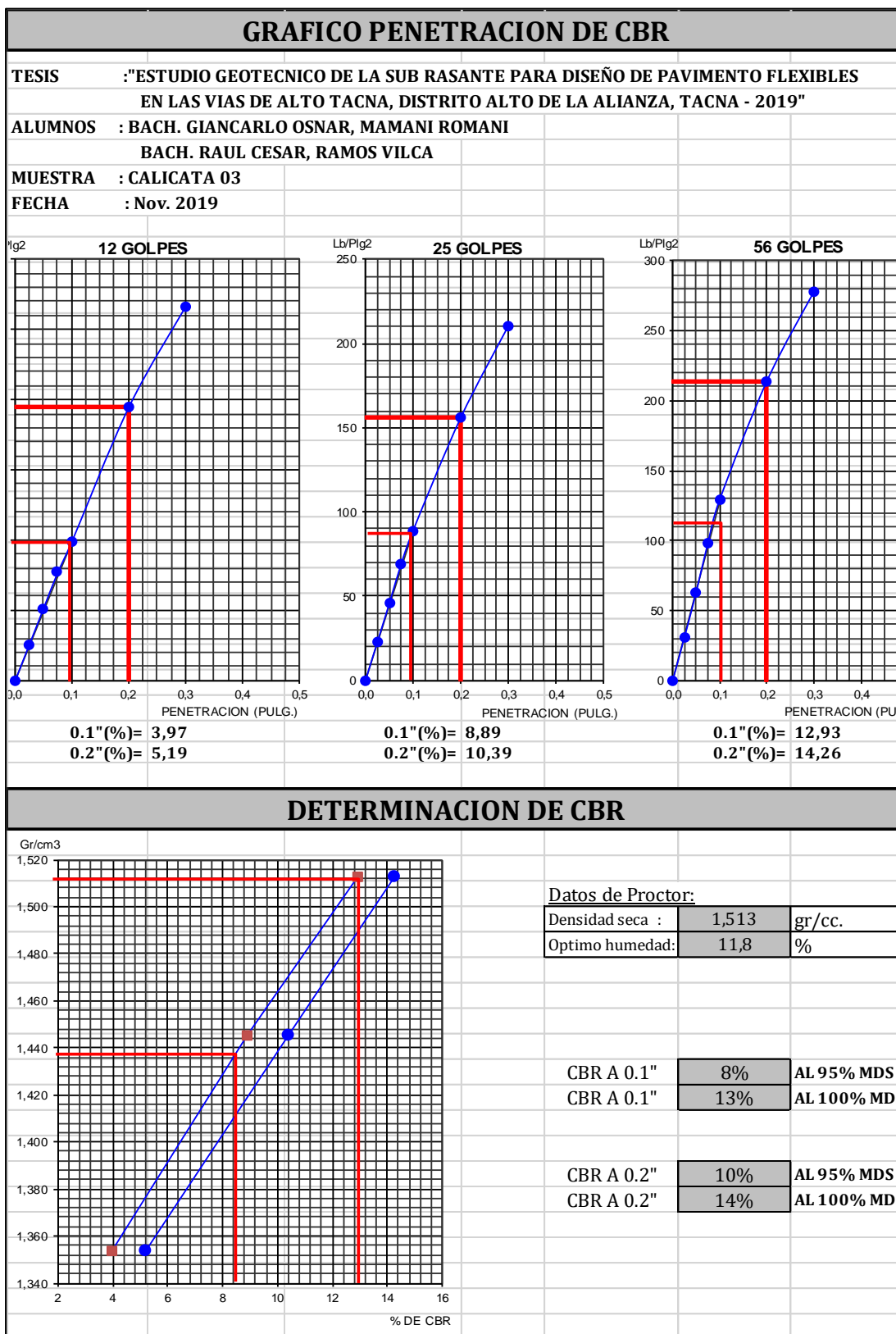


Figura 54. Ensayo grafica de CBR calicata 03

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de CBR Calicata 04

ENSAYO DE CBR.											
METODO ASTM D - 1883											
TESIS		:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"									
ALUMNOS		: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA									
MUESTRA		: CALICATA 04									
FECHA		: Nov. 2019									
MOLDE Nro.		1			2			3			
Nro. GOLPES POR CAPA		10			25			56			
COND. DE LA MUESTRA		SATURADA			SATURADA			SATURADA			
Peso molde + suelo humedo		10784			11035			11215			
Peso del Molde		7147			7193			7163			
Peso del Suelo humedo		3637			3842			4052			
Volumen del Suelo		2307			2307			2307			
Densidad humeda		1,58			1,67			1,76			
% de humedad		12,38			12,46			12,40			
Densidad seca		1,403			1,481			1,563			
Tara Nro.		T-1			T-2			T-3			
Tara + suelo humedo		536,6			562,4			577,6			
Tara + suelo seco		477,5			500,1			513,9			
Peso del agua		59,1			62,3			63,7			
Peso de tara		0,0			0,0			0,0			
Peso del suelo seco		477,5			500,1			513,9			
% de humedad		12,38			12,46			12,40			
Promedio de humedad		12,38			12,46			12,40			
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
		HRS.	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
PENETRACION											
PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			
mm.	pulg.	LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		
		DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	
	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0,025	15	33	11	29	64	21	41	90	30	
	0,050	31	68	23	62	137	46	88	194	65	
	0,075	45	99	33	94	207	69	135	298	99	
	0,100	61	134	45	122	269	90	189	417	139	
	0,200	117	258	86	215	474	158	315	694	231	
	0,300	165	364	121	285	628	209	405	893	298	
	0,400										
	0,500										

Figura 55. Datos ensayo CBR calicata 04

Fuente Elaboración Propia

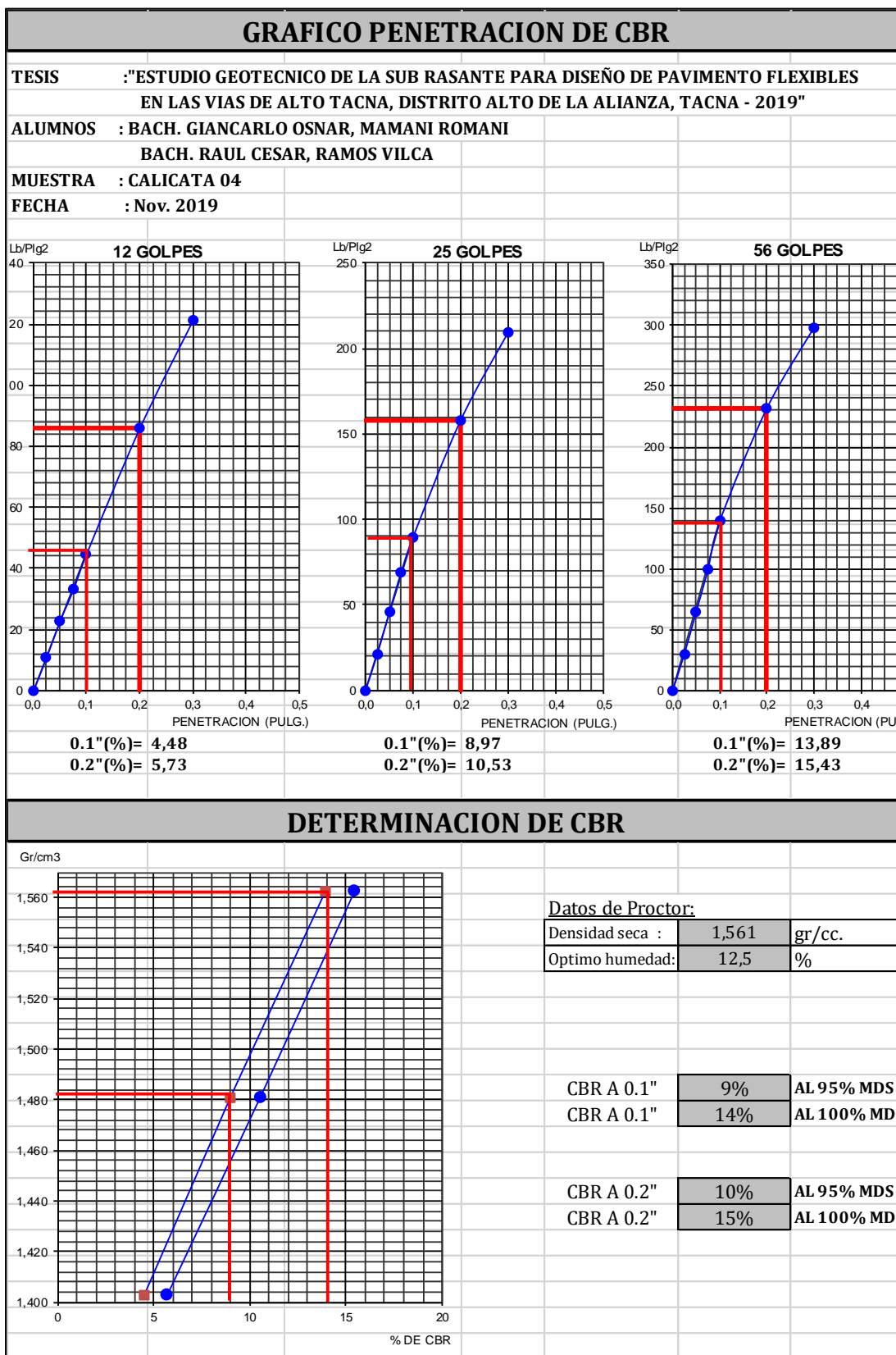


Figura 56. Ensayo grafica de CBR calicata 04

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de CBR Calicata 05

ENSAYO DE CBR.											
METODO ASTM D - 1883											
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"											
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA											
MUESTRA : CALICATA 05											
FECHA : Nov. 2019											
MOLDE Nro.	1			2			3				
Nro. GOLPES POR CAPA	10			25			56				
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA			SATURADA			SATURADA				
Peso molde + suelo humedo	10724			11048			11179				
Peso del Molde	7019			7104			6984				
Peso del Suelo humedo	3705			3944			4195				
Volumen del Suelo	2307			2307			2307				
Densidad humeda	1,61			1,71			1,82				
% de humedad	12,07			11,76			11,73				
Densidad seca	1,433			1,530			1,628				
Tara Nro.	T-1			T-2			T-3				
Tara + suelo humedo	296,2			295,5			294,4				
Tara + suelo seco	264,3			264,4			263,5				
Peso del agua	31,9			31,1			30,9				
Peso de tara	0,0			0,0			0,0				
Peso del suelo seco	264,3			264,4			263,5				
% de humedad	12,07			11,76			11,73				
Promedio de humedad	12,07			11,76			11,73				
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
		HRS.	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
PENETRACION											
PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			
mm.	pulg.	LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		
		DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	
	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,025	14	31	10	27	60	20	38	84	28	
	0,050	28	62	21	58	128	43	81	179	60	
	0,075	43	95	32	90	198	66	126	278	93	
	0,100	58	128	43	115	254	85	169	373	124	
	0,200	114	251	84	203	448	149	285	628	209	
	0,300	158	348	116	282	622	207	376	829	276	
	0,400										
	0,500										

