

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Determinación de la ecuación de correlación entre el PDC Y
CBR con muestra inalterada, en suelos a nivel de subrasante en
el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos, región Junín.**

Autor:

Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

Asesor:

Mg. Leonel Chahuares Paucar

Lima, mayo de 2020

ANEXO 07 DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL INFORME DE TESIS

Mg. Leonel Chahuares Paucar, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***"Determinación de la ecuación de correlación entre el PDC Y CBR con muestra inalterada, en suelos a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos, región Junín."*** constituye la memoria que presenta el **Bachiller Axel Yohann Montes Mondalgo** para aspirar al título de Profesional de Ingeniero Civil ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en *Lima*, a los 28 días de Mayo del año 2020.



Mg. Leonel Chahuares Paucar
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....28.... día(s) del mes de.....mayo.....del año 2020..... siendo las....17:00.....horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing Roberto Roland Yoctún Rios..... el secretario..... Ing Ferrer Canaza Rojas..... y los demás miembros:..... Ing. Reymundo Jaulis Palomino..... y el asesor...Mg Leonel Chahuares Paucar..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: ...” Determinación de la ecuación de correlación entre el PDC y CBR con muestra inalterada, en suelos a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas – Los Olivos, región Junín”.

.....de el(los)/la(las) bachiller/es: a).....**AXEL YOHANN MONTES MONDALGO.....**

.....b)

.....conducente a la obtención del título profesional de

..... **. INGENIERO CIVIL.....**

(Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a):... **AXEL YOHANN MONTES MONDALGO**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	DIECISIETE	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

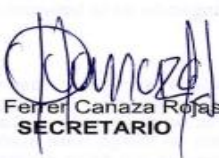
Candidato (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente			
Ing. Roberto Roland Yoctún Rios			
Asesor		Miembro	Miembro
Mg. Leonel Chahuares Paucar		Ing. Reymundo Jaulis Palomino	
Candidato/a (a)			Candidato/a (b)


 Ing. Ferrer Canaza Rojas
SECRETARIO

DEDICATORIA

A Dios, mis padres,
hermanas, tíos, abuelo y
amigos.

A mi abuelita Daria, que
descansa en paz.

A mi hermano Cesar,
gracias por apoyar mis
ideas y jamás perder la
confianza en mí.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, gracias por la vida y sabiduría para terminar este proyecto.

A la Universidad Peruana Unión y plana docente, por enseñarme a estudiar para vivir.

A Mis padres y amigos por su apoyo incondicional en este proceso.

A mi hermano César por sus recomendaciones para desarrollar esta investigación.

A la municipalidad de Río Tambo, en especial a Olapf por brindarme las facilidades para desarrollar el presente trabajo de investigación.

Índice de contenidos

Capítulo I. Planteamiento del Problema	1
1.1. Descripción de la realidad problemática	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Justificación	3
1.4. Presuposición filosófica	5
1.5. Limitaciones de la investigación	6
Capítulo II. Marco teórico	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.2. Bases teóricas	12
2.3. Definición de términos básicos	50
Capítulo III. Materiales y Métodos	52
3.1. Hipótesis	52
3.2. Variables	52
3.3. Enfoque de la investigación	54
3.4. Tipo de investigación	54
3.5. Diseño de la Investigación	54
3.6. Método de investigación	54
3.7. Población y Muestra	55
3.8. Descripción del lugar	57

3.9. Metodología	61
3.10. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	63
3.11. Método estadístico	83
Capítulo IV. Resultados y Discusión	96
4.1. Resultados Observados	96
4.2. Ecuación de la regresión lineal potencial para determinar el CBR de suelos mediante el PDC.	100
4.3. Ecuación de la regresión lineal múltiple para determinar el CBR de suelos mediante el PDC, densidad del suelo y contenido de humedad.	100
4.4. Comparación de la ecuación de regresión lineal potencial con ecuación ASTM D 6951-3.	101
4.5. Comparación de la ecuación de regresión lineal múltiple con ecuación ASTM D 6951-3.	102
4.6. Comparación de la ecuación de regresión lineal potencial respecto a otros autores	106
4.7. Prueba de Hipótesis para la regresión lineal potencial para determinar el CBR de suelos mediante el PDC.	107
4.8. Prueba de Hipótesis para la regresión lineal múltiple para determinar el CBR de suelos mediante el PDC, densidad de campo y contenido de humedad.	108
Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones	111
5.1. Conclusiones	111
5.2. Recomendaciones	114
Referencias	115

Índice de Tablas

Tabla 1:Número de calicatas para exploración de suelos.	14
Tabla 2:Número de ensayos Mr y CBR.	15
Tabla 3:Categorías de subrasante.	16
Tabla 4:Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO.	19
Tabla 5:Sistema de clasificación SUCS.	22
Tabla 6. intervalos de densidad natural del suelo.	30
Tabla 7. Intervalos del OCH.	31
Tabla 8:Relación de carga unitaria patrón con penetración.	32
Tabla 9:Correlacion tabular entre el CBR y el índice PDC.	38
Tabla 10: Correlación entre el CBR y el índice de PDC	40
Tabla 11. Intervalos del valor de r.	45
Tabla 12. Anova para la significancia del modelo de regresión lineal múltiple.	47
Tabla 13:Coordenadas UTM de los puntos de exploración del estudio.	56
Tabla 14. Resultados de los ensayos de campo y laboratorio para suelos finos.	84
Tabla 15.Resumen prueba de normalidad Shapiro Wilks.	86
Tabla 16.Prueba de Significancia ANOVA para la regresión lineal potencial.	89
Tabla 17.Coefficientes de la regresión lineal potencial.	90
Tabla 18.Resumen del modelo de regresión lineal potencial.	91
Tabla 19.Prueba de Significancia ANOVA para la regresión lineal múltiple.	93
Tabla 20.Coefficientes de la regresión lineal potencial.	94
Tabla 21.Resumen del modelo de regresión lineal potencial.	95
Tabla 22. Resultados de los estudios de campo y laboratorio.	96
Tabla 23. Intervalos de densidad natural del suelo.	97
Tabla 24. Comparación entre la ecuación de R.L. Potencial y la ecuación ASTM D6951-3	101
Tabla 25.Comparación entre la ecuación de R.L. Múltiple y la ecuación ASTM D6951-3	103
Tabla 26. Prueba T Student para la R.L. Potencial y CBR con muestra inalterada.	107
Tabla 27.Prueba T Student para la R.L. múltiple y CBR con muestra inalterada.	109

Índice de figuras

Figura 1: Estructura del pavimento mostrando subrasante.	13
Figura 2: Curva granulométrica	17
Figura 3: Curva granulométrica	18
Figura 4: Rangos de clasificación según AASHTO.	20
Figura 5: Índice de grupo.	20
Figura 6: Carta de plasticidad.	23
Figura 7: Localización de los límites de consistencia.	24
Figura 8: Línea de Escurrimiento.	26
Figura 9. Método del cono de arena.	29
Figura 10. Medidor de humedad de gas a presión con carburo de calcio.	30
Figura 11: Esquema del PDC.	34
Figura 12: Curva PDC vs Golpes acumulados	35
Figura 13: Diagrama estructural.	36
Figura 14: Punta para penetración en el suelo.	37
Figura 15. Comparación de significancias, valor- $p > \alpha$.	50
Figura 16: Ubicación de la población en estudio.	55
Figura 17: Ubicación de los puntos de exploración del estudio.	56
Figura 18: Ubicación geográfica de la zona de estudio.	57
Figura 19: Inicio de zona de estudio.	58
Figura 20: Fin de zona de estudio.	58
Figura 21: Vista transversal de terreno plano.	59
Figura 22: Vista lateral de terreno accidentado.	59
Figura 23: Mapa climático del Perú.	60
Figura 24: Diagrama de flujo.	61
Figura 25: Técnicas aplicadas en la recolección de datos.	63
Figura 26: Penetrómetro dinámico de cono de 8kg.	64
Figura 27: Operación básica del PDC.	65

Figura 28:Registro de datos de campo ensayo PDC.	67
Figura 29. Curva PDC	68
Figura 30. Diagrama estructural.	68
Figura 31. Procesamiento de datos.	69
Figura 32. Balance estructural.	70
Figura 33. Ensayo de cono de Arena.	72
Figura 34.Ensayo de contenido de humedad.	73
Figura 35. Muestra de suelo después del ensayo.	73
Figura 36. Anillo de corte y molde CBR introducido en el suelo.	74
Figura 37. Disco espaciador para medir la altura del suelo a penetrar.	75
Figura 38. Perfilado de muestra inalterada y retiro del anillo de corte CBR.	76
Figura 39. Muestras inalteradas con anillos de sobrecarga.	77
Figura 40. Ensayo de muestra inalterada en prensa CBR.	77
Figura 41. Muestras representativas de los puntos de estudio.	78
Figura 42. Juego de tamices empleados para clasificar las muestras de suelo.	79
Figura 43. Muestras de suelos ya tamizados.	79
Figura 44.Muestra de suelo en la cuchara de Casagrande.	81
Figura 45.Muestra de suelo después de realizar los golpes.	81
Figura 46. Ensayo limite plástico.	83
Figura 47. Normalidad IPDC.	84
Figura 48. Normalidad CBR.	85
Figura 49. Normalidad del contenido de humedad.	85
Figura 50. Normalidad densidad de campo.	86
Figura 51. Conjunto de datos CBR, IPDC.	87
Figura 52. Regresión, estimación curvilínea.	88
Figura 53.Ubicación de las variables en la estimación curvilínea.	89
Figura 54. Gráfico de dispersión de datos CBR, IPDC.	90
Figura 55. Conjunto de datos CBR, IPDC, contenido de humedad y densidad.	92
Figura 56. Selección de regresión lineal.	92

Figura 57. Ubicación de datos.	93
Figura 58. Graficas del ensayo de PDC.	98
Figura 59. Curva de penetración.	99
Figura 60. Gráfico de barras de los resultados de la R.L. Potencial y ASTM D 6951-3.	102
Figura 61. Gráfico de barras de los resultados de la R.L. Múltiple y ASTM D 6951-3.	103
Figura 62. Mapa geológico del tramo de estudio.	104
Figura 63. Presencia de lutita en el tramo de estudio.	105
Figura 64. Comparación con otros autores.	106
Figura 65. Distribución T-Student para la R.L. Potencial	108
Figura 66. Distribución T-Student para la R.L. Múltiple.	110

Índice de Anexos

Anexo A. Mapa de Ubicación.	118
Anexo B: Panel Fotográfico	119
Anexo C: Resultados de Ensayos	144
Anexo D. Certificados de calibración.	230

SÍMBOLOS USADOS

IPDC: Índice de Penetración Dinámica de Cono.

PDC: Penetrómetro Dinámico de Cono.

CBR: California Bearing Ratio.

ϵ : Error aleatorio con media cero y varianza σ^2

r : Coeficiente de correlación

t : Estadístico calculado.

S_{xy} :Covarianza XY.

S_{xx} : Varianza de la variable X.

S_{yy} : Varianza de la variable Y.

p-value: Significancia calculada u observada.

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

AASHTO: American Associaton of state Highway and Transportation Officials.

RESUMEN

En los proyectos viales es fundamental obtener un correcto valor de soporte california (CBR) para determinar la resistencia del suelo, es así que, la norma CE 0.10, indica la verificación de los valores de CBR in situ, que en este caso debería coincidir con el CBR de proyecto. Hacerlo por los métodos tradicionales implica un alto costo, tiempo y disponibilidad de laboratorio de inmediato, es allí donde el PDC toma importancia ya que se puede obtener el valor de CBR con este equipo. Por ello, el objetivo de la presente investigación es determinar la ecuación de correlación entre el PDC (Penetración Dinámica De Cono) Y CBR (Capacidad De Soporte California) con muestra inalterada, en suelos a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos (0+000-5+900km), distrito Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín.

En la presente investigación se realizó 13 puntos de exploración donde se obtuvo la clasificación de suelo, contenido de humedad mediante carburo de calcio, densidad natural del suelo mediante el cono de arena, CBR con muestra inalterada y el índice de PDC. De los resultados, se obtienen 2 ecuaciones de correlación, la primera, mediante análisis de regresión lineal potencial, se obtuvo el valor de CBR mediante el índice de PDC, la cual tuvo un coeficiente de correlación $r = 0.978$ y coeficiente de determinación ajustado $R^2_{aj} = 0.951$, y la segunda, mediante análisis de regresión lineal múltiple, se obtuvo el valor de CBR mediante el índice de PDC, contenido de humedad y densidad natural del suelo, la cual tuvo un coeficiente de correlación $r = 0.97$ y el coeficiente de determinación ajustado $R^2_{aj} = 0.916$. Para concluir, se realizó la contrastación de hipótesis mediante el método T-Student para las dos ecuaciones cuyos resultados dieron que no existe diferencia significativa entre los valores obtenidos del CBR con muestra inalterada y las ecuaciones propuestas.

Palabras claves: CBR con muestra inalterada, Índice de PDC, contenido de humedad, densidad natural del suelo, correlación.

ABSTRACT

In road projects it is essential to obtain a correct value of California support (CBR) to determine the soil resistance, so the CE 0.10 standard indicates the verification of CBR values in situ, which in this case should coincide with the project CBR. Doing it by the traditional methods implies a high cost, time and availability of laboratory immediately, it is there where the PDC takes importance since it can be done with this equipment. Therefore, the objective of the present investigation is to determine the correlation equation between the PDC (Dynamic Cone Penetration) and CBR (California Support Capacity) with an unaltered sample, in soils at the subgrade level in the Gallito de las Rocas section. Los Olivos (0 + 000-5 + 900km), Rio Tambo district, Satipo province, Junín region.

In the present investigation, 13 exploration points were made where the soil classification was obtained, moisture content by calcium carbide, natural soil density by means of the sand cone, CBR with unaltered sample and the PDC index. From the results, 2 correlation equations are obtained, the first, by means of potential linear regression analysis, the CBR value was obtained using the PDC index, which had a correlation coefficient $r = 0.978$ and adjusted coefficient of determination $R^2_{aj} = 0.951$, and the second, by multiple linear regression analysis, the CBR value was obtained using the PDC index, moisture content and natural soil density, which had a correlation coefficient $r = 0.97$ and the adjusted determination coefficient $R^2_{aj} = 0.916$. To conclude, the hypothesis was tested using the T-Student method for the two equations whose results gave that there is no significant difference between the values obtained from the CBR with an unaltered sample and the proposed equations.

Keywords: CBR with unchanged sample, PDC index, moisture content, natural soil density, correlation.

Capítulo I. Planteamiento del Problema

1.1. Descripción de la realidad problemática

En los proyectos viales para determinar la capacidad de soporte del suelo se hacen exploraciones que dependen del tráfico en la vía, por lo general estas exploraciones se hacen en intervalos de distancia que dependen del tipo de vía. La cantidad de EMS (Estudio de mecánica de suelos) y sus ubicaciones son exigencias de las normativas vigentes o de los términos de referencia que no toman en consideración las condiciones específicas del suelo en cuestión.

Asimismo, el costo de hacer ensayos de mecánica de suelos para proyectos viales es elevado y complicado debido a que debe de tener mucho cuidado con la extracción de muestras y tener a disposición varias herramientas, maquinarias y vehículos. Por estas razones, se busca usar instrumentos de exploración más ligeros y versátiles, de modo que pueda ser más rápida la toma de datos en campo.

La normativa actual en elaboración de proyectos viales usa el ensayo CBR (Capacidad de soporte california) para determinar la capacidad de soporte de la subrasante, este ensayo implica 7 días de trabajo, ya que en 2 días se procede a obtener la máxima densidad de campo y el óptimo contenido de humedad por medio del ensayo de proctor modificado, luego 4 días para la inmersión de la muestra y un día para el ensayo de CBR con la prensa. Todo este trabajo es para un tipo de suelo, si en el tramo de la vía hay mucha variedad de suelos se tiene que dedicar una gran cantidad de tiempo para los ensayos.

Además, el RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) en la norma CE 10 en el ítem 3.5.1, que trata acerca de controles y tolerancias en la construcción de la subrasante, indica la verificación de los valores de CBR in situ, que en este caso debería

coincidir con el CBR de proyecto. Hacerlo por los métodos tradicionales implica un alto costo, tiempo y disponibilidad de laboratorio de inmediato, es allí donde el PDC toma importancia ya que mucho de estos controles se pueden realizar con este equipo.

Por otro lado el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos de la progresiva 0+000 al 5+900 km del distrito de Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín, presenta inadecuadas condiciones de transitabilidad para tráfico ligero generando que en el área de influencia existan externalidades negativas de transporte en la carretera contribuyendo de manera indirecta al incremento de riesgo de accidentes y aumento de la contaminación ambiental que ocasionan mayores problemas de salud en la población además de ocasionar que no se desarrolle el turismo ecológico tan importante para la región y el país.