Figura 57. Datos ensayo CBR calicata 05

Fuente Elaboración Propia

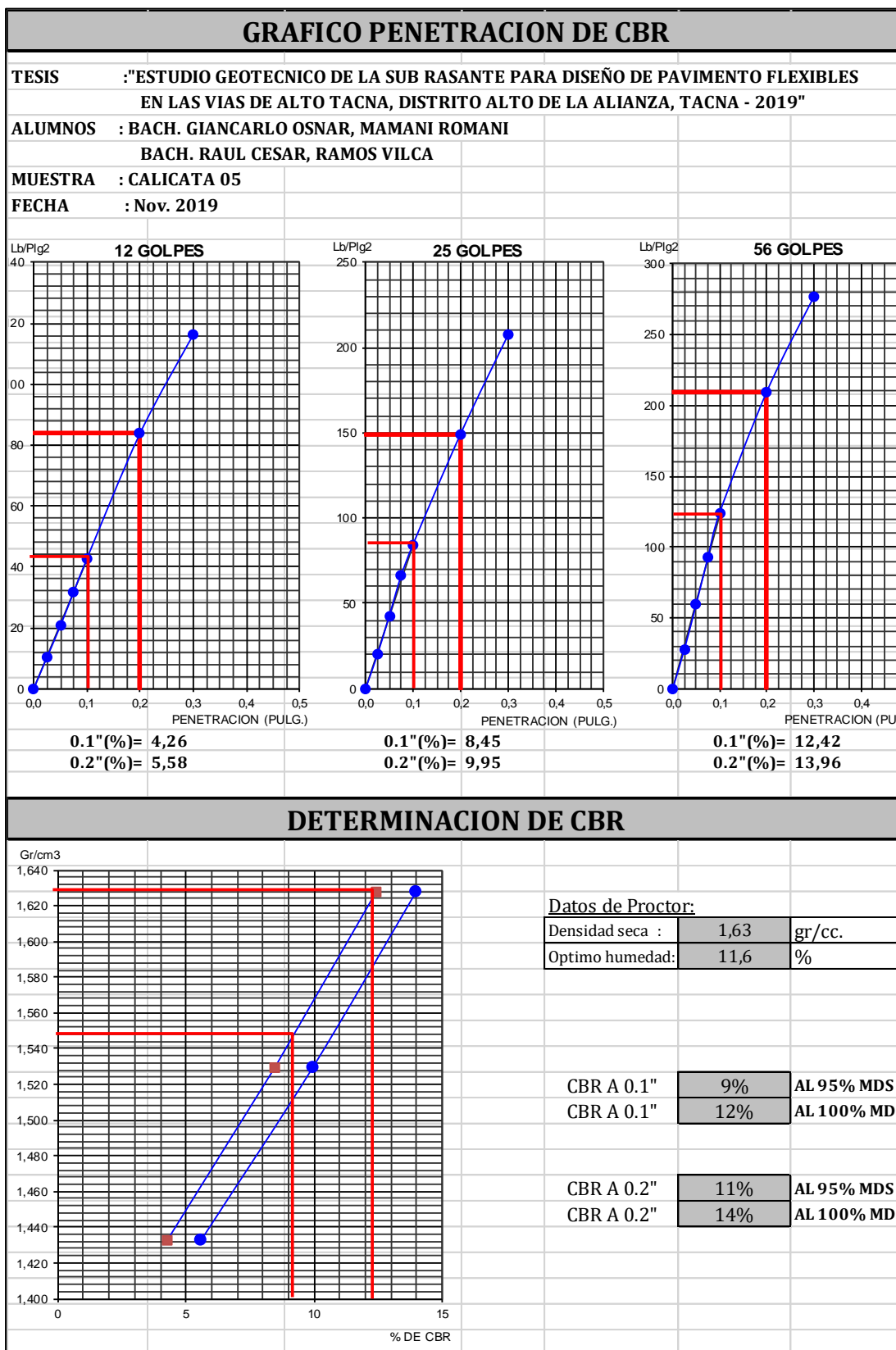


Figura 58. Ensayo grafica de CBR calicata 05

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de CBR Calicata 06

ENSAYO DE CBR.											
METODO ASTM D - 1883											
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"											
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA											
MUESTRA : CALICATA 06											
FECHA : Nov. 2019											
MOLDE Nro.	1			2			3				
Nro. GOLPES POR CAPA	10			25			56				
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA			SATURADA			SATURADA				
Peso molde + suelo humedo	10912			11281			11476				
Peso del Molde	7147			7193			7163				
Peso del Suelo humedo	3765			4088			4313				
Volumen del Suelo	2307			2307			2307				
Densidad humeda	1,63			1,77			1,87				
% de humedad	13,98			14,02			14,01				
Densidad seca	1,432			1,554			1,640				
Tara Nro.	T-1			T-2			T-3				
Tara + suelo humedo	312,3			306,6			316,5				
Tara + suelo seco	274,0			268,9			277,6				
Peso del agua	38,3			37,7			38,9				
Peso de tara	0,0			0,0			0,0				
Peso del suelo seco	274,0			268,9			277,6				
% de humedad	13,98			14,02			14,01				
Promedio de humedad	13,98			14,02			14,01				
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
		HRS.	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
PENETRACION											
PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			
mm.	pulg.	LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		
		DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	
	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0,025	15	33	11	29	64	21	42	93	31	
	0,050	34	75	25	65	143	48	86	190	63	
	0,075	53	117	39	98	216	72	137	302	101	
	0,100	69	152	51	134	295	98	184	406	135	
	0,200	125	276	92	232	511	170	302	666	222	
	0,300	165	364	121	302	666	222	381	840	280	
	0,400										
	0,500										

Figura 59. Datos ensayo CBR calicata 06

Fuente Elaboración Propia

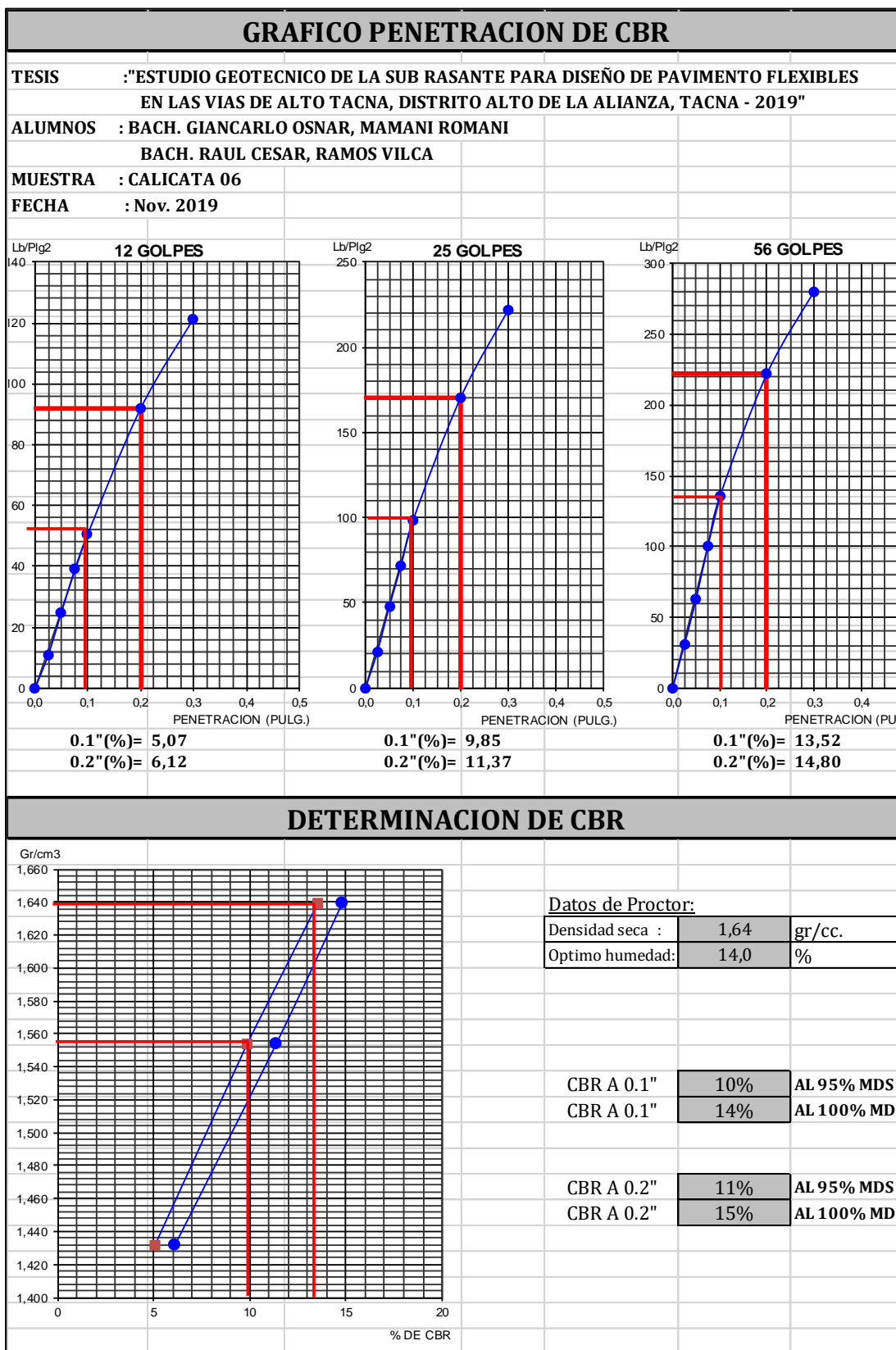


Figura 60. Ensayo grafica de CBR calicata 06

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de CBR Calicata 07

ENSAYO DE CBR.											
METODO ASTM D - 1883											
TESIS : "ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"											
ALUMNOS : BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA											
MUESTRA : CALICATA 07											
FECHA : Nov. 2019											
MOLDE Nro.	1			2			3				
Nro. GOLPES POR CAPA	10			25			56				
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA			SATURADA			SATURADA				
Peso molde + suelo humedo	10789			11112			11273				
Peso del Molde	7147			7193			7163				
Peso del Suelo humedo	3642			3919			4110				
Volumen del Suelo	2307			2307			2307				
Densidad humeda	1,58			1,70			1,78				
% de humedad	11,13			10,99			11,03				
Densidad seca	1,421			1,531			1,605				
Tara Nro.	T-1			T-2			T-3				
Tara + suelo humedo	568,2			542,3			549,6				
Tara + suelo seco	511,3			488,6			495,0				
Peso del agua	56,9			53,7			54,6				
Peso de tara	0,0			0,0			0,0				
Peso del suelo seco	511,3			488,6			495,0				
% de humedad	11,13			10,99			11,03				
Promedio de humedad	11,13			10,99			11,03				
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
		HRS.	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
PENETRACION											
PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			
mm.	pulg.	LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		
		DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	
	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0,025	20	44	15	32	71	24	48	106	35	
	0,050	45	99	33	64	141	47	85	187	62	
	0,075	67	148	49	102	225	75	126	278	93	
	0,100	85	187	62	136	300	100	172	379	126	
	0,200	144	317	106	223	492	164	278	613	204	
	0,300	187	412	137	284	626	209	344	758	253	
	0,400										
	0,500										

Figura 61. Datos ensayo CBR calicata 07

Fuente Elaboración Propia

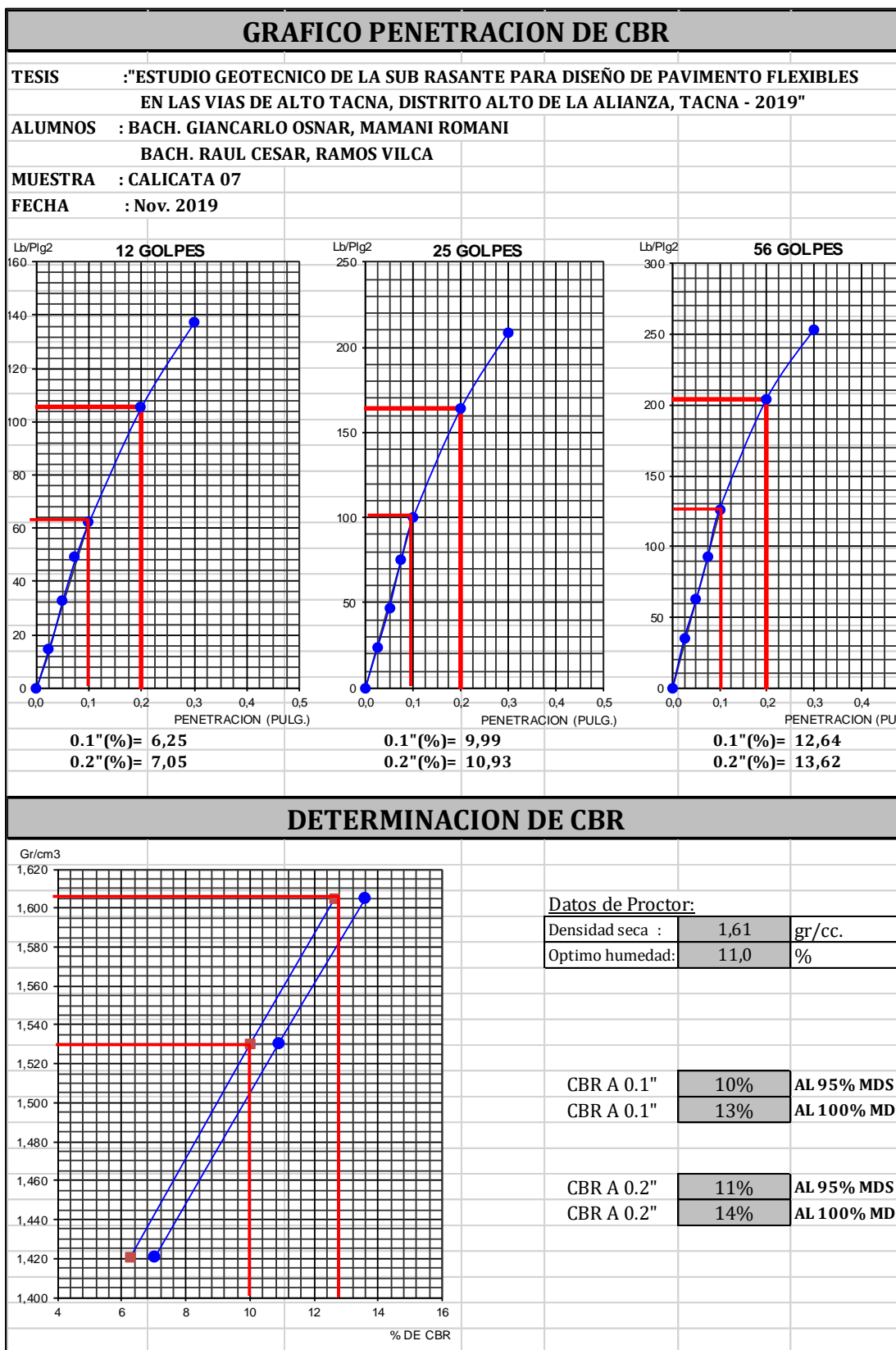


Figura 62. Ensayo grafica de CBR calicata 07

Fuente Elaboración Propia

Ensayos de CBR Calicata 08

ENSAYO DE CBR.											
METODO ASTM D - 1883											
TESIS		:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"									
ALUMNOS		: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA									
MUESTRA		: CALICATA 08									
FECHA		: Nov. 2019									
MOLDE Nro.		1			2			3			
Nro. GOLPES POR CAPA		10			25			56			
COND. DE LA MUESTRA		SATURADA			SATURADA			SATURADA			
Peso molde + suelo humedo		10549			10825			11021			
Peso del Molde		7147			7193			7163			
Peso del Suelo humedo		3402			3632			3858			
Volumen del Suelo		2307			2307			2307			
Densidad humeda		1,47			1,57			1,67			
% de humedad		10,49			10,47			10,57			
Densidad seca		1,335			1,425			1,512			
Tara Nro.		T-1			T-2			T-3			
Tara + suelo humedo		195,5			208,1			236,4			
Tara + suelo seco		185,5			196,3			226,4			
Peso del agua		10,0			11,8			10,0			
Peso de tara		90,2			83,6			131,8			
Peso del suelo seco		95,3			112,7			94,6			
% de humedad		10,49			10,47			10,57			
Promedio de humedad		10,49			10,47			10,57			
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
		HRS.	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
PENETRACION											
PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			
mm.	pulg.	LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		LECTURA	CORRECCION		
		DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	
	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	0,025	24	53	18	39	86	29	59	130	43	
	0,050	52	115	38	79	174	58	109	240	80	
	0,075	76	168	56	114	251	84	157	346	115	
	0,100	95	209	70	146	322	107	200	441	147	
	0,200	156	344	115	235	518	173	318	701	234	
	0,300	198	437	146	301	664	221	407	897	299	
	0,400										
	0,500										

Figura 63. Datos ensayo CBR calicata 08

Fuente Elaboración Propia

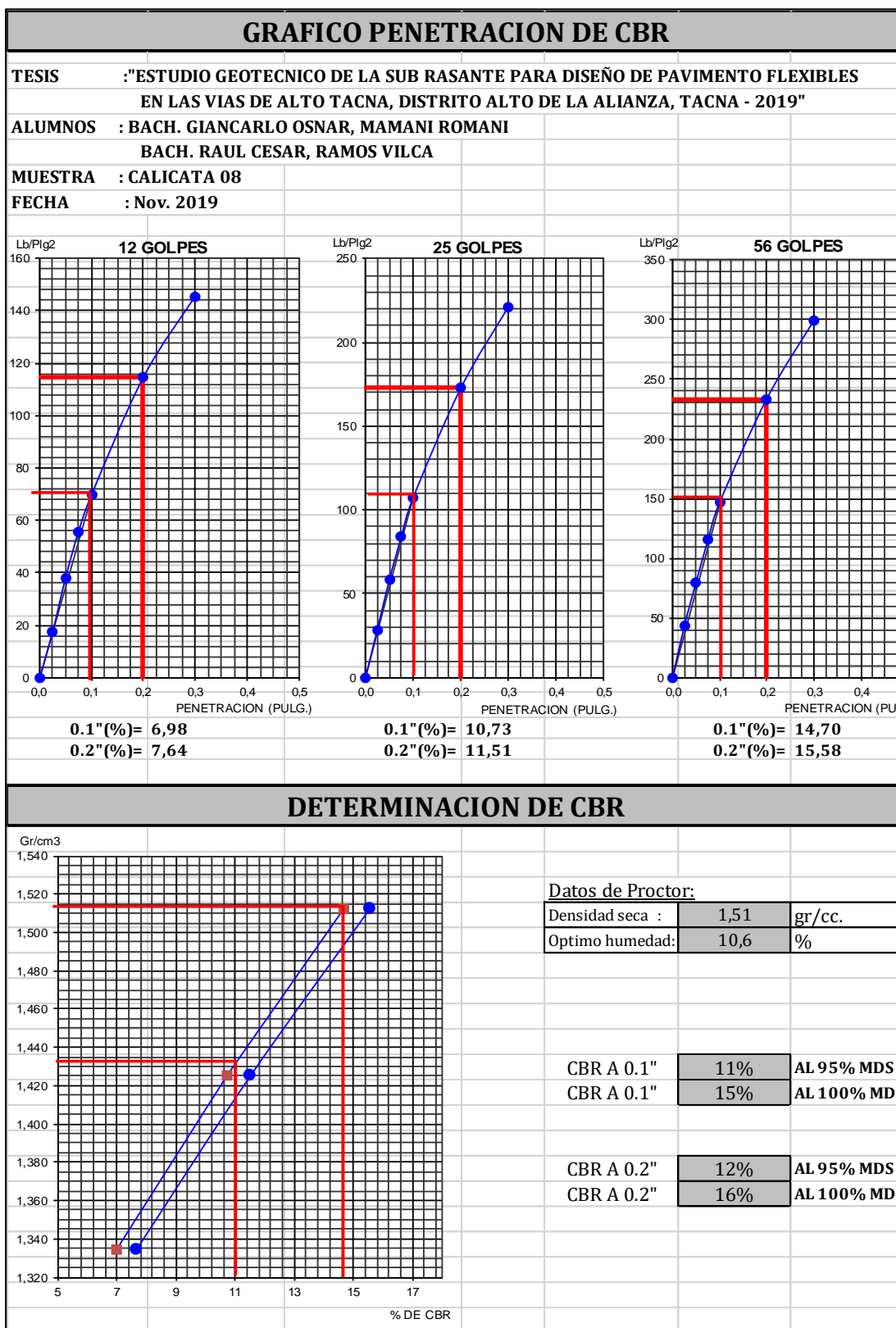


Figura 64. Ensayo grafica de CBR calicata 08

Fuente Elaboración Propia

4.2 Estudios de Trafico

Las vías de la zona de estudio están en trochas carrozables, las vías se encuentran definidas en el plan de desarrollo urbano, existen vías de diferentes secciones viales, sin embargo, solo algunas tienen mayor flujo ya que son vías de acceso a nivel de lastrado.

4.2.1 Índice Medio Diario

Según el conteo vehicular la distribución de vehículos en el IMDs muestra que la mayoría son vehículos livianos, para la determinación del Índice Medio Diario se ha utilizado la siguiente expresión:

$$IMD_s = \sum \frac{V_i}{7}$$

IMDS = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra vehicular Tomada

V_i = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo

Se ha realizado un aforo de una semana teniendo el resumen de los resultados que se muestran en los cuadros siguientes:

Tabla 15. vehículos por día

TIPO DE VEHICULO	Jueves	Viernes	Sabado	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles
AUTOS	38	34	40	45	37	31	35
STATION WAGO	48	44	46	58	50	53	44
PICK UP	2	3	2	4	1	2	2
PANEL	2	3	1	3	1	2	1
RURAL COMBI	0	2	1	3	0	2	1
2E	2	2	4	6	1	2	1
3E	2	2	2	3	2	2	2
TOTALES	94	90	96	122	92	94	86

Fuente: elaboración propia

Como se observa hay mayor predominancia de vehículos los fines de semana especialmente los días domingos, esto se debe a que se ha observado que

es un día en la cual las familias y propietarios se reúnen en sus asociaciones y otros van a ver sus propiedades.

El tráfico actual del Índice Medio Diario se ha determinado considerando el tráfico existente de una semana, se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 16. IMD del tráfico actual

TIPO DE VEHICULO	Total	IMD	%
AUTOS	260,00	37	38,58
STATION WAGO	343,00	49	50,89
PICK UP	16,00	2	2,37
PANEL	13,00	2	1,93
RURAL COMBI	9,00	1	1,34
2E	18,00	3	2,67
3E	15,00	2	2,23
TOTALES	674,00	96	100,00

Fuente: elaboración propia

La variación del tráfico durante las 24 horas del día se muestra en las siguientes graficas o figuras.