Por lo expuesto anteriormente, la presente investigación busca usar el ensayo PDC (Penetración dinámica de cono) como una alternativa para determinar la capacidad de soporte de subrasantes para proyectos viales, por medio de una expresión matemática que correlacione el ensayo CBR y el ensayo PDC.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema general

PG: ¿De qué forma el índice PDC se relaciona con el CBR con muestra inalterada en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos del distrito Rio Tambo, provincia de Satipo, región Junín?

1.2.2. Problemas específicos

PE1: ¿Cuáles son las propiedades geotécnicas del suelo a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos, distrito Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín?

PE2: ¿Cuál es el índice PDC a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos, distrito Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín?

PE3: ¿Cuál es el valor de CBR en el suelo a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas - Los Olivos, distrito Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

OG: Determinar la ecuación de correlación entre el PDC (Penetración Dinámica De Cono) Y CBR (Capacidad De Soporte California) con muestra inalterada, en suelos a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos (0+000-5+900km), distrito Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín.

1.2.2. Objetivos específicos

OE1: Determinar las propiedades físicas del suelo a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas - Los Olivos (0+000-5+900km), distrito Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín.

OE2: Determinar el índice PDC a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos (0+000-5+900km), distrito Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín

OE3: Determinar el valor de CBR con muestra inalterada en el suelo a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas - Los Olivos (0+000-5+900km), distrito Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín.

1.3. Justificación

El diseño, construcción y mantenimiento de carreteras amerita conocer la capacidad de soporte de la subrasante a través de diversos equipos y herramientas. El

avance tecnológico, mediante el descubrimiento de nuevos conceptos, nos conduce a utilizar nuevos equipos y herramientas, sin embargo, estos tienen un alto costo y los laboratorios de nuestro país no tienen la capacidad económica para afrontarlos. Al interior del país, donde muchas veces la falta de control, la escasez de equipos en los laboratorios, entre otros motivos, conlleva a que en los proyectos se omitan dichas verificaciones. Es por ello, acoplándonos a nuestra realidad peruana, como país en vías de desarrollo, direccionar nuestras investigaciones hacer los equipos más prácticos y económicos, para que sea accesible a la mayoría de ingenieros y que se realice más puntos de exploración que conllevaría a una mejor representación de la realidad.

El ingeniero Wilfredo Gutiérrez (2015) en su libro *“Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte”* menciona que, debido al elevado número de muestras obtenidas en el trabajo de campo, el tiempo necesario para ensayarlas y hallar los valores de CBR en laboratorio supera al disponible para elaborar el estudio completo, en algunos casos la logística para el transporte de muchos kilos de muestras agrava la condición de tiempo disponible para obtener resultados. Por ende, se requiere de trabajos alternativos como el ensayo PDC que determinen resultados de CBR en mayor cantidad, pero en el menor tiempo disponible y que luego se infiera el valor real de capacidad de soporte.

En el Perú no se tiene normativa establecida para el ensayo PDC. Hay diversas investigaciones en diferentes ciudades de nuestro país, pero en Satipo aún no se ha registrado investigación respecto al ensayo PDC. Por ello se obtiene una ecuación para los suelos de esta ciudad, y así contribuir para que este método sea normado en nuestro país.

Conveniencia.- El reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en la norma CE 10. Indica la verificación de los valores de CBR in situ, que en este caso debería de coincidir con el CBR de proyecto, realizarlo por los métodos tradicionales implica accesibilidad a un CBR in situ, un ensayo de placa, que tienen un alto precio, y no es

accesible de inmediato al interior del país, por ello se requiere de trabajos alternativos que determinen resultados de CBR, como el ensayo PDC, que es económico y de fácil acceso.

Relevancia social. - Al implementar el ensayo PDC permitió un mayor control del CBR in situ, lo cual conlleva a obras más duraderas, por lo tanto, menor costo de rehabilitación de los pavimentos.

Implicación práctica. -La investigación contribuyó una nueva forma de obtener el CBR in situ mediante el ensayo PDC, siendo este un ensayo más económico y práctico, de fácil acceso y traslado a lo largo del país.

Valor teórico. - Esta investigación aportó información conceptual consistente acerca de la aplicación del ensayo PDC. Asimismo, se aportó material teórico respecto a las propiedades y características de los suelos de Satipo.

Utilidad metodológica. - Con esta investigación se buscó contribuir como se relaciona el valor de CBR y el ensayo PDC en los suelos de Satipo, y así pueda ser de referencia a la hora de ser normado este ensayo en nuestro país

1.4. Presuposición filosófica

Teniendo en cuenta que se estudia la resistencia del suelo, la biblia nos menciona al respecto. En San Mateo 7:24-27: “Por tanto, todo el que me oye estas palabras y las pone en práctica es como un hombre prudente que construyó su casa sobre la roca. Cayeron las lluvias, crecieron los ríos, y soplaron los vientos y azotaron aquella casa; con todo, la casa no se derrumbó porque estaba cimentada sobre la roca. Pero todo el que me oye estas palabras y no las pone en práctica es como un hombre insensato que construyó su casa sobre la arena. Cayeron las lluvias, crecieron los ríos, soplaron los vientos y azotaron aquella casa. Esta se derrumbó, y grande fue su ruina”.
Jesús

Como se menciona, estos suelos pueden causar gran destrucción, debido a su comportamiento inestable, la baja resistencia de estos suelos, involucra gastos económicos, contaminación y más aún atenta contra la vida de las personas, es por ello que la presente investigación pretende dar a conocer la resistencia de los suelos a nivel de subrasante del tramo Gallito de las Rocas - Los Olivos, distrito Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín.

1.5. Limitaciones de la investigación

La presente investigación está limitada a los documentos relacionados al terreno y suelo del área de estudio, existen limitaciones para permanecer en tiempo completo en el área de estudio debido a los limitados recursos económicos.

Debido a que el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos comprende un desarrollo longitudinal de (0+000-5+900 km). Que une los centros poblados de Cana Edén y el centro poblado Los Olivos, se hizo el tramo integral debido a que se ajusta a los recursos económicos y de tiempo del tesista. También, se limitó el proyecto por las características del suelo presentes en el tramo elegido.

Capítulo II. Marco teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Florez, Torres, Torres, y Peña (2019), en su artículo de investigación titulada: *Estimación del valor de CBR usando Penetrómetro de cono dinámico*, estimó una ecuación de correlación entre datos del ensayo de CBR sumergido y el ensayo PDC para suelos finos saturados en Colombia. Mediante la extracción de 44 muestras, realizó los ensayos de CBR normal, CBR sumergido y DCP, los cuales proveyeron los datos para el análisis estadístico de regresión. Finalmente, los autores concluyen en una nueva correlación lineal, la cual tiene un coeficiente de determinación $r^2=0.86$, lo cual indica que el 86% de la variabilidad de la variante del CBR es explicado por el modelo de regresión ajustado. También se menciona que esta nueva correlación varía en un 300% respecto de otras correlaciones, por ende, en el ámbito del diseño del pavimento, generaría espesores de base y sub base reducidos, que implica una estructura de vida útil muy corta.

$$\text{Log} (CBR) = 2.061 - 1.2\text{LOG}(PDC) \dots\dots\dots(1)$$

Bermúdez y Vasquéz (2016) en su artículo de investigación titulada: *Validación del Método de DCP aplicado en campo en relación al ensayo CBR en laboratorio*, busca afirmar que la correlación propuesta por la norma ASTM D 6951 es aplicable y válida para suelos Hondureños, para ello analiza cuatro bancos de material de Tegucigalpa, mediante el ensayo PDC in situ y CBR de laboratorio, obteniendo un coeficiente de correlación de 0.94 y coeficiente de determinación $r^2= 0.88$, por lo que concluye que es aplicable la correlación propuesta por la normativa ASTM D 6951 en su país.

$$CBR = \frac{287.58}{IPDC^{1.03}} \dots\dots(2)$$

Sahoo y Sudhakar (2009), mencionan en su artículo de investigación titulada: *Evaluation of Subgrade Soils Using Dynamic Cone Penetrometer*, desarrollada en la India, dos correlaciones, una entre el ensayo de PDC in situ y CBR in situ, y la otra entre PDC de laboratorio y CBR de laboratorio, mediante 15 muestras de suelo de la ciudad de Kharagpur. Los autores concluyen que se debe tener una sola ecuación para relacionar el ensayo PDC y CBR, también recomiendan que se debe seguir investigando mas al respecto, inclusive el diseño del instrumento PDC para permitir su uso en suelos granulares.

$$\text{Log (LAB CBR)} = 2.758 - 1.274\text{LOG (LAB PDC)} \dots\dots (3)$$

$$\text{Log (LAB CBR)} = 2.758 - 1.274\text{LOG (LAB PDC)} \dots\dots (4)$$

Viscarra (2006) en su investigación titulada: *El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos, realizada en Bolivia*, establece la correlación entre el valor de CBR de laboratorio y el ensayo PDC de laboratorio mediante un análisis de regresiones a partir de 15 muestras, esta correlación tiene un coeficiente de determinación $r^2=0.97$, lo cual indica que el 97% de la variabilidad de la variante del CBR es explicado por el modelo de regresión, también la autora menciona que el ensayo PDC debe ser considerado como un ensayo complementario para verificar las condiciones reales de un suelo.

$$\text{CBR} = \frac{242}{\text{PDC}^{0.975}} \dots\dots (5)$$

Angamarca (2013), en su tesis de pregrado titulada: *Determinación del CBR de laboratorio y natural en suelos finos y su correlación con el DCP para la determinación de la capacidad portante de la sub-rasante, en el diseño de pavimentos flexibles de la ciudad de Quito*, demuestra que la ecuación de correlación normada por la ASTM D 6951 es compatible con los suelos de Quito-Ecuador, para ello, realiza 9 calicatas en el distrito metropolitano y parte del nororiente de Quito, de las cuales extrae muestra inalterada mediante el anillo de corte, muestra alterada para ser remoldeada en laboratorio y realiza el ensayo DCP in situ. Concluyendo que los valores de CBR (Anillo

cortante-muestras inalteradas) y el obtenido por la ecuación de la ASTM D 6951 tienen un 99% de similitud.

$$CBR = \frac{292}{PDC^{1.12}} \dots \dots (6)$$

Manotoa (2016), en su tesis de pregrado titulada: *Estudio de la correlación entre los ensayos (DCP) Penetrómetro Dinámico de Cono y (CBR) Relación de Soporte de California en los diferentes tipos de Suelos (Tesis De Pregrado)*, realizado en Ambato-Ecuador, analiza los espesores de pavimento obtenido por el CBR de diseño de laboratorio y de campo (ASTM D 6951). Mediante el estudio de 9 calicatas en la vía Misahualli-Atacapi, extrae muestra alterada y realiza DCP in situ. Realiza el análisis de espesores de las capas de las estructuras de pavimentos con el CBR de laboratorio y el CBR obtenido por la correlación de la ASTM D 6951 y con la interacción de ambos. Como resultado obtuvo un diseño estructural mas eficiente y menos costoso.

$$CBR = \frac{292}{PDC^{1.12}} \dots \dots (7)$$

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Llanos y Reyes (2017), en su tesis de pregrado titulada: *Estudio Comparativo de los Ensayos California Bearing Ratio (CBR) de Laboratorio y Penetración Dinámica de Cono (PDC) en la Localidad de PICSÍ*, realizada en la Universidad Señor de Sipán, buscaron demostrar que el ensayo del Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC) in situ es confiable con respecto al California Bearing Ratio (CBR) laboratorio de diseño, para ello realizaron 9 calicatas a nivel de subrasante distribuidas en las calles de la localidad de Pícsi. El tipo de investigación utilizada fue cuantitativo cuasi-experimental. El ensayo PDC in situ se desarrolló de acuerdo a la normativa colombiana INV E172, ya que nuestro país no cuenta con normativa para este ensayo, y se extrajeron las muestras para el CBR de laboratorio, las cuales fueron llevadas al laboratorio de mecánica de

suelos de la Universidad Señor de Sipán. Realizaron los ensayos de: Contenido de humedad, granulometría, límites de consistencia, proctor modificado y CBR de laboratorio, cumpliendo con las normas del MTC E 2000 y RNE C.E 0.10. El tipo de suelo obtenido fueron suelos finos, entre arenas y arcillas. La correlación se realizó agrupando cada tipo de suelo y obteniendo su ecuación de forma independiente, buscando la que mejor se ajuste a una correlación aproximada a 1 mediante una regresión polinómica. También se realizó un análisis económico dando como resultado que el PDC es más económico en un 42% que el CBR de laboratorio. Los autores finalmente concluyen 2 ecuaciones, la primera para el tipo de suelo Arena Limosa (SM) con un grado de confiabilidad del 99% y la segunda para una Arcilla Arena (CL) y Arcilla Limo arenosa (CL-ML) con un grado de confiabilidad de 97.65%.

$$CBR LAB = 0.3138(N PDC)^3 - 5.1495(N PDC)^2 + 25.226(N PDC) - 16.98 \dots\dots (8)$$

$$CBR LAB = -0.7434(N PDC)^3 + 21.661(N PDC)^2 - 208.63(N PDC) + 667.29 \dots\dots (9)$$

Pineda (2019), en su tesis de pregrado titulada: *Calibración de la ecuación de la correlación entre el P.D.C. (Penetración Dinámica de Cono) y C.B.R. (Capacidad de Soporte de California) bajo incidencia de la humedad, en suelos a nivel de la subrasante caso de estudio vía Juliaca – Caracoto*, realizada en la Universidad Peruana Unión, modifica la ecuación de correlación de la normativa internacional ASTM D 6951-09, la cual obtiene el valor de CBR mediante el uso del equipo PDC. Esta calibración aumenta dos variables más que son el grado de humedad y la densidad natural del suelo. Para ello extrae 16 muestras alteradas e inalteradas del tramo de carretera Juliaca-Caracoto, obteniendo diversos tipos de suelos que agrupa en 2, la primera para suelos finos (ML, CL, MH), y la segunda para suelos arenosos (SW, SP). Para el procesamiento de datos, se apoya en el programa SPSS con el cual realiza la prueba de normalidad

bajo la autoría de Shapiro Wilk que es recomendable cuando la muestra es menor a 50. Finalmente concluye que las ecuaciones calibradas no tienen diferencia significativa respecto al CBR de laboratorio por lo cual recomienda su uso.

$$CBR = 18.12 - 0.15I_{pdc} - 0.10 \%W - 3.84\gamma_s \dots \dots (10)$$

$$CBR = -32 - 0.60I_{pdc} - 0.57 \%W + 37.53\gamma_s \dots \dots (11)$$

Injante (2012), en su tesis de maestría titulada: *Resistencia in situ de subrasante utilizando penetrómetro dinámico de cono en la ciudad de Ica*, realizada en la Universidad Nacional de Ingeniería, busca probar la fiabilidad de los valores de CBR in situ de la subrasante mediante el uso del penetrómetro dinámico de cono, optimizando los costos operacionales y de su construcción. El autor muestra la construcción del instrumento de PDC, siguiendo las especificaciones de la ASTM D6951, con lo cual prueba que construirlo manualmente reduce los costos en una tercera parte que comprarlo en tienda. Luego, realiza un ensayo de campo de PDC en estado natural de compactación y humedad y 3 ensayos de laboratorio, el primero, CBR con muestra inalterada al estado natural de densidad y humedad, el segundo, CBR en muestra remoldada al 100% de la máxima densidad seca con optimo contenido de humedad sin saturación y por último, PDC en muestra remoldada al 100% de la máxima densidad seca con optimo contenido de humedad. Todo esto en los 13 distritos de la Provincia de Ica. Finalmente obtiene una correlación para cada distrito y una correlación en general de la Provincia de Ica, la cual difiere en $\pm 10\%$ del valor base ensayado.

$$CBR = \frac{187,77}{PDC^{0.95}} \dots \dots (12)$$

Valencia (2018), en su tesis de pregrado titulada: *Correlación del valor de Soporte California y el Penetrómetro Dinámico de Cono en la determinación de la capacidad de soporte de las obras viales; aplicado en la vía Juliaca-Isla*, realizada en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, demuestra la correlación existente entre el ensayo PDC y CBR de laboratorio, mediante 17 muestras en la vía Juliaca-Isla. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo correlacional y la extracción de la muestra fue por muestreo no probabilístico por conveniencia. La autora obtiene dos ecuaciones, la primera para limos de baja plasticidad (ML) que tiene un grado de confiabilidad de 95%, y la segunda para el tipo de suelo arena limosa (SM), arena pobremente graduada con presencia de limos (SP-SM) y arena pobremente graduada (SP) con un 91 % de confiabilidad. También recomienda realizar diversas ecuaciones acordes a los tipos de suelos en cada región.

$$CBR = -0.4622(PDC) + 19.875 \dots \dots (13)$$

$$CBR = -1.9006(PDC) + 43563 \dots \dots (14)$$

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Subrasante

2.2.1.1. Definición de Subrasante

Según Valle (1963) define como subrasante a la superficie del terreno de fundación sobre la cual se construirá un pavimento. Para estudiar este terreno de fundación, se deberán tomar muestras hasta una profundidad tal que los esfuerzos transmitidos por la carga por eje sean prácticamente cero.

Es el nivel superior de la plataforma de una carretera adecuadamente conformada, nivelada y compactada. La línea de subrasante generalmente se ubica en el eje de la carretera, sobre la subrasante se coloca la estructura del pavimento.(MTC, 2013)

La subrasante es el nivel inferior de la estructura del pavimento y forma parte de la sección de carretera que se construye entre el terreno natural y la estructura del pavimento. La subrasante es la cobertura superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará el armazón del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para formar un cuerpo firme en óptimo estado, de tal modo que no se vea afectada por el gravamen de diseño que proviene del tráfico. (MTC, 2013)



Figura 1: Estructura del pavimento mostrando subrasante.

Fuente: Injante (2012)

2.2.1.2. Caracterización de Subrasante

Desde hace mucho tiempo se busca conocer la resistencia del suelo, por ello necesitamos conocer las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante. Por lo tanto, se hacen investigaciones mediante pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima. Esta profundidad, viene de recomendaciones basadas en estudios respecto a los esfuerzos generados por los neumáticos, que se transmiten hasta dicha profundidad, esto es observable mediante el bulbo de presiones.

Las calicatas o pozos exploratorios se ubicarán longitudinalmente, adentro de la franja que cubre el ancho de la calzada, a distancias casi iguales; para más tarde, sí se considera ineludible, densificar la exploración en puntos singulares del trazo de la vía. El número mínimo de calicatas por kilómetro estará dado por la tabla 1. (MTC, 2013)

Tabla 1: Número de calicatas para exploración de suelos.

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	-Calzada 2 carriles por sentido 4 calicatas x km x sentido -Calzada 3 carriles por sentido 4 calicatas x km x sentido -Calzada 4 carriles por sentido 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	-Calzada 2 carriles por sentido 4 calicatas x km x sentido -Calzada 3 carriles por sentido 4 calicatas x km x sentido -Calzada 4 carriles por sentido 6 calicatas x km x sentido	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- 4 calicatas por km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- 3 calicatas por km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- 2 calicatas por km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	- 1 calicatas por km	

Fuente: MTC (2013)

También dependerá del tipo de carretera la cantidad de muestras extraídas para el ensayo CBR, tal como indica la tabla 2.

Tabla 2: Número de ensayos Mr y CBR.

Tipo de Carretera	Número mínimo de CBR y Mr
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	-Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. -Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. - Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	-Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido -Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido -Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km x 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: MTC (2013)

2.2.1.3. Categorías de subrasante

El valor de CBR se clasificará de acuerdo a la capacidad de soporte del terreno de subrasante. No olvidemos que, para poder diseñar el pavimento consideramos un CBR de diseño, que es la agrupación de los valores de CBR de secciones homogéneas

de tipo de suelo. Cabe señalar que previamente el suelo ha sido clasificado por el sistema AASHTO y SUCS.

En las secciones que cuenten con más de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo homogéneo, el CBR de diseño vendrá hacer el promedio del total de los valores analizados. Mientras que en el caso de que sean menos de 6 valores, si los valores son similares, se tomará el promedio, caso contrario se debe tomar el valor crítico o subdividir en subsecciones a fin de tener valores similares. Todo esto de acuerdo con el manual de carreteras, en la sección de suelos y pavimentos.

Tabla 3: Categorías de subrasante.

Tipo de Carretera	CBR
S0: Subrasante inadecuado	CBR<3%
S1: Subrasante pobre	3%<CBR<6%
S2: Subrasante regular	6%<CBR<10%
S3: Subrasante buena	10%<CBR<20%
S4: Subrasante muy buena	20%<CBR<30%
S5: Subrasante excelente	CBR>30%

Fuente: MTC (2013)

2.2.2. Análisis granulométrico de suelos

2.2.2.1. Definición de análisis granulométrico de suelos

El análisis granulométrico de suelos es una manera de calcular las proporciones relativas de los diversos tamaños de grano presentes en una muestra de suelo . Cabe resaltar que para obtener resultados validos la muestra debe ser estadísticamente

representativa de la muestra de suelo. Físicamente no es posible determinar el tamaño real de las partículas independientes, solamente se agrupa por rangos de tamaño a través de tamices.(Bowles, 1990)

El proceso de tamizado no provee información sobre la forma del suelo. Se presenta en forma de curva la información obtenida del análisis granulométrico para poder comparar suelos y tener una mayor comprensión de la distribución de los tamaños de partículas. La precisión del ensayo es cuestionable más que todo en suelos finos (Suelos que pasan el tamiz N° 4) que para suelos gruesos.(Manotoa, 2016)

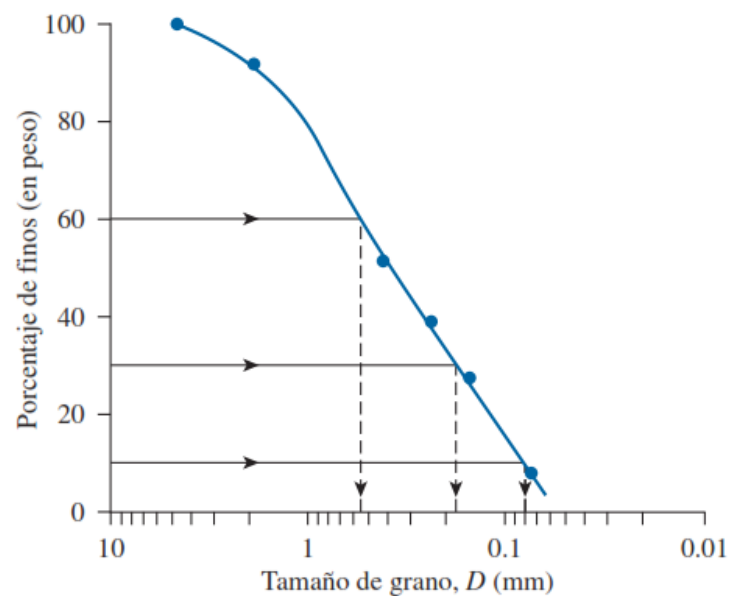


Figura 2:Curva granulométrica

Fuente: Das (2012)

2.2.1.2. Pendiente granulométrica

se considera una mala distribución granulométrica si las curvas son muy verticales. Se considera una buena graduación si las curvas tienen una pendiente moderada, por ejemplo en el caso de los limos y arcillas mayormente son curvas

horizontales que representan igualmente una mala distribución granulométrica.
(Manotoa, 2016)

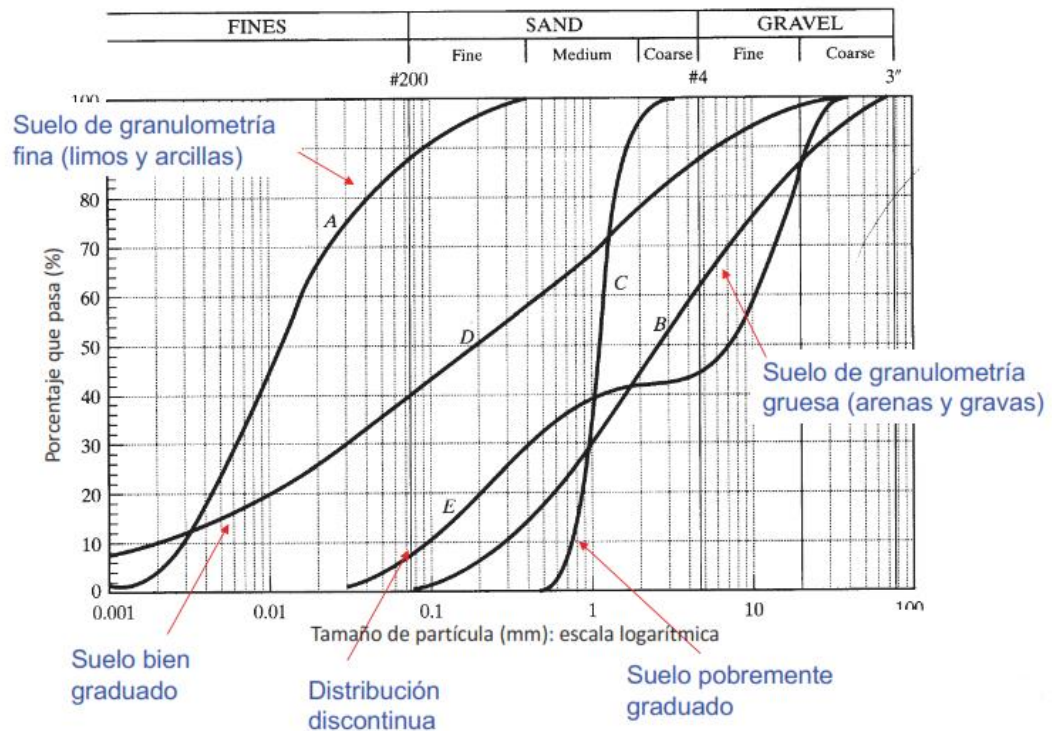


Figura 3: Curva granulométrica

Fuente: Escalaya (2019)

2.2.1.3. Comportamiento mecánico de acuerdo al tamaño de la partícula

Los suelos que tienen un buen comportamiento estructural, buena compactación e impermeabilización son aquellos que tienen cantidades proporcionales entre gravas, arenas y limos. (Bowles, 1990)

Las lluvias disgregan con facilidad a los suelos arenosos y limosos, mayormente los suelos inorgánicos debido a que presentan grandes deformaciones originando asentamientos. (Badillo y Rico, 2005)

2.2.1.4. Sistema de Clasificación AASHTO

La tabla 4 muestra el sistema de clasificación de la AASTHO, que muestra una forma de utilizar el límite líquido y índice plástico para alcanzar la clasificación de los entre los grupos A-4 y A-7 y sus correspondientes subgrupos. Además, el sistema de clasificación AASHTO, utiliza un índice de grupo para comparar los diferentes suelos dentro de un mismo grupo. (Badillo y Rico, 2005)

Tabla 4: Sistema de clasificación de suelos de la AASHTO.

Clasificación general		Materiales granulares (35% o menos de la muestra total pasa la malla núm. 200)						
		A-1		A-2				
Clasificación de grupo		A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por mallas (% que pasa)								
Malla núm. 10		50 máx						
Malla núm. 40		30 máx	50 máx	51 mín				
Malla núm. 200		15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx
Para la fracción que pasa								
Malla núm. 40								
Límite líquido (LL)					40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)		6 máx		No plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material		Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Clasificación de la capa				Excelente a buena				

Clasificación general		Materiales de limo y arcilla (más de 35% de la muestra total pasa la malla núm. 200)			
Clasificación de grupo		A-4	A-5	A-6	A-7
					A-7-5 ^a A-7-6 ^b
Análisis por mallas (% que pasa)					
Malla núm. 10					
Malla núm. 40					
Malla núm. 200		36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Para la fracción que pasa					
Malla núm. 40					
Límite líquido (LL)		40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de plasticidad (IP)		10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipo usual de material		Principalmente suelos limosos		Principalmente suelos arcillosos	
Calificación subrasante		Regular a malo			

^aSi $IP \leq LL - 30$, la clasificación es A-7-5.

^bSi $IP > LL - 30$, la clasificación es A-7-6.

Fuente: Das (2012)

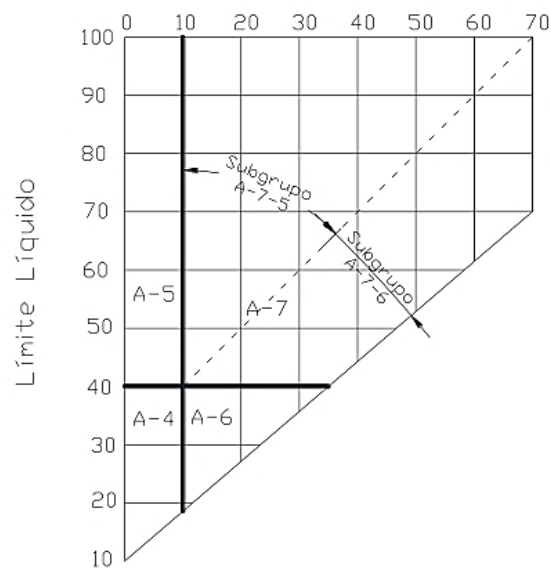


Figura 4: Rangos de clasificación según AASHTO.

Fuente: Manotoa (2016)

Los intervalos de Límite Líquido e Índice de Plasticidad son para los grupos de suelos A-4, A-5, A-6, A-7.

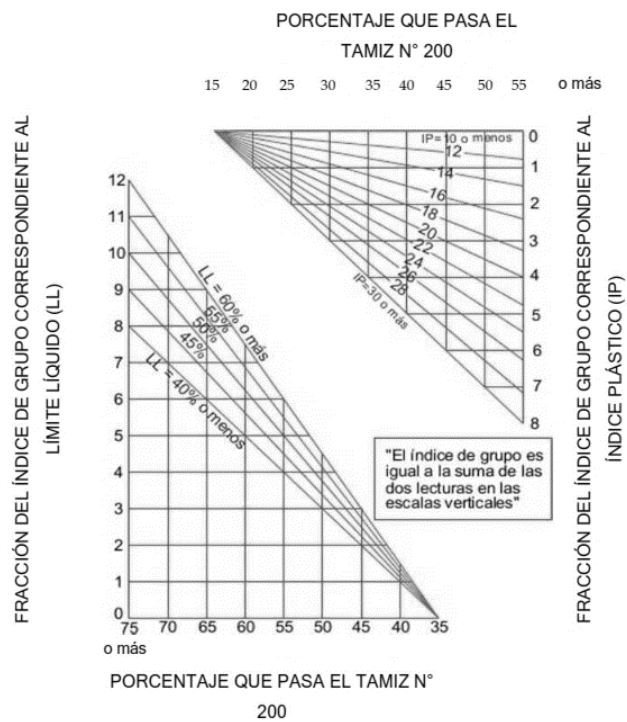


Figura 5: Índice de grupo.

Fuente: Manotoa (2016)

La figura 4 muestra cómo obtener mediante el uso de los límites plásticos y límites líquidos, la clasificación entre los grupos A-4 y A-7.

Se obtiene el índice de grupo de suelo mediante la figura 5. Este índice es igual a la suma de las dos lecturas en las escalas verticales.

2.2.1.5. Sistema de clasificación SUCS

El Sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System) ha sido propuesto originalmente por Casagrande en 1942 y más tarde revisado y adoptado por el United States Bureau of Reclamation y el US Army Corps of Engineers. Hoy en día el sistema se utiliza prácticamente en todo el trabajo geotécnico. (Das, 2012)

Tabla 5: Sistema de clasificación SUCS.

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% → GW, GP, SW, SP. >12% → GM, GC, SM, SC. 5 al 12% → casos límite que requieren usar doble símbolo.	Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >4 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ xD ₆₀ entre 1 y 3	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >6 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ xD ₆₀ entre 1 y 3	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.				
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.				
		OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.				
	Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.				
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.				
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.				
	Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			

Fuente: Pineda (2019)

En seguida se muestra la carta de plasticidad que se hace uso para la clasificación mediante el sistema SUCS.

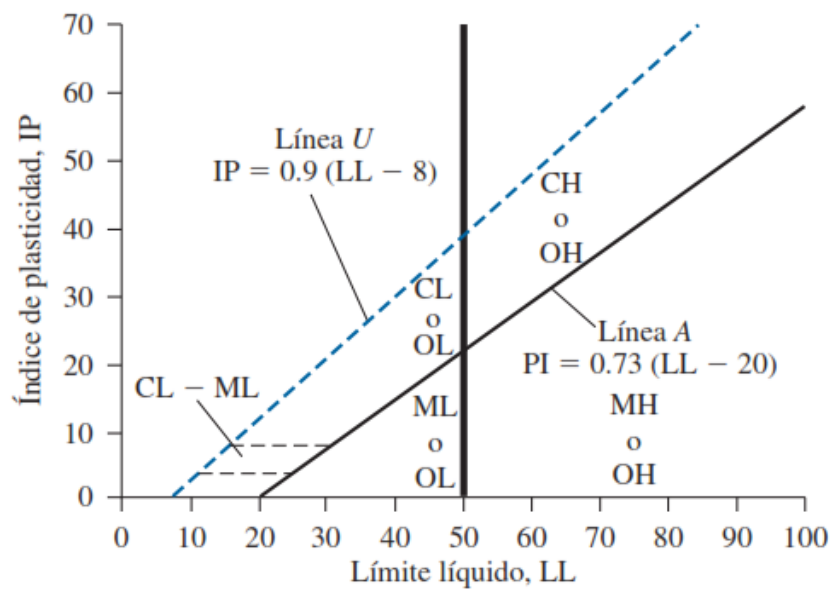


Figura 6: Carta de plasticidad.