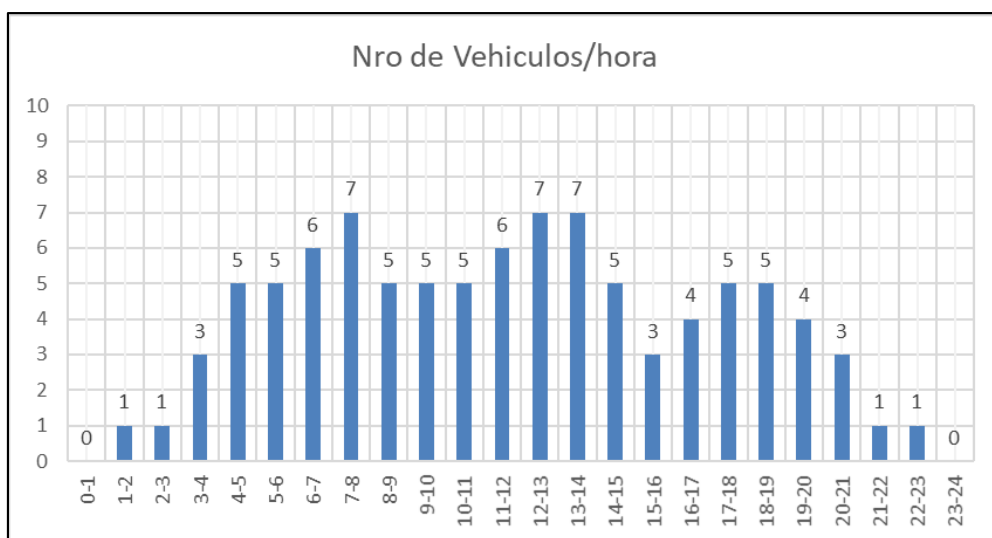


Figura 65. Trafico de un día laborable - jueves

Fuente. Elaboración propia

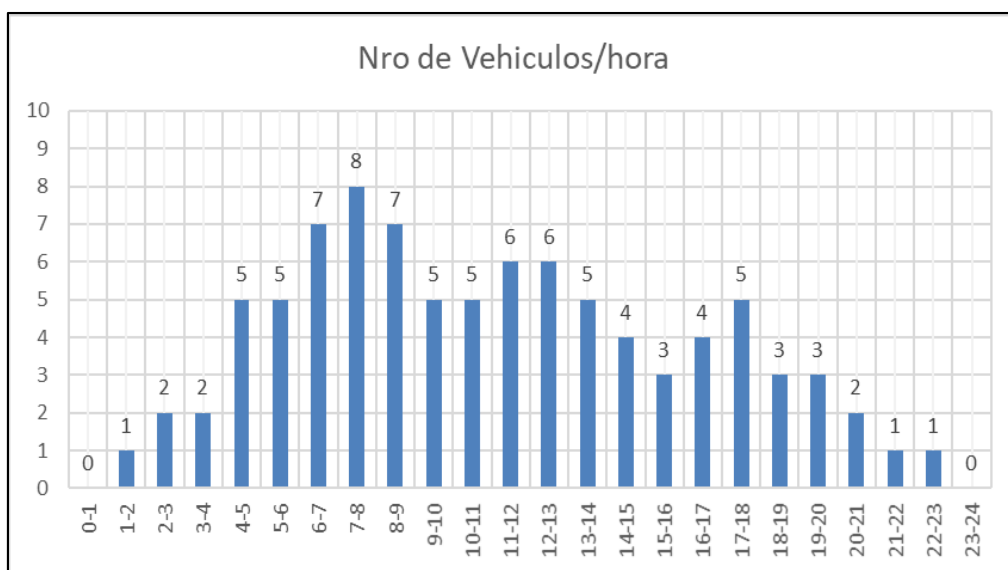


Figura 66. Trafico de un día laborable - viernes

Fuente. Elaboración propia

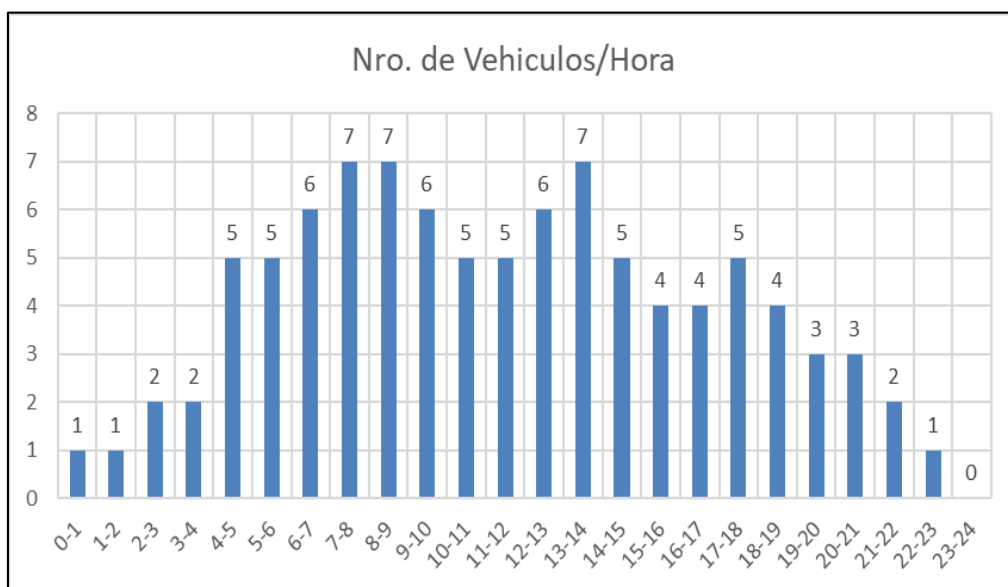


Figura 67. Trafico de un día no laborable - sábado

Fuente. Elaboración propia

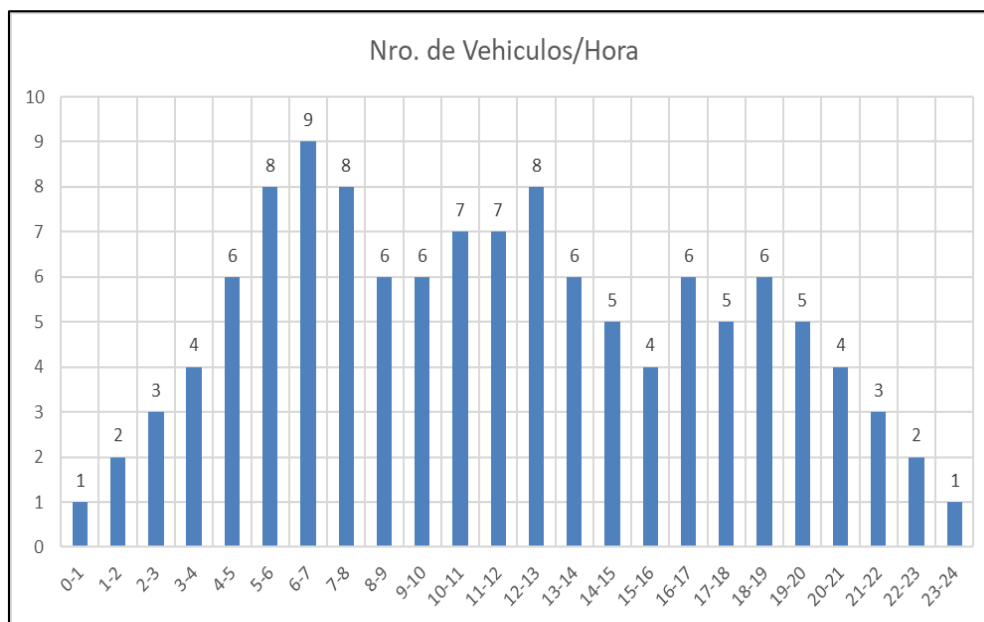


Figura 68. Trafico de un día no laborable domingo

Fuente. Elaboración propia

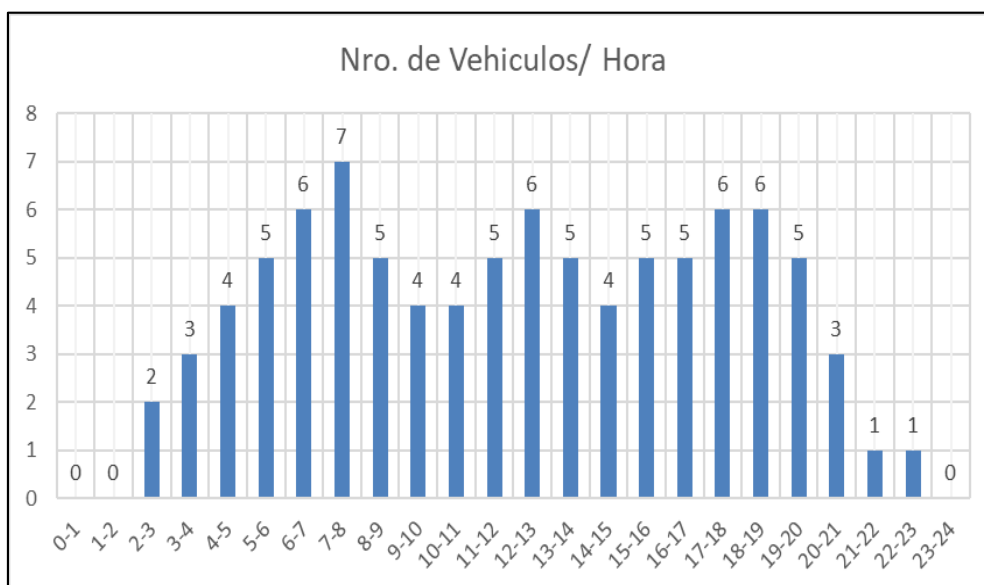


Figura 69. Trafico de un día laborable lunes

Fuente. Elaboración propia

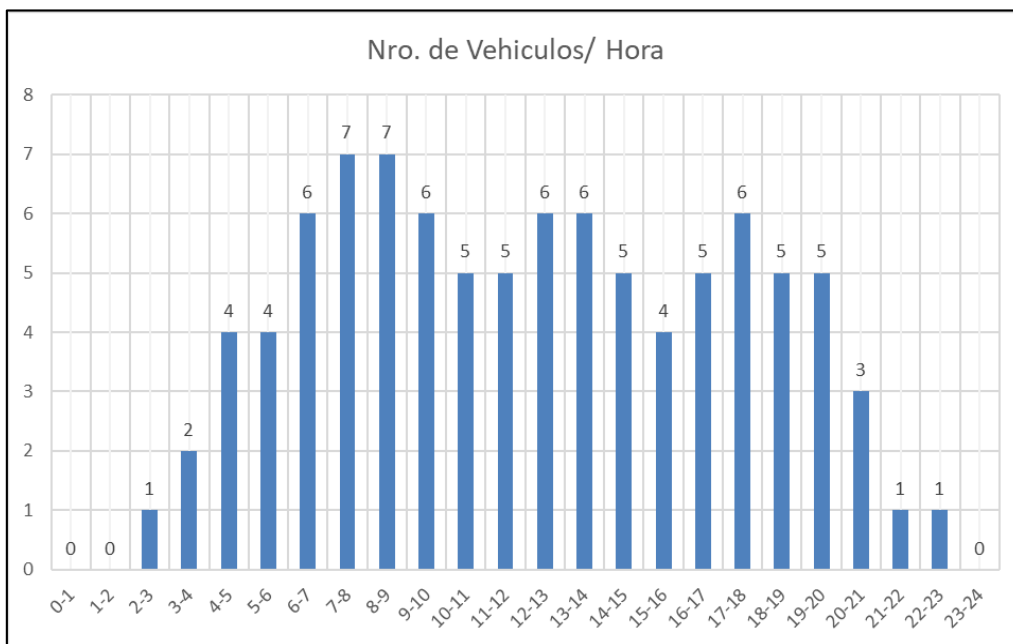


Figura 70. Trafico de un día laborable martes

Fuente. Elaboración propia

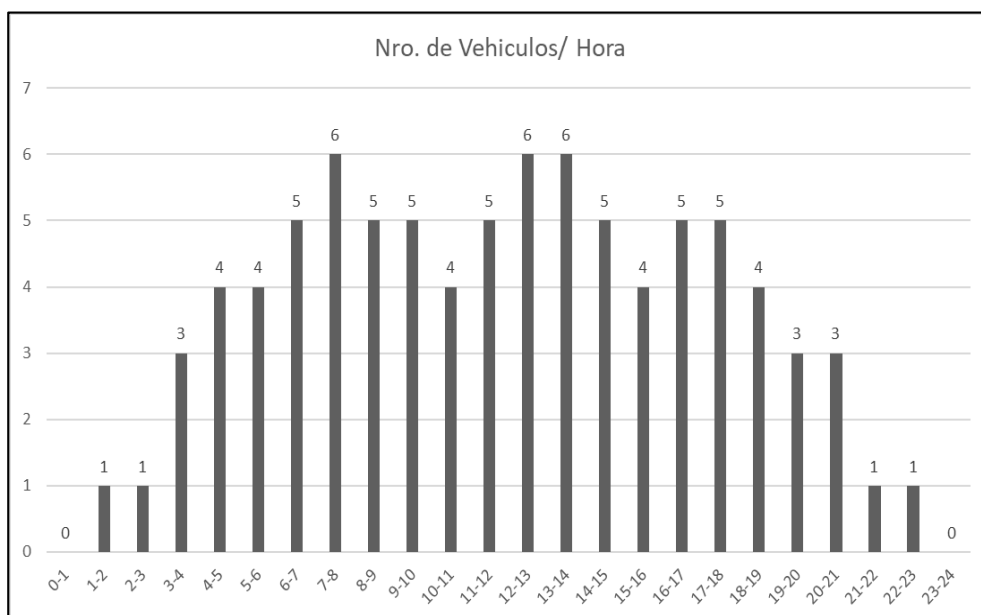


Figura 71. Trafico de un día laborable martes

Fuente. Elaboración propia

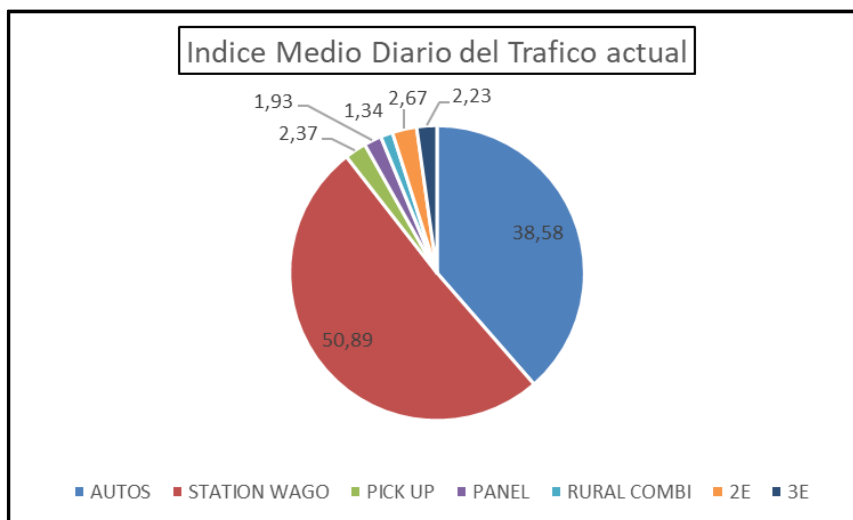


Figura 72. Trafico de un día laborable martes

Fuente. Elaboración propia

4.2.2 Determinación de la carga de Ejes Equivalentes

La determinación de las cargas de tráfico vehicular para el carril de diseño, están expresadas en ESALs, Equivalent Single Axle Loads 18-kip o 80-kN o 8.2 t, que en el Manual de Carreteras DG 2013 se denominan Ejes Equivalentes (EE).