Fuente: Das (2012)

Según Das (2012) para la valoración cualitativa de un suelo como material de capa subrasante de una infraestructura vial, también se puso en desarrollo un número al que se le conoce como índice de grupo (IG). Mientras mayor sea el valor del IG para un suelo dado, menos eficiente será el desempeño del suelo como capa subrasante. Un índice de grupo de 20 o mayor indica un material muy deficiente para utilizarlo como capa subrasante, y esta se determina mediante la fórmula siguiente.

$$IG = (F_{200} - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F_{200} - 15)(IP - 10) \dots \dots (15)$$

Donde:

- ❖ F_{200} : Porcentaje que pasa el tamiz N°200, expresado como un número entero.
- ❖ LL: Límite líquido del suelo.
- ❖ LP: Límite plástico del suelo.
- ❖ IP: Índice de plasticidad.

Según Das (2012) al computar el índice de grupo para un suelo que pertenece al grupo A-2-6 o al A-2-7, solo se utiliza la ecuación parcial del IG que le corresponde con el IP.

$$IG = 0.01(F_{200} - 15)(IP - 10) \dots (16)$$

2.2.3. Límites de consistencia

La línea convencional entre el estado semilíquido y plástico fue denominada límites de consistencia.

El límite de contracción es útil cuando el suelo sufre cambios de volumen entre su estado seco y su estado húmedo. El límite líquido en ocasiones puede utilizarse asentamientos en los problemas de consolidación, ambos límites son útiles para predecir la densidad máxima de los estudios.(Bowles, 1990)

Para la realización de los ensayos Límites Atterberg se encuentra en la norma ASTM D421-58 “Preparación Seca de Muestras de Suelo para análisis granulométrico y Determinación de Constantes de Suelo”

La ubicación de los límites de contracción (ws), plásticos (wp), y líquido (wl), se muestran en la Figura 7.

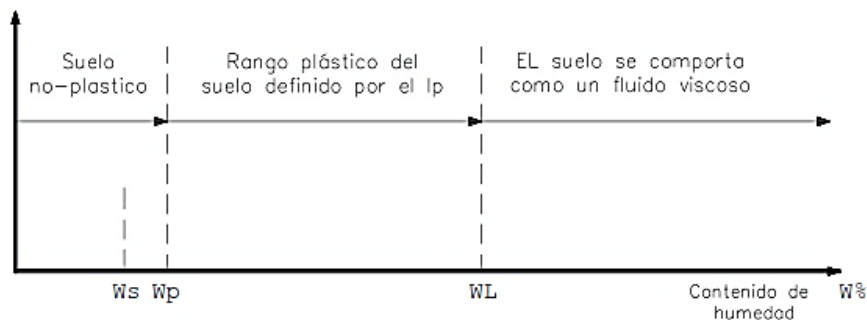


Figura 7:Localización de los límites de consistencia.

Fuente: Bowles (1990)

2.2.3.1. Límite Líquido

Es un procedimiento mediante las coordenadas entre el número de golpes de la cuchara de Casagrande y el contenido de Humedad permiten graficar en un panel semilogarítmico la Curva de escurrimiento.(Badillo y Rico, 2005)

Procedimiento

- ❖ Colocar la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mezclar con 15 a 20 ml de agua, agitando, amasando y tajando con una espátula en forma alternada y repetida. Realizar mas adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml. Mezclar completamente cada incremento de agua con el suelo. (MTC, 2016).
- ❖ Colocar la mezcla en la cazuela de bronce sobre el sitio en que ésta reposa en la base, y comprimir hacia abajo, extendiendo el suelo hasta obtener 1 cm de profundidad en el punto de espesor máximo. Regresar el exceso a la vasija de porcelana. (MTC, 2016).
- ❖ Elevar y golpear la taza de bronce girando la manija de la cuchara de Casagrande a una velocidad de 1.9 a 2.1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se ponga en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de 13mm. Anotar el número de golpes requeridos para cerrar la ranura. (MTC, 2016).
- ❖ Retirar una tajada de suelo aproximado del ancho de la espátula, tomando de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, colocar en un recipiente y pesar. (MTC, 2016).
- ❖ Repetir la operación por lo menos dos ensayos adicionales con el suelo restante al que se le agregó agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. El objetivo de este procedimiento es obtener muestra de tal consistencia que al menos una de las determinadas del número de golpes requeridos para cerrar la

ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35;20-30;15-25. (MTC, 2016).

- ❖ La escala logarítmica representa el número de golpes y la escala natural el contenido de humedad. Se dibuja una línea recta entre los tres o más puntos.

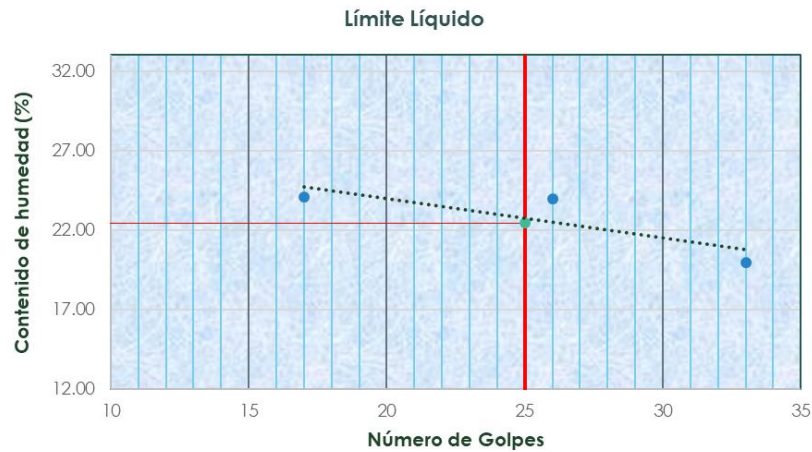


Figura 8: Línea de Escurrimiento.

La intersección de la curva de escurrimiento con la ordenada de 25 golpes y el contenido de humedad se considera como el Límite Líquido del suelo.

2.2.3.2. Límite Plástico

Se determina el índice plástico de un suelo cohesivo mediante la diferencia entre su Límite Líquido y su Límite Plástico (MTC, 2016).

$$IP = LL - LP \dots \dots (17)$$

Donde:

IP: Índice plástico

LL: Límite líquido

LP: Límite plástico

Procedimiento

- ❖ Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre la superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros. (MTC, 2016).
- ❖ Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2mm no se ha desmoronado, se vuelve a hacer el elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro. (MTC, 2016).
- ❖ A la porción obtenida se le determina el contenido de humedad. (MTC, 2016).

En ciertos casos el Índice plástico presenta valores negativos. No se podrá determinar en los siguientes casos:

- ❖ Cuando el LL o LP no pueden ser determinados, se reconocerá como (NP).
- ❖ Cuando el suelo es muy arenoso, el LP deberá determinarse antes del LL. Si el LP no puede ser determinado, indíquese tanto el LL como el LP como NP.
- ❖ Cuando el LP es igual o mayor que el LL, indíquese el IP como NP.

2.2.4. Densidad de Campo mediante el cono de arena y contenido de humedad mediante el método del carburo de calcio.

2.2.4.1. Densidad de campo mediante el cono de arena.

Según el manual del Ministerio de transportes y comunicaciones la finalidad de este método es determinar la densidad y peso unitario del suelo in situ.

El ensayo consiste en colocar el plato de metal sobre la superficie de terreno de la que se quiere obtener el peso unitario de campo, una vez asegurado se inicia con la excavación de un hoyo, todo el material resultado de la excavación se recupera en un frasco hermético para evitar pérdida de humedad. (MTC, 2016).

Luego el aparato del cono de arena se voltea sobre el hoyo excavado y se libera la arena de Ottawa del frasco hasta que llene el orificio y el embudo, es decir, cuando la arena deje de fluir. (MTC, 2016).

Del proceso descrito se debe obtener los siguientes datos:

- ❖ Masa del suelo extraído, si se requiere correcciones del material de mayor tamaño, se determina la masa de este material.
- ❖ Masa del aparato con la arena restante.
- ❖ Contenido de humedad de la muestra extraída.

Además, es necesario saber a partir de la calibración del equipo en laboratorio lo siguiente:

- ❖ Peso unitario en seco de la arena de Ottawa utilizada.
- ❖ Peso de la arena que ocupa solo el cono.

Procesando estos valores en gabinete se puede hallar el peso unitario seco de campo, que, al compararlo con el peso unitario de laboratorio, se obtiene el grado de compactación.

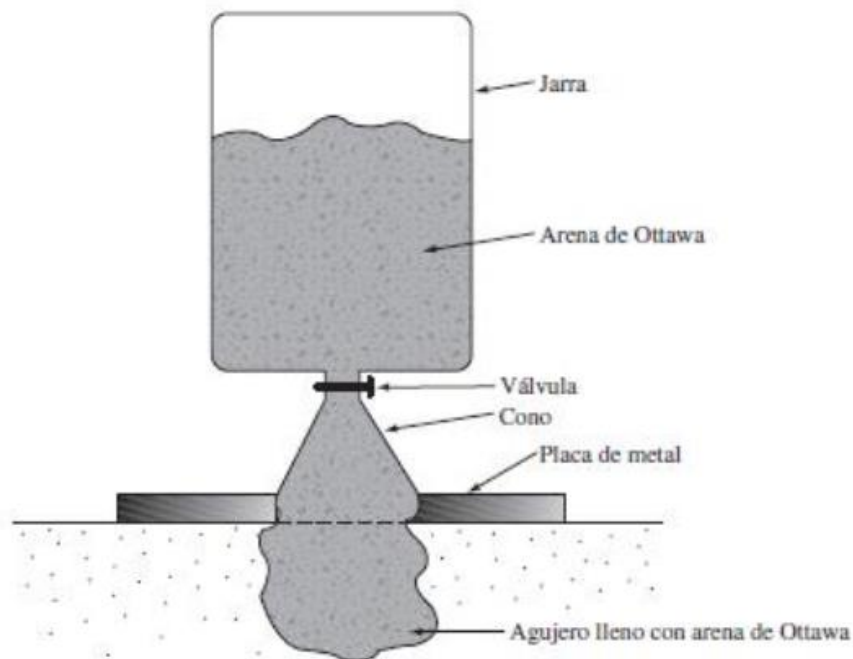


Figura 9. Método del cono de arena.

La normativa peruana no establece intervalos de valores de densidad debido a la variabilidad del suelo, sin embargo, la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) a través del laboratorio geotécnico del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), menciona que después de muchos ensayos realizados en suelos naturales se llegó a establecer unos rangos de valores característicos y lo agrupo de acuerdo a la siguiente tabla, la cual servirá para verificar los datos obtenidos en campo para esta investigación.

Tabla 6. intervalos de densidad natural del suelo.

	Material	Densidad Natural (k/m ³)	
		Densidad Volum.	Densidad Seca
Arena y grava	Muy suelta	1700 – 1800	1300 – 1400
	Suelta	1800 – 1900	1400 – 1500
	Medio densa	1900 - 2100	1500 – 1800
	Densa	2000 – 2200	1700 – 2000
	Muy densa	2200 - 2300	2000 - 2200
Arena	Pobremente gradada	1700 - 1900	1300 – 1500
	Bien gradada	1800 - 2300	1400 – 2200
	Mezcla arena bien gradada + grava	1900 - 2300	1500 - 2200
Arcilla	Lodo no consolidado	1600 – 1700	900 – 1100
	Blanda, agrietada	1700 – 1900	1100 – 1400
	Típica, norm. Cons.	1800 – 2200	1300 – 1900
	Morrena (sobrecons)	2000 - 2400	1700 - 2200
Suelos Rojos Tropicales		1700 - 2100	1300 - 1800

Fuente: CISMID (2016)

2.2.4.2. Contenido de humedad en suelos mediante el método del carburo de calcio.

Este método busca determinar la humedad de los suelos mediante un medidor de humedad de gas a presión con carburo de calcio. Este es un método empleado cuando es necesario obtener los resultados en un corto periodo de tiempo y en lugares donde no es práctico instalar un horno o para transportar muestras a un horno. (MTC, 2016).



Figura 10. Medidor de humedad de gas a presión con carburo de calcio.

La normativa peruana no establece intervalos de valores sobre el contenido de humedad de suelos en estado natural, debido a la variabilidad de su valor. Algunos autores debido

a su experiencia en laboratorios establecieron intervalos para el óptimo contenido de humedad, valor usado en el ensayo de proctor, los cuales son presentados en la siguiente tabla.

Tabla 7. Intervalos del OCH.

TIPO DE SUELO	INTERVALO DE OCH
Grava tipo afirmado	4-8
Arena	6-10
Arena Limosa	8-12
Limo	11-15
Arcilla	13-21

Fuente: UNH (2014)

Los datos que se obtienen en esta investigación son del suelo en estado natural, pero tomaremos en cuenta estos intervalos para poder corroborar aproximadamente los resultados obtenidos.

2.2.5. Relación de Soporte California (CBR)

2.2.5.1. Generalidades

El ensayo mide la resistencia a corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. (MTC, 2016).

La relación de carga unitaria necesarias para lograr una cierta profundidad de una penetración del pistón dentro de una muestra de suelo con condiciones controladas respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado será el numero CBR. Representada de la siguiente forma. (MTC, 2016).

$$CBR = \frac{Carga\ unitaria\ del\ ensayo}{Carga\ patrón} \times 100\% \dots \dots (18)$$

Tabla 8:Relación de carga unitaria patrón con penetración.

Penetración		Carga Unitaria Patrón	
mm	pulg	Penetración (MPA)	Carga Unitaria (PSI)
2,5	0,10	6,9	1,000
5,0	0,20	10,3	1,500
7,5	0,20	13,0	1,900
10,0	0,30	16,0	2,300
12,7	0,50	18,0	2,600

Fuente: (MTC, 2016).

El CBR se basa generalmente en la relación de carga de penetración de 2,5mm, sin embargo, si el valor CBR es mayor a una penetración de 5,00 mm, se debe tomar el mayor de los dos, se recomienda repetir el ensayo para verificar los valores obtenidos en caso de que la deformación sea mayor a los 5mm de penetración. (MTC, 2016).

2.2.5.2. Condiciones del ensayo.

La capacidad de resistencia de un suelo varía con su densidad y su contenido de humedad cuando se compacta. Por ello, para reproducir las condiciones de obra en laboratorio, se deben controlar.

Para representar en el laboratorio las condiciones más críticas del terreno, las muestras se saturan para representar la acumulación de agua en las capas de pavimento. (MTC, 2016).

2.2.5.3. Variantes del ensayo CBR.

El CBR puede ensayarse muestras inalteradas o remoldeadas. (MTC, 2016).

Si en campo, durante la ejecución de una obra, las condiciones de humedad y densidad llegan a diferir en mucho más de las asumidas deberán hacerse ensayos “in situ” para hacer los ajustes correspondientes.

2.2.6. Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC)

2.2.6.1. Generalidades

El PDC fue desarrollado en el año 1956 por el ingeniero neozelandés Scala, también se realizaron análisis en campo por Livneh e Ishali (1987) y kleyn (1975) fue de mucha importancia para evaluar un pavimento. Después se difundió su empleo en Inglaterra, Australia, Canadá, Nueva Zelanda, Estados Unidos y Colombia.(Viscarra, 2006).

El DCP se utiliza para evaluar subrasantes en estado natural y determinar el valor CBR. Nos brinda mayor información sobre capacidad estructural de las diferentes capas que conforman el pavimento, detecta la uniformidad de compactación del material.(ASTM D 6951-3, 2013).

El operador introduce la punta del DCP en el suelo, levantando el mazo deslizante hasta la empuñadura y luego procede a soltarla sin aplicar fuerza alguna. La medida del DCP es en mm/golpe, la cual se usa para describir la rigidez del suelo, para estimar el CBR in situ en base a las correlaciones establecidas.

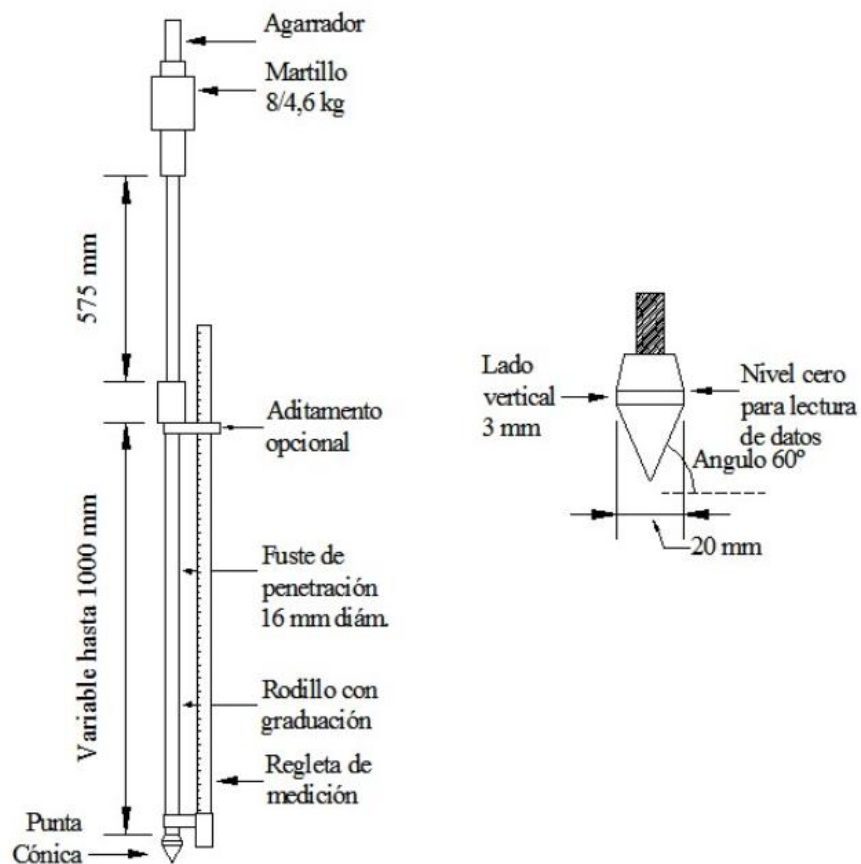


Figura 11:Esquema del PDC.

Fuente: ASTM D 6951-3 (2013).

2.2.6.2. Curva PDC

La figura 10, indica el número de golpes acumulados en función de la penetración acumulada. La curva representa el número de capas existentes y el cambio de sus pendientes señala la resistencia que tienen dichas capas.(ASTM D 6951-3, 2013)

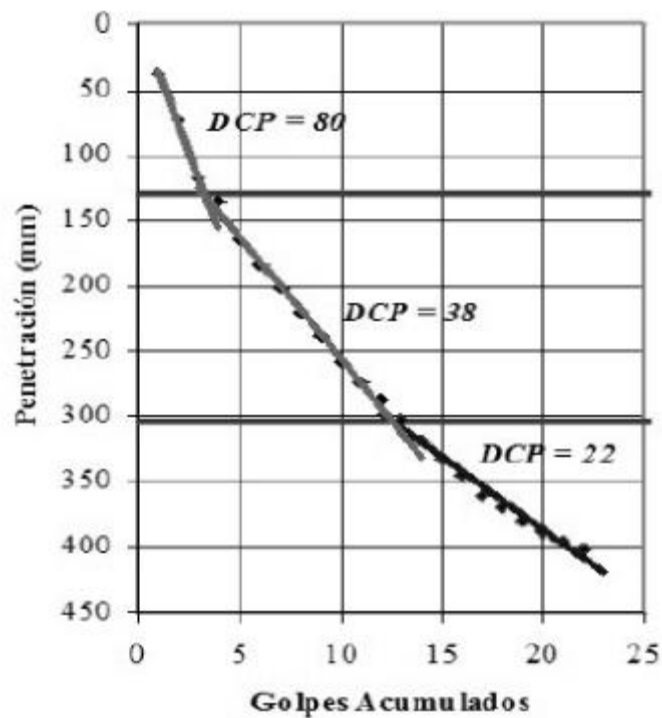


Figura 12: Curva PDC vs Golpes acumulados

Fuente: Manotoa (2016)

2.2.6.3. Índice Penetración Dinámica de Cono (IPDC)

Es la penetración obtenida por golpe. Se mide en mm/golpe, mientras más vertical sea la línea, menor será la resistencia del suelo.

2.2.6.4. Diagrama estructural

Es la relación entre el número PDC y la profundidad. La constancia en dicho número implica uniformidad en el material, y la variación indica modificaciones en las características de densidad, humedad o también representa un cambio de estrato de suelo. En la Figura N° 13 se indica el resultado de un ensayo de Penetración Dinámica de Cono.

Esta evaluación nos muestra el cambio que adopta un suelo cuando se estabiliza o la sectorización del tramo en estudio. Si se presentan variaciones continuas, se traza una recta vertical, de tal manera se mantenga el promedio en el espesor de una capa.

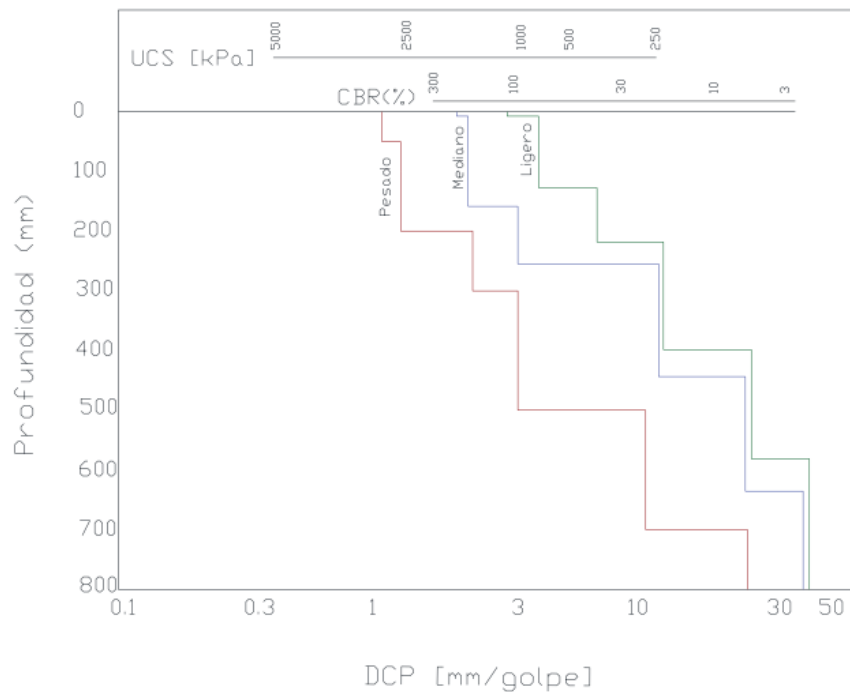


Figura 13: Diagrama estructural.

Fuente: Manotoa (2016).

Con posibles propósitos de aplicación al diseño de pavimentos, Transvaal Roads Department TPA (1978) desarrolló un conjunto de curvas directrices que indican la capacidad de soporte de pavimentos sometidos a condiciones de tráfico ligeras, medianas y severas, como se muestra en la figura 13. Por lo tanto, se puede comparar cualquier sondeo de DCP con las directrices mencionadas para estimar la profundidad a la cual el material natural actúa como un elemento estructural en el pavimento. Viscarra (2006)

2.2.6.5. Significado y uso.

El PDC se usa para evaluar las resistencias in situ de suelos inalterados o compactados. La razón de penetración PDC de 8Kg es usada para estimar el CBR (in situ) para identificar espesores de estratos de suelos y las resistencias al corte de capas de suelos. (ASTM D 6951-3, 2013)

El DCP de 8Kg se posiciona verticalmente y por esta razón es usado comúnmente carreteras.

El instrumento evalúa las propiedades de materiales ubicados hasta 1000 mm (39") por debajo de la superficie. Si se requiere un estudio de mayor exploración vertical, el PDC puede acoplarse a tales requerimientos. Por lo cual, se tendrán que calcular nuevos parámetros de correlación para dicho requerimiento.

La masa y la inercia del dispositivo cambiarán y producirán fricción por contacto superficial de las extensiones de las barras. El DCP puede utilizarse para estimar parámetros de soporte de suelos finos y gruesos, materiales granulares y estabilizaciones pobres. El PDC no puede ser utilizado en materiales altamente estabilizados o cementados o para materiales granulares que contengan un alto porcentaje de agregados mayores que 50mm (2"). (ASTM D 6951-3, 2013)

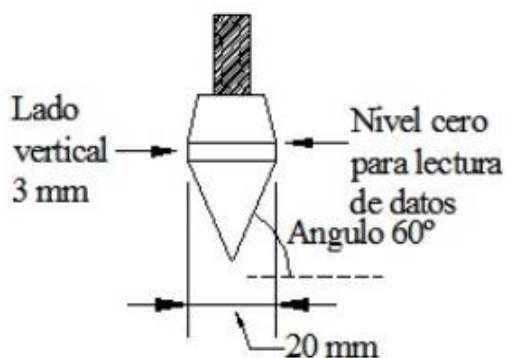


Figura 14: Punta para penetración en el suelo.

Fuente: ASTM D 6951-3 (2013).

El PDC puede ser usado para evaluar la densidad de un material relativamente uniforme, relacionando la densidad con penetración ejercida. De esta forma se podrán encontrar áreas de baja compactación.

La medición del PDC en campo, conduce a una estimación del CBR in situ y normalmente los resultados no establecen relaciones directas con el dato de CBR del laboratorio, en condición saturada. Por ende, se debe utilizar para evaluar la resistencia de los materiales en el sitio, bajo condiciones naturales.

Tabla 9: Correlación tabular entre el CBR y el índice PDC.

Proyecto: Camino del Servicio Forestal				Fecha: 7 julio 2001			
Ubicación: STA-30+50, 1 MRT of C/L				Personal: JLS & SDT			
Profundidad del punto cero bajo superficie: 0				Peso del mazo: 8 Kg. (17,6 lb)			
Clasificación del material: GW/CL				Condición del tiempo: Nublado, 25 °C (72 °F)			
Condición del pavimento: No aplica				Profundidad del nivel freático: desconocido			
Cantidad de golpes ^A	Penetración acumulada ^B (mm)	Penetración entre lecturas ^C (mm)	Penetración por golpe ^D (mm)	Factor de mazo ^E	Índice DCP ^F (mm/golpe)	CBR % ^G	Humedad % ^H
0	0	--	--	--	--	--	
5	25	25	5	1	5	50	
5	55	30	6	1	6	40	
15	125	70	5	1	5	50	
10	175	50	5	1	5	50	
5	205	30	6	1	6	40	
5	230	25	5	1	5	50	
10	280	50	5	1	5	50	
5	310	30	6	1	6	40	
5	340	30	6	1	6	40	
5	375	35	7	1	7	35	
5	435	60	12	1	12	18	

Fuente: Manotoa (2016).

Donde:

$$C = B_{i1} - B_{i2} \dots \dots (19)$$

$$D = \frac{C}{A} \dots \dots (20)$$

$$F = D - E \dots \dots (21)$$

A: Cantidad de golpes del mazo entre lecturas del ensayo

- B: Penetración acumulada después de cada set de golpes del mazo
- C: Diferencia en la penetración acumulada entre lecturas ($B_{i1}-B_{i2}$)
- D: Relación entre la penetración entre lecturas y la cantidad de golpes (C/A)
- E: Para el mazo de 8 kg es 1
- F: Es el Factor de mazo que multiplica a la penetración por golpe ($D \times E$)
- G: De la correlación entre CBR y el índice DCP
- H: Contenido de Humedad cuando se disponga del valor

2.2.6.6. Procedimiento

Verificación del equipo.- Se inspecciona las partes que estén en óptimas condiciones, y la punta-cono considerando su desgaste.

Operación básica.- El operador sostiene el aparato por la empuñadura, se levanta y se suelta el mazo desde la altura estándar.

Lectura inicial:

Ensayo de un estrato superficial. - EL PDC se sostiene verticalmente y la punta se coloca de tal forma que la parte superior más ancha está al nivel de la superficie. Se obtiene la lectura inicial de la escala vertical graduada

2.2.6.7. Secuencia del ensayo

Deja caer el mazo.- El operador levanta el mazo y suelta en caída libre. La cantidad de impacto y la penetración correspondiente son registradas.

Profundidad de penetración.- La profundidad de penetración variará según su aplicabilidad para su uso en autopista típica, una penetración a 1000 mm es generalmente adecuada

Rechazo.-. La presencia de agregados de gran tamaño o estratos de roca ocasionan que la penetración se imposibilite o que se flexione la barra guía. Si después de 5 impactos, el DCP no ha avanzado más de 2mm o el mango se ha desviado más de 75mm, se debe detener la prueba y mover el DCP hacia otro lugar

Extracción.- Luego de completar la prueba, es extraído golpeando el mazo hacia arriba contra la empuñadura.

2.2.6.8. Registro de datos

Las lecturas se toman después de un número determinado de golpes. La penetración corresponde a un número establecido de golpes. Se registran al 1mm más cercano

Tabla 10: Correlación entre el CBR y el índice de PDC

Indice DCP mm/golpe	CBR %	Indice DCP mm/golpe	CBR %	Indice DCP mm/golpe	CBR %
<3	100	39	4.8	69-71	2.5
3	80	40	4.7	72-74	2.4
4	60	41	4.6	75-77	2.3
5	50	42	4.4	78-80	2.2
6	40	43	4.3	81-83	2.1
7	35	44	4.2	84-87	2.0
8	30	45	4.1	88-91	1.9
9	25	46	4.0	92-96	1.8
10-11	20	47	3.9	97-101	1.7
12	18	48	3.8	102-107	1.6
13	16	49-50	3.7	108-114	1.5
14	15	51	3.6	115-121	1.4
15	14	52	3.5	122-130	1.3
16	13	53-54	3.4	131-140	1.2
17	12	55	3.3	141-152	1.1
18-19	11	56-57	3.2	153-166	1.0
20-21	10	58	3.1	166-183	0.9
22-23	9	59-60	3.0	184-205	0.8
24-26	8	61-62	2.9	206-233	0.7
27-29	7	63-64	2.8	234-271	0.6
30-34	6	65-66	2.7	272-324	0.5
35-38	5	67-68	2.6	>324	<0.5

Fuente: ASTM D 6951-3 (2013).

2.2.6.9. Correlación según ASTM D 6951-3.

El CBR in situ se obtiene usando el índice PDC y los datos obtenidos por la penetración. La penetración por golpe puede ser graficada con respecto a la profundidad total alcanzada. La penetración por golpe se utiliza luego para estimar el CBR in situ o la resistencia al corte utilizando una correlación adecuada. (ASTM D 6951-3, 2013)

La correlación entre la penetración por golpe (DCP) se deriva de la fórmula:

$$CBR = \frac{292}{IPDC^{1.12}} \dots\dots (22)$$

Esta fórmula se utiliza para todos los suelos, exceptuando los suelos arcillosos de baja plasticidad (CL) con CBR por debajo de 10 y suelos CH. Para este tipo de suelos, se recomienda:

CBR de suelos CL < 10

$$CBR = \frac{1}{(0.017019 * IPDC)^2} \dots\dots (23)$$

Suelos CH : 1/ 0,002871 x DCP

$$CBR = \frac{1}{0.002871 IPDC} \dots\dots (24)$$

La elección de la correlación se deja bajo criterio del profesional responsable. La existencia de diferentes capas se observará para cada capa un cambio de pendiente en el gráfico de golpes acumulados de penetración versus profundidad. (ASTM D 6951-3, 2013)

2.2.7. Regresión lineal simple

La regresión lineal simple se utilizó para representar a la variable dependiente “CBR” y la variable independiente “IPDC”, para realizar el análisis de comparación con el modelo de la norma ASTM D6951-3.

2.2.7.1. Generalidades

El análisis de regresión lineal se utiliza para determinar una función matemática de dos variables, una dependiente de la otra, esta variable mediante su comportamiento obtendrá los valores de la variable dependiente.

Gutiérrez y De la Vara (2008), "Sean dos variables X y Y, suponga que se quiere explicar el comportamiento de Y con base en los valores que toma X. Para esto, se mide el valor de Y sobre un conjunto de "n" valores de X, con lo que se obtienen "n" parejas de puntos $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$. A Y se le llama la variable dependiente o la variable de respuesta y a X se le conoce como variable independiente o variable regresora. La variable X no necesariamente es aleatoria, ya que en muchas ocasiones el investigador fija sus valores; en cambio, Y sí es una variable aleatoria. Una manera de estudiar el comportamiento de Y con respecto a X es mediante un modelo de regresión que consiste en ajustar un modelo matemático de la forma:"

$$Y = F_{(X)} \dots\dots(25)$$

Ahora si las variables X y Y están relacionadas linealmente, ósea que para cada valor de X, la variable dependiente, Y, es una variable aleatoria, y que los errores aleatorios no están correlacionados, entonces es un modelo de regresión lineal simple. Este modelo se puede expresar con la siguiente ecuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \dots\dots(26)$$

Donde:

ε : Error aleatorio con media cero y varianza σ^2

β_0 ; β_1 : Coeficientes del modelo de regresión lineal simple.

Gutiérrez y De la Vara (2008), nos comenta que existen otros modelos de regresión que solo incluyen una variable independiente y son aplicables cuando la relación entre las variables no es una línea recta. Algunos ejemplos de estos modelos son:

Logarítmica-X: $Y = \beta_0 + \beta_1 \ln X$

Recíproco-X: $Y = \beta_0 + \frac{\beta_1}{X}$

Recíproco-Y: $Y = \frac{1}{(\beta_0 + \beta_1 X)}$

El exponencial: $Y = e^{\beta_0 + \beta_1 X}$

Multiplicativo: $Y = \beta_0 X^{\beta_1}$

Raíz Cuadrada-Y: $\sqrt{Y} = \beta_0 + \beta_1 X$

2.2.8.2. Coeficiente de Determinación (R^2)

Gutiérrez y De la Vara (2008), nos dice que “Un primer criterio para evaluar la calidad del ajuste es observar la forma en que el modelo se ajustó a los datos. En el caso de la regresión lineal simple esto se distingue al observar si los puntos tienden a ajustarse razonablemente bien a la línea recta. Pero otro criterio más cuantitativo es el que proporciona el coeficiente de determinación, que está definido por:

$$R^2 = \frac{SC_R}{S_{YY}} \dots (27)$$

Donde:

SC_R : Suma de cuadrados de la regresión.