Las expresiones o fórmulas para el cálculo de ejes equivalentes (EE) para pavimentos flexibles recomendados de la Guía AASHTO-93, se muestra en la siguiente tabla

Tabla 17. Relaciones de EE para pavimentos flexibles

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Apéndice D de la Guía AASHTO-93

Para hallar el Factor de crecimiento anual vehicular se ha considera la siguiente expresión:

$$T_n = T_0(1 + r)^{(n-1)}$$

Dónde: T_n = Tránsito proyectado al año en vehículo por día
 T_0 = Tránsito actual (año base) en vehículo por día
 n = año futuro de proyección
 R = tasa anual de crecimiento de tránsito

Con relación a la tasa de crecimiento se ha considerado

$R = 2.1\%$ para vehículos de transporte de personas y

$R = 4.0\%$ para vehículos de transporte de carga

Considerando que en la zona se tiene solo dos carriles proyectados en cada vía y tomando en consideración los datos planteados se tiene los valores de Ejes Equivalentes para los vehículos que se han aforado en el siguiente cuadro.

Tabla 18. ESAL de diseño para el proyecto

I.M.D	%	TIPO DE VEH.	IMD Diseño	NºVehiculo /año	FC	ESAL x Carril	Factor de Crecimiento	ESAL de diseño
91,00	94,79	V liv.<4tn)	45,50	16607,50	0,0041	68,09	24,54	1671,00
3,00	3,13	C2	1,50	547,50	4,5037	2465,75	29,78	73425,31
2,00	2,08	C3	1,00	365,00	3,2846	1198,87	29,78	35700,10
96,00	100		48				ESAL=	110796,41

Fuente: elaboración propia

4.3 Diseño de pavimentos flexibles

El diseño de los pavimentos AASHTO-93 toma en consideración dos parámetros básicos para su diseño:

- Las cargas de tráfico vehicular, que está representado por la carga de Ejes Equivalentes (EE=ESAL).
- Las características de la subrasante, que está representado por el valor del CBR de la subrasante.

- Otras características, como ser las características físico mecánicas de las capas de la estructura del pavimento, sub base granular, base granular y superficie de rodadura.
- Otras características de diseño como ser el periodo de diseño, el Numero estructural, la confiabilidad, la desviación estándar, la serviciabilidad, el clima, entre otros aspectos.

A continuación, se muestra el desarrollo de la memoria de cálculo del diseño de pavimentos flexibles por el método AASHTO-93.

1. Calculo del Esal de Diseño

CALCULO DEL ESAL DE DISEÑO								
TIPO DE VEHICULO	EJE SIMPLE DELANTERO	EJE SIMPLE POSTERIOR			EJE TANDEM		EJE TRIDEM	IMD
		#1	#2	#3	#1	#2		
		PESO	PESO	PESO	PESO	PESO		
Ligeros	1,50	1,60						92
C2	7,00	11,00						3
C3	7,00				18,00			2
	$\left[\frac{P}{6.6}\right]^4$		$\left[\frac{P}{8.2}\right]^4$		$\left[\frac{P}{15}\right]^4$		$\left[\frac{P}{23}\right]^4$	
	EJEMPLO		EJEMPLO		EJEMPLO		EJEMPLO	
REEMPLAZANDO PESOS EN LAS FORMULAS								ESALF
	0,0027	0,0014						0,0041
	1,2654	3,2383						4,5037
	1,2654				2,0192			3,2846
Factor de Crecimiento		(r)	simples	2,10%				
			camión	4,00%				
Periodo de Diseño		(n)	20	Años				
REEMPLAZANDO FACTORES EN LA FORMULA								
$(F)(C) = \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right]$			Para Simple	(F)(C)	24,5408			
			Para Camión	(F)(C)	29,7781			
Factor de distribución direccional	D	0,50	VER DATO					
Factor de distribución de carril	L	1,00	VER TABLA					
ESAL = (1 AÑO) x (D) x (L) x [(G)(Y)] x (IMD) x (ESALF)								
IMD	ESALF	(G)(Y)	ESAL					
92	0,0041	Para Simple	24,5408	1,70E+03				
3	4,5037	Para Camión	29,7781	7,34E+04				
2	3,2846	Para Camión	29,7781	3,57E+04				
				ESAL = 1,11E+05				

Figura 73. Calculo de esal de diseño

Fuente. Elaboración propia

2. Determinación del Mr. De la Sub rasante de diseño

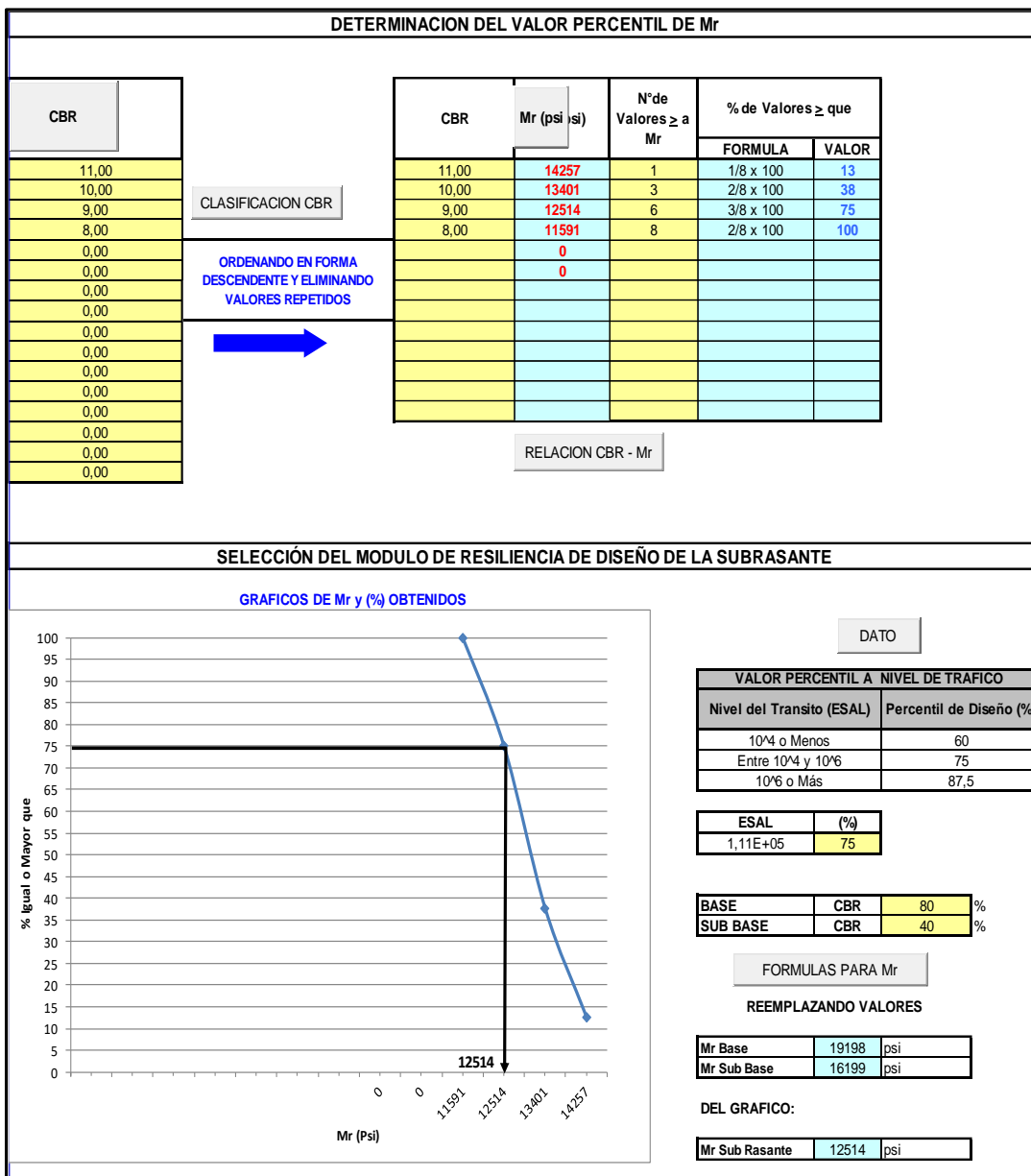


Figura 74. Calculo de módulo de resiliencia

Fuente. Elaboración propia

Como se observa se han considerado algunas características de diseño:

- CBR de Base Granular mínimo 80%
- CBR de Sub Base Granular mínimo 40%
- Percentil de diseño 75% dado que nuestro trafico produce una carga es de 10⁴ a 10⁶ de ejes equivalentes.
- Resultando nuestra Mr. De diseño 12,514 psi.

3. Determinación de factores de diseño

NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	
Clasificación Funcional	Nivel Recomendado por AASHTO para Carreteras
Caretera Interstatal o Autopista	80 - 99,9
Red Principal o Federal	75 - 95
Red Secundaria o Estatal	75 - 95
Red Rural o Local	50 - 80

DESVIACION ESTANDAR (So)	
PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO RIGIDO
0.40 - 0.50	0.35 - 0.45

PERDIDA DE SERVICIABILIDAD	
El cambio de pérdida en la calidad de servicio que la carretera proporciona al usuario, se define en el método con la siguiente ecuación:	
PSI =	Índice de Servicio Presente
ΔPSI =	Diferencia entre los índices de servicio inicial u original y el final o terminal.
Po =	Índice de servicio final (4,5 para pavimentos rígido y 4,2 para flexibles)
Pt =	Índice de servicio termina, para el cual aashto maneja en su versión 1993 valores de 3,0, 2,5 y 2,0, recomendando 2,5 ó 3,0 para caminos principales y 2,0 para secundarios.

R =	95	%
VER TABLA		
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (ZR)		
Zr =	-1,645	
So =	0,45	
Po =	4,20	
Pt =	2,50	
ΔPSI = Po - Pt		
REEMPLAZANDO VALORES		
ΔPSI =	1,70	

Figura 75. Calculo de factores de diseño

Fuente. Elaboración propia

4. Determinación del Numero estructural de diseño

ECUACION BASICA DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

A = B

USO DE FORMULA CON EL PROCEDIMIENTO	
W18	1,11E+05
Zr	-1,645
So	0,45
ΔPSI	1,70
Sub Rasante (Mr)	12514
Numero Estructural (SN)	2,11

ECUACION AASHTO

IGUALDAD	
A =	5,04
B =	5,05

Ecuación AASHTO 93

CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)

Desarrollado por: Luis Ricardo Vázquez Varela, Ingeniero Civil, Manizales, 2004.