S_{YY} : Variabilidad Total

En el caso que hay muchos términos en el modelo de regresión, se prefiere utilizar el **coeficiente de determinación ajustado**. El coeficiente de determinación es engañoso

debido al incremento en forma artificial con cada término que se agrega al modelo, así sea un término que no contribuya con la explicación de la respuesta. El coeficiente de determinación ajustado queda expresado como:

$$R_{aj}^2 = \frac{CM_{total} - CM_e}{CM_{total}} \dots (28)$$

Donde:

R_{aj}^2 : Coeficiente de determinación ajustado.

CM_{total} : Cuadrado medio total

CM_e : Cuadrado medio del error.

2.2.8.3. Coeficiente de correlación (r).

Gutiérrez y De la Vara (2008), nos explica que el coeficiente de correlación mide la intensidad de la relación lineal entre dos variables. Se obtiene de la siguiente manera:

$$r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}} \dots (29)$$

Donde:

r : Coeficiente de correlación

S_{xy} :Covarianza XY.

S_{xx} : Varianza de la variable X.

S_{yy} : Varianza de la variable Y.

El coeficiente de correlación varía de -1 a 1, donde el signo representa la dirección de la correlación y el valor numérico, la magnitud de la correlación. Es tradicional usar intervalos empíricos para poder interpretar la correlación.

Tabla 11. Intervalos del valor de r.

Valor "R"		Descripción
-1		Correlación negativa perfecta
-0.9	-0.99	Correlación negativa muy alta
-0.7	-0.89	Correlación negativa alta
-0.4	-0.69	Correlación negativa moderada
-0.2	-0.39	Correlación negativa baja
-0.01	-0.19	Correlación negativa muy baja
0		Correlación nula
0.01	0.19	Correlación positiva muy baja
0.2	0.39	Correlación positiva baja
0.4	0.69	Correlación positiva moderada
0.7	0.89	Correlación positiva alta
0.9	0.99	Correlación positiva muy alta
1		Correlación positiva perfecta

Fuente: Pineda(2019)

2.2.8. Regresión lineal múltiple

La regresión lineal múltiple se utilizó para representar a la variable dependiente "CBR" y las variables independientes "IPDC", "densidad de campo", "contenido de humedad", para realizar el análisis de comparación con el modelo de la norma ASTM D6951-3.

2.2.8.1. Generalidades

Gutiérrez y De la Vara (2008), menciona que "en muchas situaciones prácticas existen varias variables independientes que se cree que influyen o están relacionadas con una variable de respuesta Y, y por lo tanto será necesario tomar en cuenta si se requiere predecir o entender mejor el comportamiento de Y".

Sea $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$, variables independientes y Y la variable dependiente, entonces el modelo de regresión lineal múltiple con “n” variables independientes es el polinomio de primer orden:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad \dots (30)$$

Donde:

β_n : Coeficientes de regresión.

ε : Error aleatorio con media cero.

Si $n=1$, entonces se trata de una regresión lineal simple, si $n=2$, tal ecuación representa un plano, generalizando, la ecuación (30) representa un hiperplano en el caso de n dimensiones.

El término “lineal” es empleado debido a que la ecuación (30) es una función lineal de los coeficientes de regresión. La interpretación de estos es similar que en el caso de regresión lineal simple.

2.2.8.2. Coeficiente de Determinación (R^2)

El que un modelo sea significativo no necesariamente implica que sea bueno en términos de que explique la variación de los datos. Por ello es importante realizar mediciones adicionales de calidad del ajuste del modelo, como las gráficas de residuales y el coeficiente de determinación. Con la información del análisis de varianza de la tabla 11, se calcula el coeficiente de determinación, y el coeficiente de determinación ajustado R^2_{aj} .

$$R^2 = \frac{SC_R}{S_{YY}} = 1 - \frac{SC_E}{S_{YY}} \quad \dots \dots (31)$$

$$R^2_{aj} = 1 - \frac{CM_E}{CM_{total}} \quad \dots \dots \dots (32)$$

Donde:

SC_R : Suma de cuadrados de la regresión.

S_{YY} : Variabilidad Total

R^2_{aj} : Coeficiente de determinación ajustado.

CM_{total} : Cuadrado medio total

CMe : Cuadrado medio del error.

Tabla 12. Anova para la significancia del modelo de regresión lineal múltiple.

Fuente de la variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fo	Valor - p
Regresión	$SC_R = \beta^{\Lambda'} X'Y - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n}$	k	CMr	CMr/ CMe	Pr (F>Fo)
Error o residuo	$SC_E = Y'Y - \beta^{\Lambda'} X'Y$	n-k-1	CMe		
total	$S_{YY} = Y'Y - \frac{(\sum_{i=1}^n y_i)^2}{n}$	n-1			

Fuente: Gutiérrez y De la Vara (2008)

2.2.8.3. Coeficiente de Correlación múltiple

Es la raíz cuadrada del coeficiente de determinación R^2 , la cual es la medida de la intensidad de la relación entre la variable dependiente Y, y el conjunto de variables independientes X. Gutiérrez y De la Vara (2008)

$$R = \sqrt{R^2} \quad \dots \dots (33)$$

2.2.9. Prueba de Normalidad Shapiro Wilks

Prueba utilizada para la verificar una muestra aleatoria de datos $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, que proceden de una distribución desconocida por $F(x)$. Se realiza planteando las hipótesis estadísticas: Gutiérrez y De la Vara (2008)

H_0 : Los datos proceden de una distribución normal ($f(x)$ es normal).

H_A : Los datos no proceden de una distribución normal ($f(x)$ no es normal).

Si el P- valor o Sig. es < 0.01 se rechaza " H_0 "

Si el P- valor o Sig. es > 0.01 se acepta " H_0 "

Para aplicar esta prueba, primero se ordenan los datos de menor a mayor $X_1, X_2, \dots, X_n$.

Segundo de las tablas propuestas se obtienen los coeficientes $a_1, a_2, \dots, a_n$, donde K es $n/2$. Tercero se calcula el estadístico W :

$$W = \frac{1}{(n-1)s^2} \left[\sum_{i=1}^n a_i (X_{(n-1+1)} - X_i) \right] \quad \dots \dots \dots (34)$$

Donde:

S^2 : Varianza muestral

Por último, si el valor del estadístico es mayor que su valor crítico se rechaza la normalidad de los datos.

2.2.10. Prueba T-student

Prueba utilizada cuando la población de estudio sigue una distribución normal pero el tamaño muestral es demasiado pequeño como para que el estadístico en el que se sustenta la inferencia este normalmente distribuido, utilizándose una estimación de la desviación típica en lugar del valor real. Esta prueba evalúa las medias de 2 grupos estadísticamente diferentes entre sí, Este análisis, es apropiado siempre que desee comparar las medias de dos grupos, y especialmente apropiado como el análisis para el diseño experimental aleatorio de dos grupos. Trochim (2020)

El procedimiento que es recomendable seguir en el análisis de metodología t-Student es el siguiente:

- ❖ Probar que cada una de las muestras tiene una distribución normal.
- ❖ Obtener para cada una de las muestras
 - El tamaño de las muestras (n_1 y n_2)
 - Sus respectivas medias (m_1 y m_2)
 - Sus varianzas (V_1 y V_2)
- ❖ Probar las varianzas sean homogéneas.
- ❖ En caso de homogeneidad en esas varianzas.
 - Establecer la diferencia entre medias (m_1 y m_2)
 - Calcular la varianza común de dos muestras.

$$V_c = \frac{(n_1 - 1)v_1 + (n_2 - 1)v_2}{n_1 + n_2 - 2} \dots \dots (35)$$

Es decir, la varianza común V_c es igual a un promedio pesado de las varianzas de las dos muestras en donde los pesos para ese promedio son iguales al tamaño menos uno ($n-1$) para cada una de las muestras.

- Con esa varianza común, se calcula el error estándar de la diferencia de

$$\text{las medias } ESM = \sqrt{(V_c)(n_1 + n_2)/(n_1 n_2)} \dots \dots (36)$$

- ❖ De acuerdo con nuestra hipótesis nula y alterna se debe demostrar que existe diferencia entre las medias de las muestras, se consulta una tabla t- Student con grado de libertad igual a $n_1+n_2 - 2$ y se calcula el valor P.

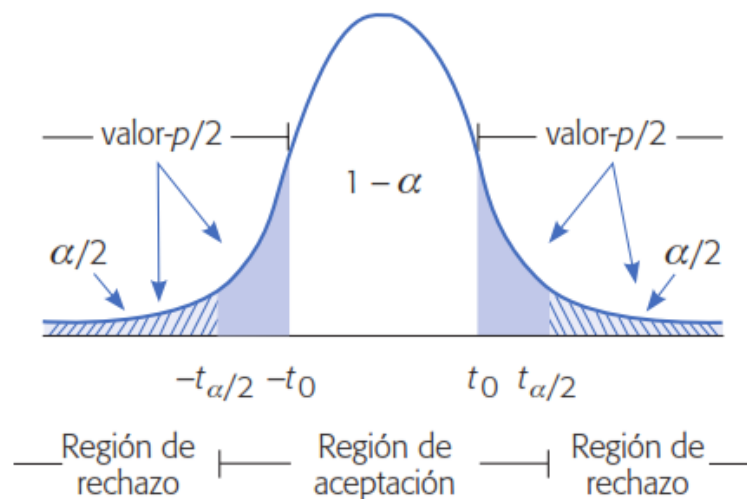


Figura 15. Comparación de significancias, valor-p > alfa.

Fuente. Gutiérrez y De la Vara (2008)

2.3. Definición de términos básicos

Subrasante: nivel superior de la plataforma de una carretera adecuadamente conformada, nivelada y compactada. La línea de subrasante generalmente se ubica en el eje de la carretera, sobre la subrasante se coloca la estructura del pavimento.

Densidad: La densidad natural o peso unitario es el peso del suelo por unidad de volumen, incluye toda la masa del suelo, las partículas sólidas y todos los huecos con o sin humedad.

Contenido de humedad: El contenido de humedad como la relación en porcentaje del peso de agua que llena los poros o “agua libre”, en una masa de material y peso de partículas sólidas de material.

Penetración: Evalúa los problemas por medio de una determinación de las características geotécnicas de manera sencilla, rápida, y que puede ser hecha sobre el mismo terreno.

Correlación: La correlación determina la relación que existe entre dos o más variables que intervienen en un estudio. Consideramos que si dos variables son cuantificables están relacionadas cuando los valores de una de ellas varían regularmente con respecto a la otra.

Análisis de regresión: Explica en forma matemática el comportamiento de una variable de respuesta en función de una o más variables independientes.

Coefficiente de correlación: Mide la intensidad de la relación lineal entre dos variables.

Coefficiente de correlación múltiple: Es la raíz cuadrada del coeficiente de determinación (R^2), y mide la intensidad de la relación entre la variable dependiente y las variables o términos en el modelo.

Coefficiente de determinación (R^2): Mide la proporción de la variabilidad en los datos (Y) que es explicada por el modelo de regresión.

Capítulo III. Materiales y Métodos

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

HG: La ecuación de correlación entre el Índice PDC y el valor de CBR con muestra inalterada en suelos a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos, región Junín, tendrá una correlación positiva muy fuerte.

3.1.2. Hipótesis específicas

HE1: Las propiedades físicas del suelo a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos son el %W, LL, LP, IP y el análisis granulométrico.

HE2: El índice PDC representará inversamente el valor de CBR en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos, distrito Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín.

HE3: El valor de CBR del suelo a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos estará dentro del intervalo de subrasante buena y pobre.

3.2. Variables

Variable independiente: Índice PDC, valor de CBR con muestra inalterada

variable dependiente: Valor de CBR.

3.2. Definición Conceptual

Índice PDC. Representa la penetración obtenida por golpe expresada en mm/golpe. (ASTM D 6951-3, 2013)

Valor de CBR. Es la relación de carga unitaria necesaria para lograr una profundidad de penetración del pistón dentro de una muestra de suelo, respecto a la carga unitaria

patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra patrón.(Manotoa, 2016)

3.3. Operacionalización de variables

Variable de investigacion	Definición Conceptual	Dimensión	Indicadores
Variable Independiente: Índice PDC	Representa la penetración obtenida por golpe expresada en mm/golpe, mientras más vertical sea la gradiente, menor será la resistencia del suelo	Índice PDC	Parámetros ASTM D 6951
Variable Independiente: Valor de CBR con muestra inalterada	Es la relación de carga unitaria necesaria lograr una cierta profundidad de una penetración del pistón dentro de una muestra de suelo respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado	Granulometría	Parámetros MTC E 107
		Densidad natural	Parámetros MTC E 117
		Contenido de Humedad natural	Parámetros MTC E 108
Variable Dependiente: Valor de CBR	Es el valor de CBR obtenido a través de la ecuación de correlación	Porcentaje (%)	Ensayos de CBR con muestra inalterada
		Índice PDC	Parámetros ASTM D 6951

3.3. Enfoque de la investigación

CUANTITATIVO: utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con la finalidad de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Borja, 2012)

3.4. Tipo de investigación

APLICATIVO: Está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal. (Borja, 2012)

3.5. Diseño de la Investigación

El diseño de la Investigación es NO EXPERIMENTAL, ya que, en el proceso de investigación, no será posible manipular ninguna variable (Borja, 2012). Además, los ensayos in situ de Penetración Dinámica de Cono, determinación del grado de humedad y densidad natural del suelo, serán únicamente practicados y medidos según corresponda a la naturaleza del terreno. Y de estos dependerán los valores que se desean obtener en la Investigación.

3.6. Método de investigación

CORRELACIONAL: Los estudios correlacionales tienen como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. Si dos variables están correlacionadas y se conoce la correlación, se tendrán bases para predecir el valor aproximado que tendrá una situación representada por la variable dependiente, sabiendo el valor que tiene la variable independiente. (Borja, 2012)

3.7. Población y Muestra

3.7.1. Población

Es el conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio. La población de estudio son los suelos en la trocha carrozable tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos (0+000-5+900 km), distrito Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín.



Figura 16: Ubicación de la población en estudio.

3.7.2. Muestra

MUESTREO NO PROBABILÍSTICO: La selección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de los propósitos del investigador. Las muestras se tomarán de acuerdo con lo especificado en el manual de carreteras, sección de suelos y pavimentos, que para una carretera con un IMDA < 200 veh/día se obtendrá una muestra cada kilómetro. No obstante, la carretera solo cuenta con 5.9 km, obteniendo un total de 7 muestras, las cuales serían insuficientes para alcanzar el objetivo de esta tesis, por ello con fines académicos se tomarán a cada 500 metros, haciendo un total de 13 muestras.



Figura 17: Ubicación de los puntos de exploración del estudio.

En la siguiente tabla, se detalla la localización UTM WGS84 de los puntos de exploración.

Tabla 13: Coordenadas UTM de los puntos de exploración del estudio.

CALICATA	COORDENADAS UTM		COTA m.s.n.m.	PROGRESIVA
	ESTE	NORTE		
C1	580686	8775203	1196	0+000
C2	580745	8775560	1180	0+500
C3	580704	8776020	1177	1+000
C4	580926	8776315	1168	1+500
C5	581142	8776714	1180	2+000
C6	581024	8777047	1201	2+500
C7	580697	8777372	1216	3+000
C8	580421	8777502	1150	3+500
C9	580103	8777680	1129	4+000
C10	580143	8777852	1196	4+500
C11	580443	8777925	1236	5+000
C12	580828	8778188	1205	5+500
C13	580979	8778391	1224	5+900

3.8. Descripción del lugar

3.8.1. Ubicación geográfica

La ubicación geográfica del lugar de estudio es:

Departamento: Junín

Provincia : Satipo

Distrito : Rio Tambo.