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 95 % Zr=-1.645 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial 4.2 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante: Mr 12514 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - f1

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - [Cd]

Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular W18

W18 = 111000

Numero Estructural: SN = 2.11

Observaciones:

[Calcular] [Salir]

Figura 76. Calculo del Numero estructural

Fuente. Elaboración propia

Aplicando la metodología AASHTO-93, con todos los parámetros descritos anteriormente se tiene un SN=2.1

5. Determinación de factores de drenaje

TIPOS DE DRENAJE PARA CAPAS GRANULARES				
CAPACIDAD DEL DRENAJE PARA REMOVER LA HUMEDAD				
CALIDAD DE DRENAJE	AGUA REMOVIDA EN:			
	50% saturación	85% saturación		
Excelente	2 horas	2 horas		
Bueno	1 día	2 a 5 horas		
Regular	1 semana	5 a 10 horas		
Pobre	1 mes	de 10 a 15 horas		
Malo	no drena	mayor a 15 horas		
COEFICIENTES DE DRENAJE PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES				
CALIDAD DEL DRENAJE	P = % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.15 - 1.05	0.80 - 0.60	0.60
Muy Pobre	1.15 - 1.05	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

FACTOR DE DRENAJE	
m2	1,00
m3	1,00

Figura 77. Determinación de factores de drenaje

Fuente. Elaboración propia

6. Determinación de espesores de diseño

TRANSITO (ESAL) EN EJES EQUIVALENTES	CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO	BASES GRANULARES
Menor de 50000	1.0 ó T.S.	4.0
50001 - 150000	2.0	4.0
150001 - 500000	2.0	4.0
500001 - 2000000	3.0	6.0
2000001 - 7000000	3.5	6.0
Mayor a 7000000	4.0	6.0

T.S. = Tratamiento Superficial con Sellos

De acuerdo al ESAL = 1,11E+05		
ASUMENDO VALORES MINIMOS		
Pulgadas		
Carpeta	2,00	D1
Base	4,00	D2

ECUACION PARA OBTENER LOS ESPESORES

SN = a1D1 + a2D2m2 + a3D3m3

a1,a2,a3 Coeficientes de capa representativos de carpeta, base y subbase respectivamente

D1,D2,D3 Espesor de la carpeta, base y subbase respectivamente, en pulgadas.

m2,m3 Coeficientes de drenaje para base y subbase, respectivamente.

a1	0,440	VER TABLA
a2	0,135	VER TABLA
a3	0,110	VER TABLA

$$D_1^* = \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \cong SN_1$$

$$D_1^* = \frac{SN_1 \cdot SN_2^*}{a_1 \cdot m_2}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \cong SN_2$$

$$D_3^* \cong \frac{SN_3 \cdot (SN_1^* + SN_2^*)}{a_2 \cdot m_3}$$

COLOCAR VALORES (D) PARA HALLAR UNA APROXIMACION DE IGUALDAD EN LA ECUACION

DE LA ECUACION PARA OBTENER LOS ESPESORES	
SN	a1D1 + a2D2m2 + a3D3m3
2,11	2,30

D1	0,78
D2	8,00
D3	8,00

Figura 78. Determinación de espesores del pavimento

Fuente. Elaboración propia

7. Estructura del pavimento

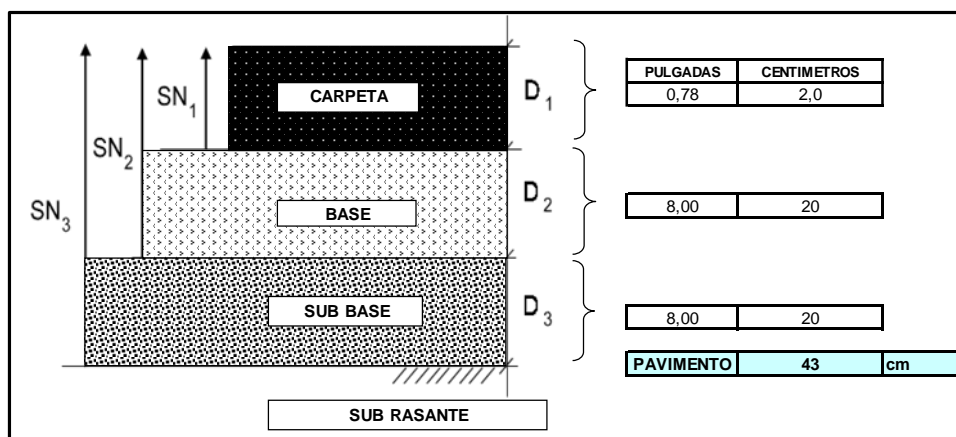


Figura 79. Calculo de la estructura del pavimento

Fuente. Elaboración propia

Como se puede observar se ha considerado una superficie de rodadura de 2 cm de mortero asfáltico, dado que las vías tienen aún poco tráfico o son vías de bajo volumen de tránsito. Con relación a la base granular y sub base granular se ha considera de igual espesor.

CAPÍTULO V:

5 DISCUSIÓN

De acuerdo con el objetivo de la tesis es realizar el estudio geotécnico de suelos para diseño de pavimentos flexibles en las vías de Alto Tacna, distrito Alto Alianza, provincia y región de Tacna, cuyas caracterización física y mecánica de los suelos permitirán determinar los parámetros necesarios para diseñar la estructura del pavimento.

Como es de conocimiento la variable del suelo de fundación estará siempre ahí presente, mientras que el tráfico será una condición variable en el tiempo con tendencia al crecimiento del parque automotor y dependiendo del crecimiento económico de las familias asentadas en la zona del proyecto.

De acuerdo a los resultados obtenidos del suelo de fundación, estos suelos son de regulares a malos para estructuras de pavimentos flexibles, así mismo dada la poca cantidad de tránsito vehicular, se ha diseñado una estructura de pavimento flexible para vías de poco volumen de tránsito, considerando en la superficie de rodadura un mortero asfáltico de 2 cm de espesor, con bases y sub bases granulares de 20 cm de espesor sin embargo, dependerá mejorar la estructura de pavimento en función del crecimiento del parque automotor. Es espesor total es como sigue:

- Mortero asfáltico 2 cm
- Base granular 20 cm.
- Sub Base Granular 20 cm
- Total de estructura 42 cm

Algunos autores consideran como carga de tráfico no solo el factor de crecimiento vehicular, sino consideran otros aspectos como ser el tráfico desviado y el tráfico generado que vienen a ser tráfico que no se consideran en el factor de crecimiento, si consideramos que dada las mejoras que tendrán las vías del proyecto, esto provocaría que se genere mayor tráfico y asumiendo un tráfico generado y desviado del 40% en periodo no menor a 10 años ni mayor a 20 años se tendrá un nuevo planteamiento del diseño de pavimentos, sin cambiar las condiciones geotécnicas del suelo.

Considerando el tráfico Generado y desviado en un horizonte de proyecto para 20 años, la carga del tráfico sería la mostrada en el siguiente cuadro.

Tabla 19. ESAL de tráfico Generado y desviado

VEHICULO	IMD (20años)	%	IMD Diseño	N°Vehiculo/año	FC	ESAL x Carril	Factor de	ESAL de diseño
AUTOS	44	33	22	8030	0.0041	33	24.54	808
STATION WAGON	53	39	27	9673	0.0041	40	24.54	973
PICK UP	4	3	2	730	0.0041	3	29.78	89
PANEL	3	2	2	548	0.0041	2	29.78	67
RURAL COMBI	2	1	1	365	0.0041	1	24.54	37
MINIBUS	8	6	4	1460	0.0280	41	24.54	1003
2E	10	7	5	1825	4.5037	8219	29.78	244751
3E	8	6	4	1460	3.2846	4795	29.78	142800
T2S3	3	2	2	548	5.3300	2918	29.78	86898
TOTALES	135	100	68					477426

Fuente: elaboración propia

Con esta nueva carga de tráfico y con las mismas características geotécnicas del suelo de fundación se tendrá la siguiente estructura de pavimento flexible para la zona de estudio.

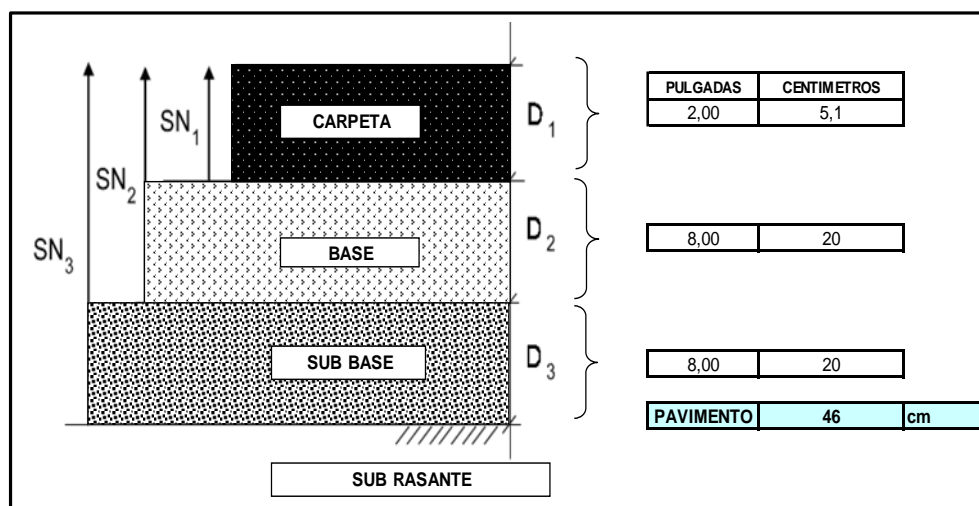


Figura 80. Estructura de pavimento con tráfico generado y desviado

Fuente Elaboración Propia

Como se puede observar se mantiene los espesores de la base y de la sub base granular, pero se modifica el espesor de la superficie de rodadura hacia un espesor 2" (5 cm) de carpeta asfáltica en caliente.

Por otro lado, la zona de estudio tiene vías de distintas secciones, según el plano catastral del distrito alto alianza. En la siguiente figura se muestra el plano catastral de la zona de estudio.

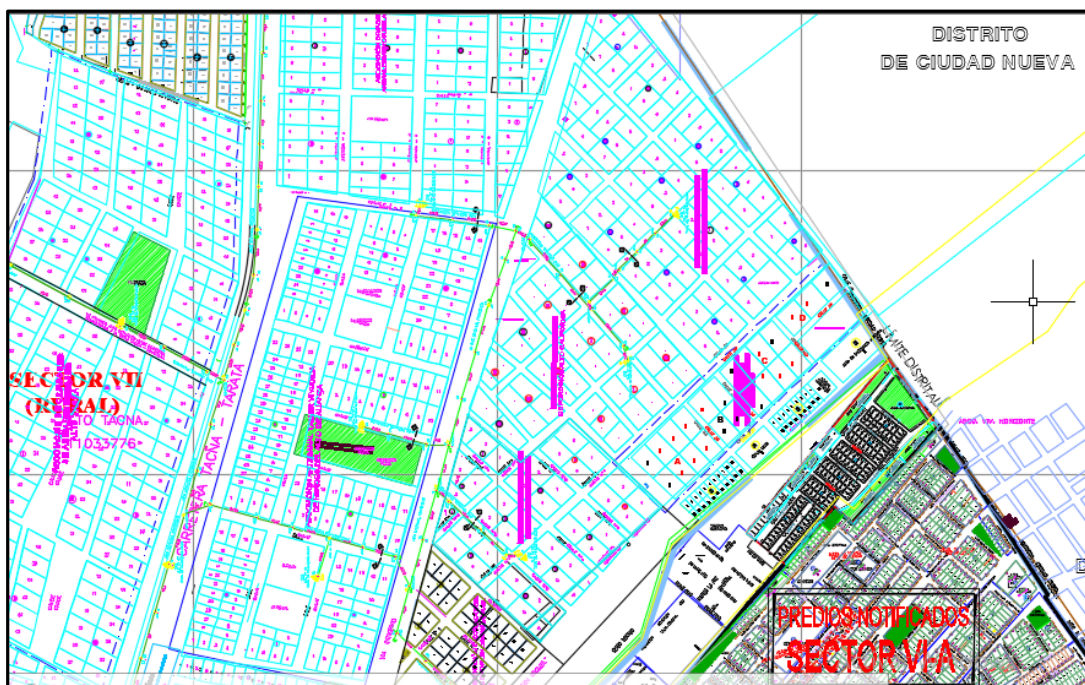


Figura 81. Vías de la zona de proyecto

Fuente Elaboración Propia

Planteando calzadas de dos carriles se tendría las siguientes características geométricas y técnicas y tipos de secciones viales:

- Ancho de la superficie de rodadura : 6.00 - 7.20 m
- Ancho de la berma : Variable.
- Ancho de vereda : Variable.
- Tipo de Pavimento : Flexible- mortero - Asfalto en Caliente
- Velocidad directriz : 30-45 Km/hora
- Número de carriles : 1 y 2 por sentido

Se plantea tres secciones típicas para las vías de la zona de estudio

a. Una sección vial conformada por dos carriles en una sola calzada

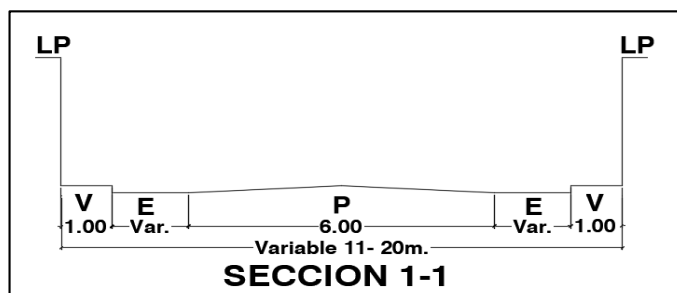


Figura 82. Vías con tipo de sección 1-1

Fuente Elaboración Propia

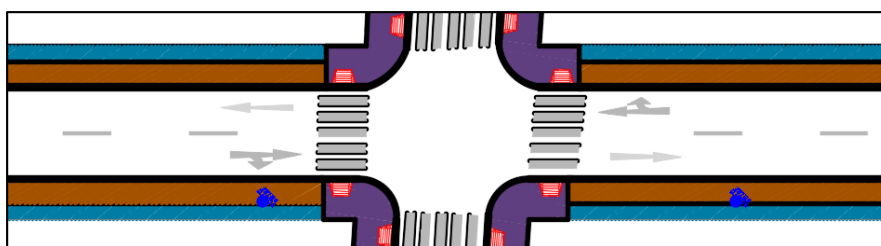


Figura 83. Planteamiento de tipo de sección 1-1

Fuente Elaboración Propia

b. Una sección vial conformada por cuatro carriles en dos calzadas separadas por una berma central.

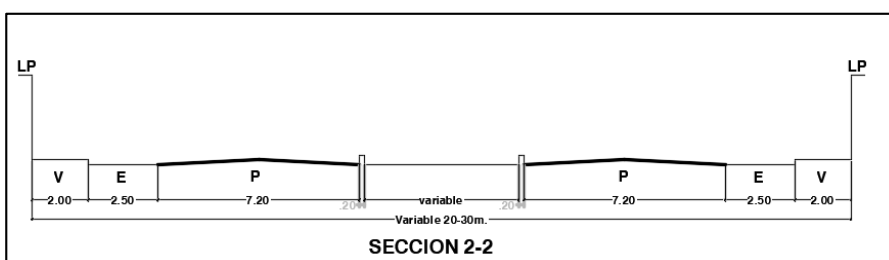


Figura 84. Vías con tipo de sección 2-2

Fuente Elaboración Propia

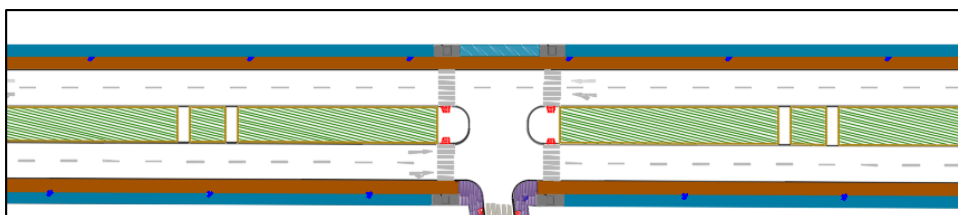


Figura 85. Planteamiento de tipo de sección 2-2

Fuente Elaboración Propia

- c. Una sección vial conformada por cuatro carriles en dos calzadas separada por una alameda central

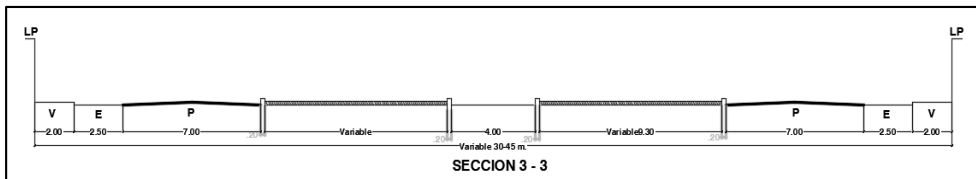


Figura 86. Vías con tipo de sección 3-3
Fuente Elaboración Propia

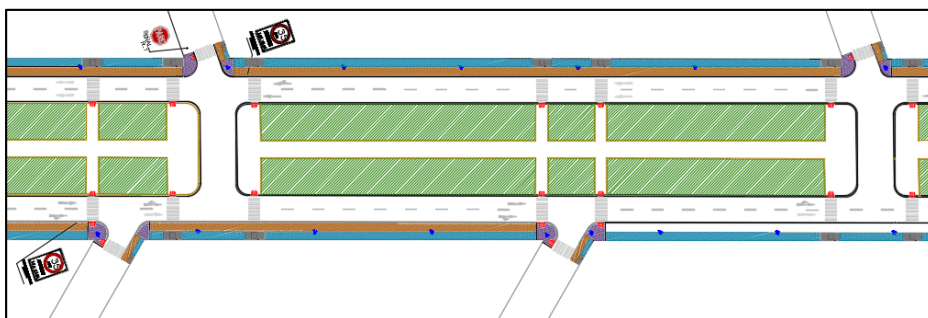


Figura 87. Planteamiento de tipo de sección 3-3
Fuente Elaboración Propia

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1. El diseño de pavimentos flexibles mediante el método AASHTO-93, se ha tomado en consideración dos parámetros básicos para su diseño, las cargas de tráfico vehicular y las características del material de la subrasante. Además, se han considerado las características, de las capas de sub base granular, base granular y superficie de rodadura, el periodo de diseño, el Numero estructural, la confiabilidad, la desviación estándar, la serviciabilidad, el clima, entre otros aspectos. El resultado obtenido es de una estructura de pavimento para vías de bajo volumen de tránsito, siendo el resultado de 42 cm de espesor, con bases y sub bases granulares de 20 cm de espesor y superficie de rodadura de 2 cm con mortero asfáltico.
2. Mediante el estudio de tráfico se ha determinado el Índice Medio Diario (IMD) considerando el tráfico existente a una semana, en la actualidad las vías de la zona de estudio son trochas carrozables y tienen diferentes secciones viales, sin embargo, solo algunas tienen mayor flujo ya que son vías de acceso a nivel de lastrado. Según el conteo vehicular el IMDs es de 96 veh/día, el mayor tráfico presenta los vehículos livianos en comparación a los vehículos pesados, hay mayor presencia de vehículos los fines de semana especialmente los días domingos, esto se debe a que es un día en el cual las familias y propietarios se reúnen en sus asociaciones y otros van a ver sus propiedades, además se ha considerado las vías con dos carriles y tomando en consideración los datos planteados se ha obtenido una carga de Ejes Equivalentes de $1.1E05$ para el carril de diseño.
3. Los resultados de los estudios geotécnicos de los suelos de la sub rasante en la zona de estudio tienen una clasificación de suelos de arena limosa SM (SUCS), y una clasificación AASHTO de A-2-4 (0), que representa una sub rasante regular, con un índice de grupo de cero (0), sin plasticidad, la granulometría presenta una gradación arenosa limosa cuya coloración es de rosado a marrón, siendo su porcentaje pasante en la malla Nro. 200 de 15 a 20%. Con relación a

la densidad máxima seca es de baja densidad, así como el valor del CBR tiene una baja capacidad portante de regular a malo, los valores de CBR han sido determinados para 0.1" y para 0.2" de penetración y al 95% de la Máxima densidad seca.

4. Se ha determinado una estructura de pavimento para tráfico generado y desviado, que vienen a ser tráficos que no se consideran en el factor de crecimiento vehicular, si consideramos que dada las mejoras que tendrías las vías del proyecto, esto provocaría que se genere mayor tráfico y asumiendo un tráfico generado y desviado del 40% en periodo no menor a 10 años ni mayor a 20 años se tendrían un nuevo planteamiento del diseño de pavimentos, sin cambiar las condiciones geotécnicas del suelo el resultado obtenido es de una estructura de pavimento de 46 cm de espesor, con bases y sub bases granulares de 20 cm de espesor y superficie de rodadura de 6 cm con Carpeta asfáltica en caliente.

6.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los futuros tesisistas de las universidades de la región de Tacna, dedicadas a la investigación y estudio de suelos puedan ampliar los estudios en otras zonas aledañas, toda vez que la expansión urbana en esta zona abarca a otros distritos, y poder consolidar la información geotécnica para el diseño de pavimentos.
2. Se recomienda a las autoridades de la Municipalidad distrital Alto de la Alianza tener presente el estudio de la presente investigación a fin de que puedan ser utilizados como parte del desarrollo del proyecto de pavimentación de vías en la zona del alto Tacna.
3. Se recomienda a los poseionarios y propietarios de las distintas asociaciones asentadas en la zona del proyecto a tomar en consideración el presente estudio para generar sus proyectos de pavimentación de las vías principales y secundarias, así mismo realizar aportes con la producción de la actividad que desarrollan para considerar el tráfico pesado

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AASHTO. (1993). *American Association of State Highway and Transportation Officials "Guide for Design of Pavement Structures"*. Washington USA.
- Benites, Y. (2001). *Evaluación del diseño estructural de pavimentos de calles urbanas (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Chávez, V. (2005). *Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas - VCHI*. Lima, Perú: VCHI S.A.
- Escobar, L., & Huincho, J. (2017). *Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro de pavimento en Santa Rosa (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.
- Fontalba, E. (2015). *Diseño de un pavimento alternativo para la avenida Circunvalación Sector Guacamayo 1° Etapa (Tesis de pregrado)*. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- INDECI. (2004). *Proyecto INDECI – PNUD PER/02/051, Ciudades sostenibles Vol I y Vol II. Mapa de peligros de la Ciudad de Tacna*. Tacna-Peru: INDECI-PNUD.
- Isidro, A., & Cañi, A. (2017). *Determinación de las propiedades físicas - mecánicas del suelo de la zona de Piedra Blanca - Asociación El Centinela, Distrito de Calana, Departamento de Tacna. (Tesis de pregrado)*. Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.
- Menéndez, J. (2009). *Ingeniería de Pavimentos*. Lima, Perú: Fondo Editorial ICG.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC. (2013). *Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC. (2014). *Manual de carreteras: Diseño geométrico*. Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC. (2016). *Manual de Ensayo de Material EM - 2016*. Perú.
- MTC. (2008). *Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. Perú.
- Ochoa, M. (2014). *Estudio Geotécnico de Suelos para Diseñar la Estructura del Pavimento en la Carretera Ticaco - Candarave, Tramo Aricota - Quillahuani (km 146+500 - km 151+500) (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú.
- Poveda, M., Bernal, F., & Marín, A. (2014). *Diseño de un pavimento para la estructura vial, de la vía conocida como "El kilómetro 19", desde el K2+000*

al K2+500, que comunica a los municipios de Chipaque - Une, en el departamento de Cundinamarca (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.

Ramos, J. (2019). *Mecánica de suelos aplicada al diseño de estructura de pavimento para el mejoramiento de la transitabilidad en vías urbanas (Tesis de pregrado).* Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú.

Sierra, A. (2017). *Propuesta para el diseño de la estructura del pavimento de la vía Puente de Piedra - Colón - Variante Madrid, Cundimarca (Tesis de pregrado).* Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.