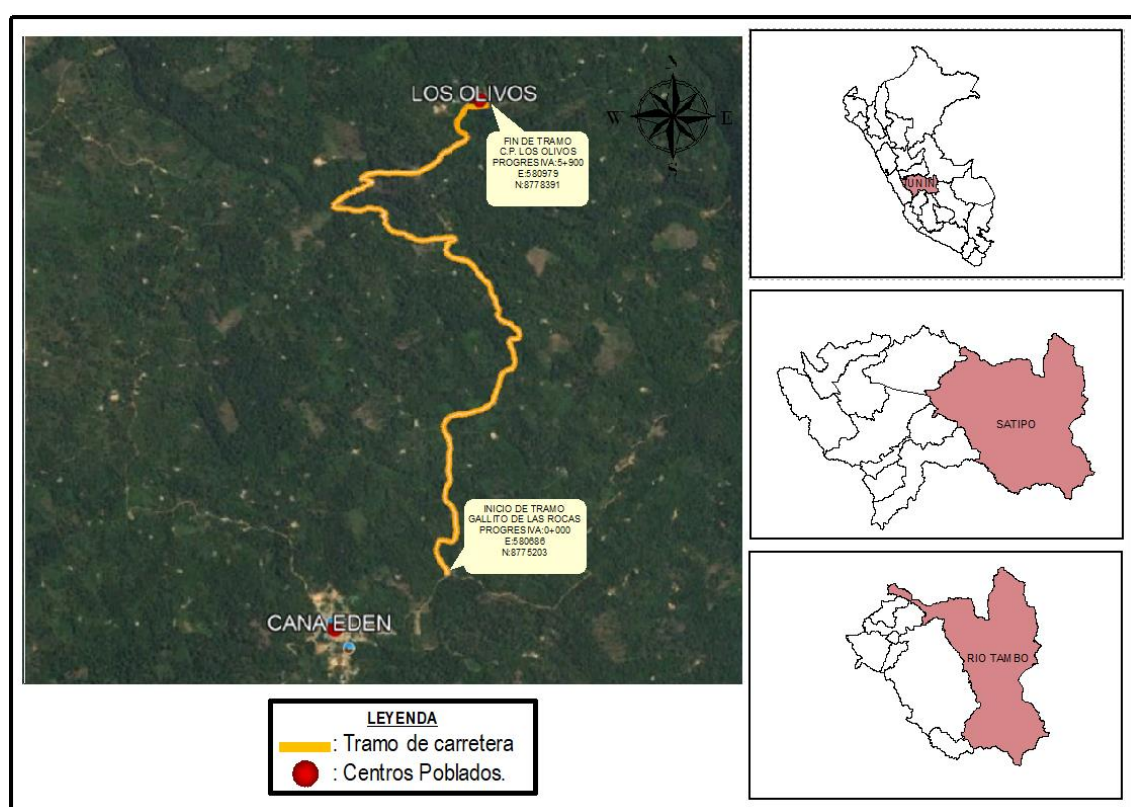


Figura 18: Ubicación geográfica de la zona de estudio.

3.8.2. Zona de estudio

La zona de estudio inicia en gallito de las rocas, en la progresiva 0+000 y termina en el centro poblado de Los olivos en la progresiva 5+900.



Figura 19: Inicio de zona de estudio.



Figura 20: Fin de zona de estudio.

3.8.3. Orografía

Esta trocha carrozable, desde la progresiva 0+000 hasta 3+500 presenta un terreno plano, ya que presenta pendientes transversales a la vía menores a 10% y pendiente longitudinal menores al 3%, y de la progresiva 3+500 al 5+900 presenta un terreno

accidentado, debido a que presenta pendientes transversales del 51% al 100% y sus pendientes longitudinales oscilan entre el 6% al 8%.



Figura 21: Vista transversal de terreno plano.



Figura 22: Vista lateral de terreno accidentado.

3.8.4. Clima

De acuerdo con el mapa climático del Perú, la zona de estudio presenta un clima característico de selva tropical muy húmeda. Este clima es del tipo muy lluvioso, cálido, muy húmedo, con invierno seco y abundante precipitación durante todo el año, permanentemente húmedo por la alta concentración de vapor de agua en la atmósfera.

El tiempo de esta región está determinada por el anticiclón del atlántico sur, la baja presión ecuatorial, ligada a la zona de convergencia intertropical.

Estas zonas se caracterizan por ser muy inestables (disminución de la temperatura con la altura), la temperatura promedio anual de verano a invierno es de 27 °C y en periodos de friaje bajan hasta 10°C, mas hacia el norte con menor magnitud.

La variación de la temperatura horaria es perceptible y el ambiente es muy caluroso y sofocante al mediodía y cálido en la noche. Senamhi (2020).

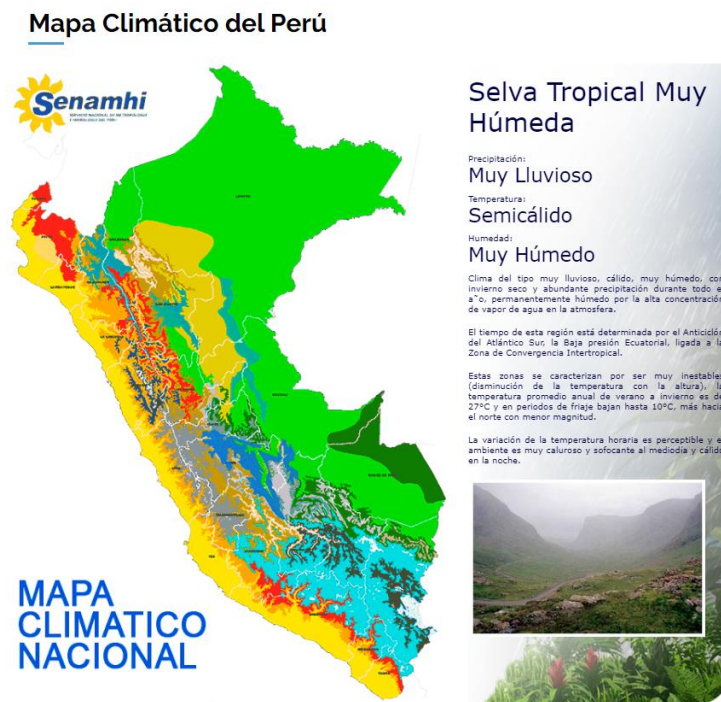


Figura 23: Mapa climático del Perú.

Fuente: Senamhi.

3.9. Metodología

La metodología empleada en la presente investigación, se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

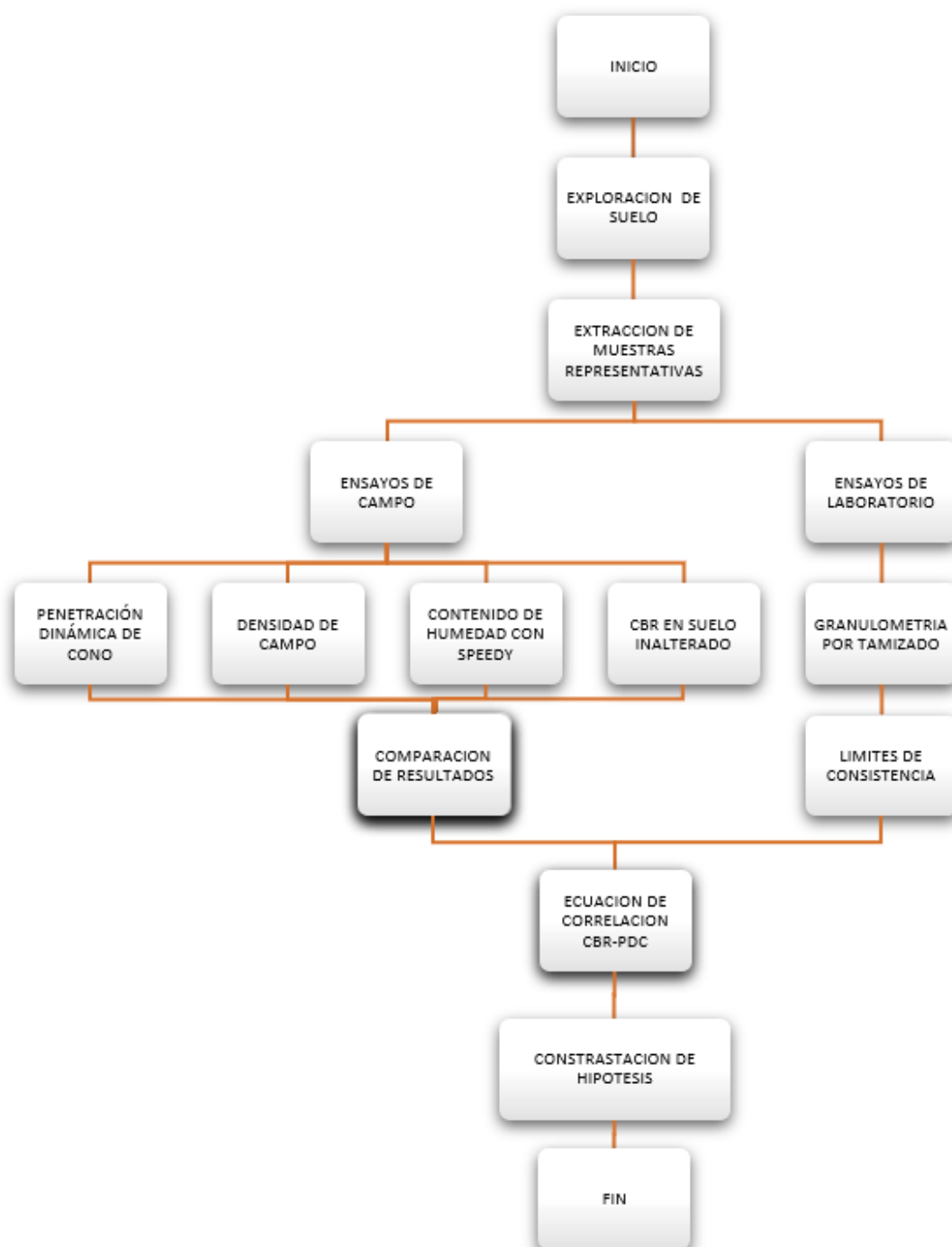


Figura 24:diagrama de flujo.

Se realizó el reconocimiento del terreno para el marcado de los puntos de exploración. Se identificó las excavaciones de manera manual. Culminada esta labor se realizó el ensayo de penetración dinámica de cono, regida por la norma ASTM D 6951-03. Para este ensayo se generó un área libre y colocó de manera vertical y a plomo el penetrómetro dinámico de cono, hecho esto se dio inicio el ensayo. Luego se procedió con la extracción de la muestra inalterada con el anillo de corte para ser ensayada en la prensa de CBR, y finalmente se realizó el ensayo de densidad de campo y contenido de humedad con Speedy.

Una vez obtenido la información de campo se procedió al retorno a la ciudad de Lima donde se realizaron los ensayos de granulometría por tamizado y límites de consistencia.

Obtenidos los datos de campo y laboratorio se procesó la información. El valor de CBR mediante las muestras inalteradas y el valor de PDC son comparados para cada punto de ensayo. Si estos resultados son observados si cumplen o tienen un grado de variación, si cumple es válida la misma y su aplicabilidad., de lo contrario se niega la validación y se prosigue a la obtención de la ecuación de correlación con los datos válidos. Finalmente se realiza una contrastación de hipótesis para afirmar lo planteado en esta investigación.

3.10. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.10.1. Técnicas



Figura 25: Técnicas aplicadas en la recolección de datos.

3.10.2. Instrumentos

- ❖ Cuaderno de campo para registro y exploración de suelos.
- ❖ Cámara fotográfica.
- ❖ Pico, lampa, barreta, llacsa, bolsas, wincha.
- ❖ Penetrómetro dinámico de cono
- ❖ Cono de Arena.
- ❖ Speedy.
- ❖ Moldes de CBR.
- ❖ Anillo de corte CBR.
- ❖ Juego de tamices.
- ❖ Cuchara de Casagrande.
- ❖ Laptop.

3.10.3. Ensayos de Campo

3.10.3.1. Ensayo de Penetración Dinámica de cono (PDC)

EQUIPOS Y MATERIALES

Para este ensayo se utilizó el PDC de 8 kg.

PROCEDIMIENTO

- ❖ **Comprobación del equipo.** Se revisa el equipo PDC para identificar errores de diseño, en particular el acople y la empuñadura, en desgaste de la barra o punta cono reutilizable. Todas las uniones deben estar bien ajustadas, incluyendo el ensamble de acople entre la punta cono reutilizable y la barra.



Figura 26: Penetrómetro dinámico de cono de 8kg.

- ❖ **Operación básica.** El operador sostiene el aparato por la empuñadura de manera vertical, un segundo operador levanta el mazo de 8kg hasta la altura estándar y lo suelta. Según la escala que se utilice se mide y toma nota de la penetración total para un número establecido de golpes.



Figura 27: Operación básica del PDC.

- ❖ **Lectura Inicial.** El DCP se sujeta verticalmente y la punta se coloca de tal manera que la parte superior más ancha de la punta está a nivel de la superficie del material a probar. Se obtiene una lectura inicial de la escala vertical graduada o una escala separada. La distancia es medida con precisión lo más cerca a 1 mm (0,04 pulgadas).
- ❖ **Continuidad del ensayo.** Dejando caer el mazo. Se sujeta el PDC en una posición vertical. El operador levanta el mazo hasta que solamente haga un ligero contacto con el mango. El mazo no debe hacer impacto sobre el mango cuando es levantado. Luego se suelta el mazo en caída libre y se deja que impacte sobre el ensamble de yunque. La cantidad de impactos y la penetración correspondiente son registradas.
- ❖ **Profundidad de la penetración.** La profundidad de la penetración variará según su aplicabilidad.

- ❖ **Impedimento del equipo PDC.** La presencia de agregados de gran tamaño ocasiona que la penetración falle o que se flexione la barra guía. Si después de 5 impactos, el DCP no ha avanzado más de 2 mm (0,08 pulgadas) o el mango se ha desviado más de 75 mm (3 pulgadas) de la posición vertical, se debe detener la prueba y mover el DCP hacia otro lugar donde realizarla. La nueva ubicación para la realización de la prueba debe estar ubicada con lo mínimo a unos 300 mm de la localización anterior, con el fin de minimizar el margen de error en la prueba ocasionado por problemas del material.
- ❖ **Extracción.** Luego de completar la prueba, el DCP es extraído golpeando el mazo hacia arriba contra la empuñadura.
- ❖ **Registro de datos.** Se registra datos de cantidad de golpes y penetración acumulada en mm. El número de impactos entre las lecturas puede variar, de acuerdo a la resistencia del material. Por lo general, las lecturas se toman luego de un número predeterminado de golpes, después de un impacto en el caso de materiales suaves, 5 impactos en el caso de materiales normales y 10 impactos en el caso de materiales muy resistentes. La penetración correspondiente a un número determinado de golpes se registra al 1 mm más cercano. También se debe realizar una lectura tan pronto cambien significativamente las propiedades del material o la razón de penetración.

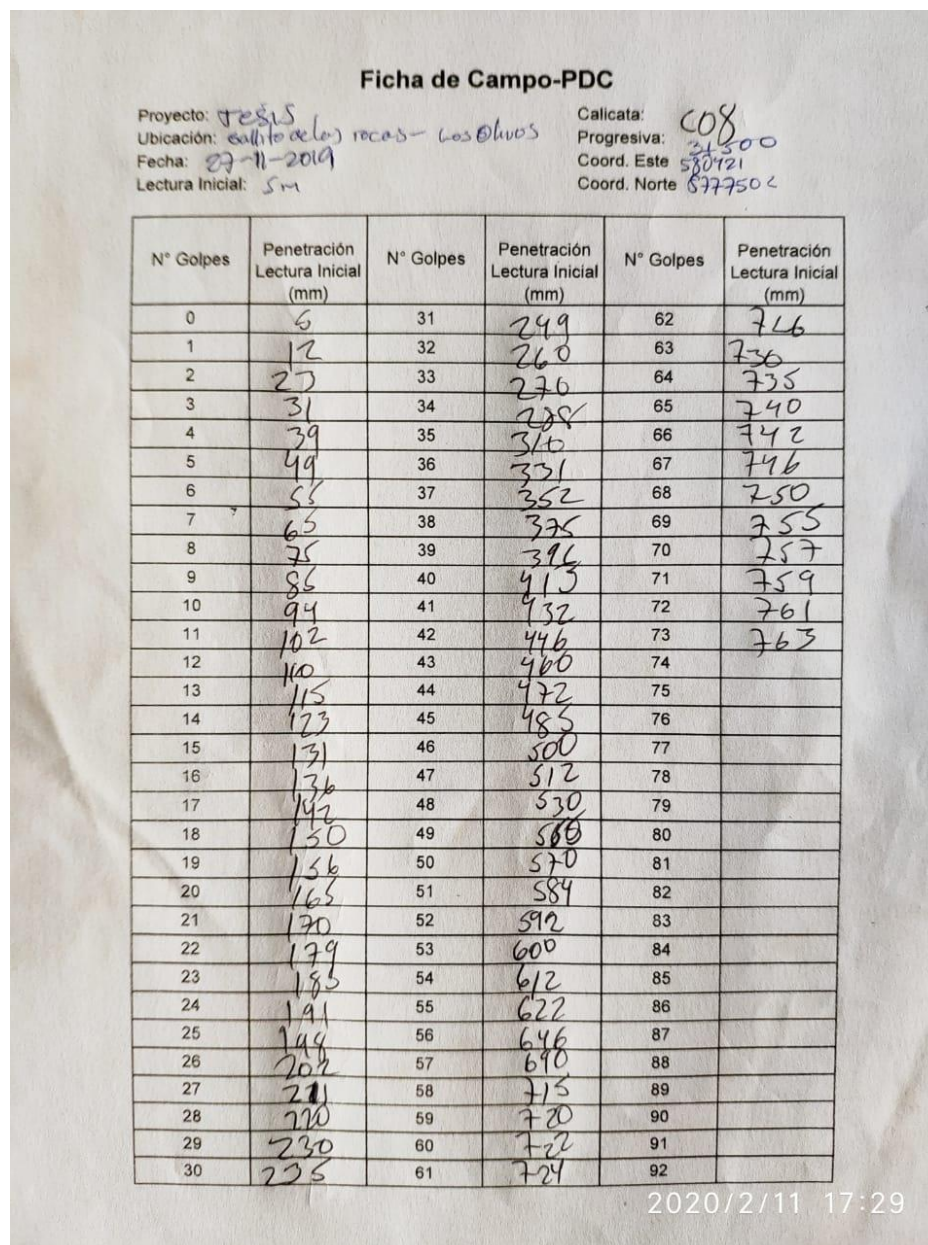


Figura 28: Registro de datos de campo ensayo PDC.