Zuñiga, O. (2018). *Diseño de la estructura de pavimento flexible de las calles comprendidas dentro del perímetro de Ca. VRHT, Ca. Las Paz, Ca. Pachacutec y Av. Gran Chimú del Distrito de la Victoria - Chiclayo - Lambayeque.* Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.

7 ANEXOS

1. Matriz de consistencia
2. Perfiles estratigráficos
3. Ensayos de Humedad
4. Ensayos de límites de consistencia
5. Ensayos de Compactación

Ensayo Humedad Natural Calicata 01 y 02

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL			
NORMA ASTM D 2216			
TESIS	:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"		
ALUMNOS	: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA		
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACION		
FECHA	: Nov. 2019		
CALICATA 01			
MUESTRA N°		1	2
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0,0	0,0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	594,6	655,3
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	586,3	646,7
Peso del Agua	gr.	8,3	8,6
Peso de la muestra seca neta	gr.	586,3	646,7
Porcentaje de humedad	%	1,42	1,33
Promedio	%	1,37	
CALICATA 02			
MUESTRA N°		1	2
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0,0	0,0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	639,6	722,9
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	631,9	714,6
Peso del Agua	gr.	7,7	8,3
Peso de la muestra seca neta	gr.	631,9	714,6
Porcentaje de humedad	%	1,22	1,16
Promedio	%	1,19	

Ensayo Humedad Natural Calicata 03 y 04

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL			
NORMA ASTM D 2216			
TESIS	:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"		
ALUMNOS	: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA		
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACION		
FECHA	: Nov. 2019		
CALICATA 03			
MUESTRA N°		1	2
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0,0	0,0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	635,9	602,8
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	627,1	594,1
Peso del Agua	gr.	8,8	8,7
Peso de la muestra seca neta	gr.	627,1	594,1
Porcentaje de humedad	%	1,40	1,46
Promedio	%	1,43	
CALICATA 04			
MUESTRA N°		1	2
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0,0	0,0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	658,3	701,5
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	650,4	692,7
Peso del Agua	gr.	7,9	8,8
Peso de la muestra seca neta	gr.	650,4	692,7
Porcentaje de humedad	%	1,21	1,27
Promedio	%	1,24	

Ensayo Humedad Natural Calicata 05 y 06

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL			
NORMA ASTM D 2216			
TESIS	:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"		
ALUMNOS	: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA		
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACION		
FECHA	: Nov. 2019		
CALICATA 05			
MUESTRA N°		1	2
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	62,2	65,8
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	502,0	512,0
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	494,9	504,9
Peso del Agua	gr.	7,1	7,1
Peso de la muestra seca neta	gr.	432,7	439,1
Porcentaje de humedad	%	1,64	1,62
Promedio	%	1,63	
CALICATA 06			
MUESTRA N°		1	2
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	100,0	104,0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	485,6	544,2
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	479,3	537,1
Peso del Agua	gr.	6,3	7,1
Peso de la muestra seca neta	gr.	379,3	433,1
Porcentaje de humedad	%	1,66	1,64
Promedio	%	1,65	

Ensayo Humedad Natural Calicata 07 y 08

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL			
NORMA ASTM D 2216			
TESIS	:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"		
ALUMNOS	: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA		
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACION		
FECHA	: Nov. 2019		
CALICATA 07			
MUESTRA N°		1	2
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	79,0	61,0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	276,0	366,0
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	269,3	360,5
Peso del Agua	gr.	6,7	5,5
Peso de la muestra seca neta	gr.	190,3	299,5
Porcentaje de humedad	%	3,52	1,84
Promedio	%	2,68	
CALICATA 08			
MUESTRA N°		1	2
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	51,0	64,0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	319,0	356,0
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	314,0	352,0
Peso del Agua	gr.	5,0	4,0
Peso de la muestra seca neta	gr.	263,0	288,0
Porcentaje de humedad	%	1,90	1,39
Promedio	%	1,65	

Ensayo de Plasticidad Calicata 01

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD							
ASTM D-4318							
TESIS	:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"						
UBICACIÓN	: DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.						
ALUMNOS	: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI					CALICATA	: C-01
	: BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA					ESTRATO	: 01
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACION					PROFUNDIDAD	: -1.50 m.
FECHA	: Nov. 2019						
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
N° DE ENSAYOS		01	02	03			
N° DE GOLPES		8	12	21			
N° DE TARA		T-1	T-2	T-3			
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA	gr.	33,20	32,40	34,50			
PESO DEL SUELO SECO + TARA	gr.	30,01	29,10	31,00			
PESO DE LA TARA	gr.	14,60	12,40	10,80			
PESO DEL AGUA	gr.	3,19	3,30	3,50			
PESO DEL SUELO SECO	gr.	15,41	16,70	20,20			
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	20,70	19,76	17,33			
LL :	16,9 %	LP :	N.P. %	IP :	N.P. %		
NOTA: La muestra no presenta limite plastico N.P.= No Plastico							

Ensayo de Plasticidad Calicata 02

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD							
ASTM D-4318							
TESIS	:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"						
UBICACIÓN	: DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.						
ALUMNOS	: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI				CALICATA	: C-02	
	: BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA				ESTRATO	: 01	
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACION				PROFUNDIDAD	: -1.50 m.	
FECHA	: Nov. 2019						
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
N° DE ENSAYOS		01	02	03			
N° DE GOLPES		5	13	18			
N° DE TARA		T-1	T-2	T-3			
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA	gr.	33,40	43,60	40,60			
PESO DEL SUELO SECO + TARA	gr.	29,50	38,60	36,20			
PESO DE LA TARA	gr.	12,60	13,50	11,80			
PESO DEL AGUA	gr.	3,90	5,00	4,40			
PESO DEL SUELO SECO	gr.	16,90	25,10	24,40			
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	23,08	19,92	18,03			
LL :	17 %	LP :	N.P. %	IP :	N.P. %		
<p>The chart displays the relationship between the number of blows (x-axis, logarithmic scale from 1 to 100) and the moisture content in percent (y-axis, linear scale from 13.0 to 24.0). A red line represents the best fit through the data points. A horizontal blue line indicates the Liquid Limit (LL) at 17.0%, and a vertical blue line indicates the number of blows (25) used for the LL determination. The Plastic Limit (LP) is noted as N.P. (No Plastic).</p>							
NOTA: La muestra no presenta limite plastico							
N.P.= No Plastico							

Ensayo de Plasticidad Calicata 03

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD			
ASTM D-4318			
TESIS	:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"		
UBICACIÓN	: DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.		
ALUMNOS	: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI		
	: BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA		CALICATA : C-03
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACION		ESTRATO : 01
FECHA	: Nov.2019		PROFUNDIDAD : -1.50 m.
LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO	
N° DE ENSAYOS			
N° DE GOLPES			
N° DE TARA			
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA	gr.		
PESO DEL SUELO SECO + TARA	gr.		
PESO DE LA TARA	gr.		
PESO DEL AGUA	gr.		
PESO DEL SUELO SECO	gr.		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		
LL :	NP. %	LP :	N.P. %
		IP :	N.P. %

NUMERO DE GOLPES

NOTA: La muestra no presenta limite plastico			
N.P.= No Plastico			

Ensayo de Plasticidad Calicata 04

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD						
ASTM D-4318						
TESIS	:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"					
UBICACIÓN	: DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.					
ALUMNOS	: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI			CALICATA	: C-04	
	: BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA			ESTRATO	: 01	
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACION			PROFUNDIDAD	: -1.50 m.	
FECHA	: Nov. 2019					
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
N° DE ENSAYOS	/			/		
N° DE GOLPES						
N° DE TARA						
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA						gr.
PESO DEL SUELO SECO + TARA						gr.
PESO DE LA TARA						gr.
PESO DEL AGUA						gr.
PESO DEL SUELO SECO						gr.
CONTENIDO DE HUMEDAD						%
LL :						NP. %
NOTA: La muestra no presenta limite plastico N.P.= No Plastico						

Ensayo de Plasticidad Calicata 05

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD							
ASTM D-4318							
TESIS	:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"						
UBICACIÓN	: DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.						
ALUMNOS	: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI				CALICATA	: C-05	
	: BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA				ESTRATO	: 01	
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACION				PROFUNDIDAD	: -1.50 m.	
FECHA	: Nov. 2019						
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
N° DE ENSAYOS		01	02	03	04		
N° DE GOLPES		9	13	14	28		
N° DE TARA		T-1	T-2	T-3	T-4		
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA	gr.	9,89	9,87	10,80	7,41		
PESO DEL SUELO SECO + TARA	gr.	8,23	8,23	9,05	6,34		
PESO DE LA TARA	gr.	0,30	0,31	0,30	0,30		
PESO DEL AGUA	gr.	1,66	1,64	1,75	1,07		
PESO DEL SUELO SECO	gr.	7,93	7,92	8,75	6,04		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	20,93	20,71	20,00	17,72		
LL :	18,25 %	LP :	N.P. %	IP :	N.P. %		
NOTA: La muestra no presenta limite plastico							
N.P.= No Plastico							

Ensayo de Plasticidad Calicata 06

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD			
ASTM D-4318			
TESIS	:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"		
UBICACIÓN	: DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.		
ALUMNOS	: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI		
	: BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA		CALICATA : C-06
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACION		ESTRATO : 01
FECHA	: Nov. 2019		PROFUNDIDAD : -1.50 m.
LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO	
N° DE ENSAYOS			
N° DE GOLPES			
N° DE TARA			
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA	gr.		
PESO DEL SUELO SECO + TARA	gr.		
PESO DE LA TARA	gr.		
PESO DEL AGUA	gr.		
PESO DEL SUELO SECO	gr.		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		
LL :	NP. %	LP :	N.P. %
		IP :	N.P. %

NUMERO DE GOLPES

NOTA: La muestra no presenta limite plastico	
N.P.= No Plastico	

Ensayo de Plasticidad Calicata 07

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD							
ASTM D-4318							
TESIS	:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"						
UBICACIÓN	: DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.						
ALUMNOS	: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI				CALICATA	: C-07	
	: BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA				ESTRATO	: 01	
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACION				PROFUNDIDAD	: -1.50 m.	
FECHA	: Nov. 2019						
LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
N° DE ENSAYOS		01	02	03			
N° DE GOLPES		12	16	26			
N° DE TARA		T-1	T-2	T-3			
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA	gr.	33,40	29,60	30,70			
PESO DEL SUELO SECO + TARA	gr.	29,90	27,00	28,40			
PESO DE LA TARA	gr.	12,50	13,20	14,20			
PESO DEL AGUA	gr.	3,50	2,60	2,30			
PESO DEL SUELO SECO	gr.	17,40	13,80	14,20			
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	20,11	18,84	16,20			
LL :	16,5 %	LP :	N.P. %	IP :	N.P. %		

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

NUMERO DE GOLPES

NOTA: La muestra no presenta limite plastico
N.P.= No Plastico

Ensayo de Plasticidad Calicata 08

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO - INDICE DE PLASTICIDAD			
ASTM D-4318			
TESIS	:"ESTUDIO GEOTECNICO DE LA SUB RASANTE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES EN LAS VIAS DE ALTO TACNA, DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2019"		
UBICACIÓN	: DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA TACNA - TACNA.		
ALUMNOS	: BACH. GIANCARLO OSNAR, MAMANI ROMANI		
	: BACH. RAUL CESAR, RAMOS VILCA		CALICATA : C-08
MUESTRA	: SUELO DE FUNDACION		ESTRATO : 01
FECHA	: Nov. 2019		PROFUNDIDAD : -1.50 m.
LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO	
N° DE ENSAYOS			
N° DE GOLPES			
N° DE TARA			
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA	gr.		
PESO DEL SUELO SECO + TARA	gr.		
PESO DE LA TARA	gr.		
PESO DEL AGUA	gr.		
PESO DEL SUELO SECO	gr.		
CONTENIDO DE HUMEDAD	%		
LL :	NP. %	LP :	N.P. %
		IP :	N.P. %

NOTA: La muestra no presenta limite plastico	
N.P.= No Plastico	