❖ **Resultados del ensayo.** Los datos obtenidos en campo son procesados mediante la metodología planteada por la ASTM D 6951-3.

Se calcula el IPDC que es la pendiente de la recta por estrato.

$$IPDC_e = \frac{Y2 - Y1}{X2 - X1} \dots \dots \dots (37)$$

Donde:

Y2: Penetración final en (mm)

Y1: Penetración inicial en (mm)

X2: Cantidad de golpes final (golpes)

X1: Cantidad de golpes Inicial (golpes)

$$IPDC_e = \frac{975 - 0}{57 - 0} = 17.11 \text{ mm/golpe}$$

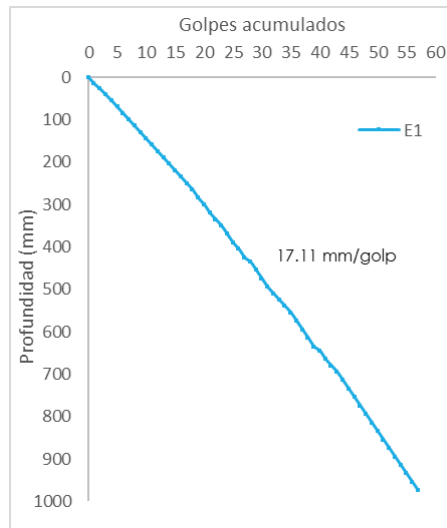


Figura 29. Curva PDC

El diagrama estructural viene hacer el índice de PDC por golpe calculado en las abscisas y la profundidad en las ordenadas respectivamente.

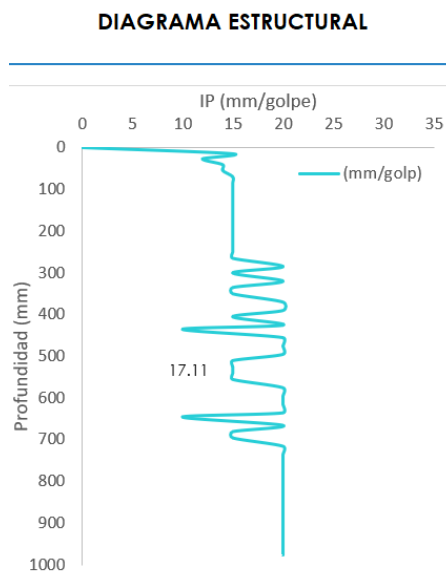


Figura 30. Diagrama estructural.

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C5

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 2+000

Fecha: 27-11-2019

Coord. Este : 581142

Lectura Inicial: 5

Coord. Norte : 8776714

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/g olpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	5	0	0	0	0	0.00	57	975	17.11
1	1	20	15	15	15	15	1.75			
2	1	32	27	12	12	12	3.51			
3	1	46	41	14	14	14	5.26			
4	1	60	55	14	14	14	7.02			
5	1	75	70	15	15	15	8.77			
6	1	90	85	15	15	15	10.53			
7	1	105	100	15	15	15	12.28			
8	1	120	115	15	15	15	14.04			
9	1	135	130	15	15	15	15.79			
10	1	150	145	15	15	15	17.54			
11	1	165	160	15	15	15	19.30			
12	1	180	175	15	15	15	21.05			
13	1	195	190	15	15	15	22.81			
14	1	210	205	15	15	15	24.56			
15	1	225	220	15	15	15	26.32			
16	1	240	235	15	15	15	28.07			
17	1	255	250	15	15	15	29.82			
18	1	270	265	15	15	15	31.58			
19	1	290	285	20	20	20	33.33			
20	1	305	300	15	15	15	35.09			
21	1	325	320	20	20	20	36.84			
22	1	340	335	15	15	15	38.60			
23	1	355	350	15	15	15	40.35			
24	1	375	370	20	20	20	42.11			
25	1	395	390	20	20	20	43.86			
26	1	410	405	15	15	15	45.61			
27	1	430	425	20	20	20	47.37			
28	1	440	435	10	10	10	49.12			
29	1	460	455	20	20	20	50.88			
30	1	480	475	20	20	20	52.63			
31	1	500	495	20	20	20	54.39			
32	1	515	510	15	15	15	56.14			
33	1	530	525	15	15	15	57.89			
34	1	545	540	15	15	15	59.65			
35	1	560	555	15	15	15	61.40			
36	1	580	575	20	20	20	63.16			
37	1	600	595	20	20	20	64.91			
38	1	620	615	20	20	20	66.67			
39	1	640	635	20	20	20	68.42			
40	1	650	645	10	10	10	70.18			
41	1	670	665	20	20	20	71.93			
42	1	685	680	15	15	15	73.68			
43	1	700	695	15	15	15	75.44			
44	1	720	715	20	20	20	77.19			
45	1	740	735	20	20	20	78.95			
46	1	760	755	20	20	20	80.70			
47	1	780	775	20	20	20	82.46			
48	1	800	795	20	20	20	84.21			
49	1	820	815	20	20	20	85.96			
50	1	840	835	20	20	20	87.72			
51	1	860	855	20	20	20	89.47			
52	1	880	875	20	20	20	91.23			
53	1	900	895	20	20	20	92.98			
54	1	920	915	20	20	20	94.74			
55	1	940	935	20	20	20	96.49			
56	1	960	955	20	20	20	98.25			
57	1	980	975	20	20	20	100.00			

Figura 31. Procesamiento de datos.

El balance estructural es igual a la relación entre el numero de golpes requerido entre la cantidad de golpes acumulado por 100, tal como se muestra en la figura 31. Se grafica balance estructural (%) en las abscisas y la profundidad en las ordenadas respectivamente.

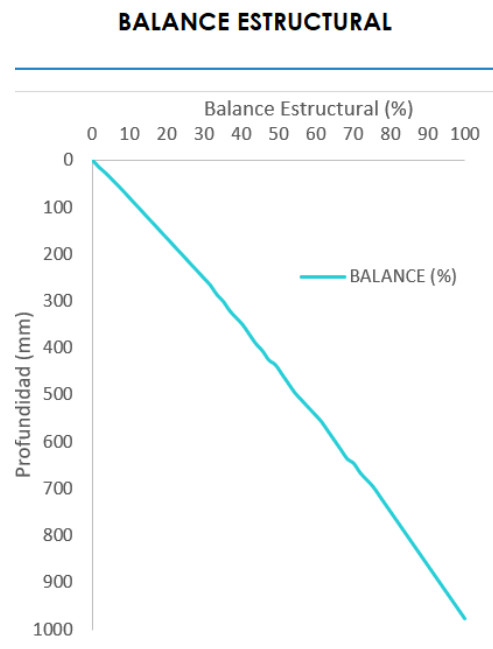


Figura 32. Balance estructural.

3.10.3.2. Ensayo de densidad de campo y contenido de humedad

EQUIPOS Y MATERIALES

- ❖ Cuaderno de campo para registro.
- ❖ Cámara fotográfica.
- ❖ Cíncel, wincha, brocha, cuchara, martillo, envase
- ❖ Placa.
- ❖ Cono de Arena.
- ❖ Arena calibrada
- ❖ Balanza

- ❖ Tamiz 3/4"
- ❖ Carburo de Calcio.
- ❖ Dos esferas de acero de 31,75 mm.
- ❖ Cepillo y trapo de limpieza
- ❖ Cuchara para medir el reactivo de carburo de calcio.
- ❖ Medidor de humedad de gas a presión con carburo de calcio.
- ❖ Balanza precisión

PROCEDIMIENTO

DENSIDAD DE CAMPO MEDIANTE CONO DE ARENA

- ❖ En caso de que el terreno no se encuentre nivelado, perfilarlo de manera que toda el área de la placa metálica este en contacto con el suelo.
- ❖ Una vez ubicada la placa metálica, se procedió hacer el orificio en el suelo con el cincel.
- ❖ Se recogió el suelo extraído con la cuchara y la brocha en el envase para luego ser pesado.
- ❖ Se pesó la arena con el frasco.
- ❖ Se colocó el cono de arena en la placa metálica y se abrió la válvula.
- ❖ Al final, se cierra la válvula y se pesa el cono de arena con la arena restante.



Figura 33. Ensayo de cono de Arena.

CONTENIDO DE HUMEDAD MEDIANTE EL CARBURO DE CALCIO

- ❖ Para hallar el contenido de humedad, se pesó una muestra de suelo de 26g de acuerdo a la calibración del equipo e insertar la muestra en el probador del vaso de presión.
- ❖ Insertar las dos esferas junto con el carburo de calcio en el cuerpo del vaso de presión.
- ❖ Con el vaso de presión en una posición horizontal, insertar el probador y sellarla, apretando la abrazadera, teniendo cuidado de que el carburo de calcio no esté en contacto con la muestra de suelo hasta que no esté completamente sellada.
- ❖ Levantar el vaso de forma vertical para que el suelo entre en contacto con las esferas y el carburo de calcio, luego agitar el aparato en una posición casi horizontal de manera que no se dañe el equipo. Realizar esto al menos 180 segundos, para tener la certeza de que todos los terrones se rompan para que

el carburo de calcio reaccione con toda la humedad libre. Deberá dejarse en reposo para permitir la disipación del calor generado por la reacción química.

- ❖ Cuando se deje de mover la aguja, leer el dial, manteniendo el instrumento en una posición horizontal a la altura del ojo.



Figura 34. Ensayo de contenido de humedad.



Figura 35. Muestra de suelo después del ensayo.

3.10.3.3. Extracción de muestra inalterada y ensayo de CBR.

EQUIPOS Y MATERIALES

- ❖ Cuaderno de campo para registro.
- ❖ Cámara fotográfica.
- ❖ Pico, lampa, barreta, llacsa, bolsas, wincha.
- ❖ Moldes de CBR.
- ❖ Anillo de corte CBR.
- ❖ Enrazador metálico.

PROCEDIMIENTO

- ❖ Se excavo un pozo de 50x50x30 cm aproximadamente en el sitio de estudio.
- ❖ Se coloca el anillo de corte CBR en el molde, para ser introducido en el lugar de estudio.



Figura 36. Anillo de corte y molde CBR introducido en el suelo.

- ❖ Con mucho cuidado introducir el molde con ayuda de un martillo de goma, realizando golpes uniformes en la parte superior del molde, también puede ayudarte con una madera en forma de cruz para evitar el contacto directo con el molde y evitar que se rompa la muestra de suelo inalterado. Se coloca el disco espaciador a medida que se va penetrando para ir midiendo la altura final que se debe alcanzar.



Figura 37. Disco espaciador para medir la altura del suelo a penetrar.

- ❖ Se extrae la muestra inalterada y se procede a cortar el suelo y retirar el disco espaciador.



Figura 38. Perfilado de muestra inalterada y retiro del anillo de corte CBR.

- ❖ Debido a que se buscó el mayor cuidado y obtener la mayor precisión, se instaló una prensa CBR en el centro poblado Cana Edén que estaba aproximadamente entre 3 a 20 minutos en camioneta del punto de inicio y final del tramo de estudio. Esto para evitar pérdida de humedad y que se dañe la muestra en el viaje a la ciudad de Lima, donde se encuentra el laboratorio. A pesar de ello, se cubrió con una envoltura plástica hasta que la muestra sea ensayada.
- ❖ Para concluir, se introducía los anillos de sobrecarga, y se procede a realizar el ensayo en la prensa de CBR, cabe resaltar que de su extracción hasta la hora del ensayo el intervalo de tiempo era menor a 3 horas en el caso más crítico.



Figura 39. Muestras inalteradas con anillos de sobrecarga.



Figura 40. Ensayo de muestra inalterada en prensa CBR.

3.10.4. Ensayos de laboratorio

3.10.4.1. Análisis Granulométrico por Tamizado

EQUIPOS Y MATERIALES

- ❖ Cuaderno de laboratorio para registro.
- ❖ Cámara fotográfica.
- ❖ Pico, lampa, barreta, llacsa, bolsas, wincha, recipientes.
- ❖ Juego de tamices.
- ❖ Balanza electrónica
- ❖ Tamiz N° 200 de lavado.
- ❖ Horno.

PROCEDIMIENTO

- ❖ Una vez extraído las muestras de suelo representativo por punto de estudio, las muestras fueron enviadas al laboratorio.



Figura 41. Muestras representativas de los puntos de estudio.

- ❖ Las muestras son pesadas con su humedad natural para luego ser secadas en el horno a 110 °C, y así obtener el contenido de humedad. Luego es pesado y

posteriormente lavado utilizando el tamiz N°200 de lavado. Terminado este proceso se vuelve a introducir al horno para obtener el peso seco lavado.

- ❖ Para finalizar la muestra de suelo seco lavado es introducido al juego de tamices. En la operación de tamizado manual. Los tamices se mueven de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Al comprobarse que la operación esta terminada, pesar la muestra de suelo retenido en cada tamiz.



Figura 42. Juego de tamices empleados para clasificar las muestras de suelo.



Figura 43. Muestras de suelos ya tamizados.

3.10.4.2. Límites de consistencia

EQUIPOS Y MATERIALES

- ❖ Cuaderno de laboratorio para registro.
- ❖ Cámara fotográfica.
- ❖ Cuchara de Casagrande.
- ❖ Vasija de porcelana
- ❖ Balanza electronica
- ❖ Acanalador.
- ❖ Horno.

PROCEDIMIENTO

LÍMITE LÍQUIDO

- ❖ Se procedió a preparar muestra de suelo, esto se realizó con el tamiz N°40, una vez obtenido, se colocó una porción en la copa de la cuchara de Casagrande, presionándola y esparciéndola hasta alcanzar una profundidad de 10 mm aproximadamente.
- ❖ Utilizando el acanalador, se dividió la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea entre el punto mas alto y bajo del borde de la copa.
- ❖ Se procedió a levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1.9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades se junten una longitud de 13mm aproximadamente. Terminado el proceso, se registra la cantidad de golpes. (MTC, 2016).



Figura 44. Muestra de suelo en la cuchara de Casagrande.

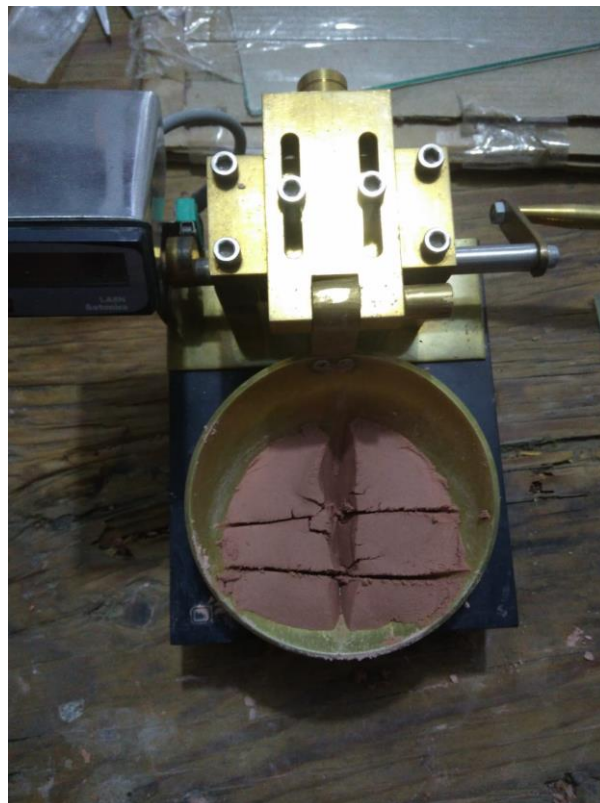


Figura 45. Muestra de suelo después de realizar los golpes.

- ❖ Se pesa la muestra húmeda y luego se introduce al horno para finalmente pesar la muestra seca.

LÍMITE PLÁSTICO

EQUIPOS Y MATERIALES

- ❖ Cuaderno de laboratorio para registro.
- ❖ Cámara fotográfica.
- ❖ Vidrio grueso esmerilado
- ❖ Vasija de porcelana
- ❖ Balanza electrónica
- ❖ Horno.

PROCEDIMIENTO

- ❖ Se toma la muestra preparada de suelo, esto se realizó con el tamiz N°40 para el límite líquido, y se moldea en forma de elipsoide, luego, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
- ❖ Se realiza este proceso hasta que el cilindro presente alguna fractura, debe tener un equivalente a 3,2 mm de diámetro. Terminado esto se procede a obtener la humedad de igual forma a lo ya indicado líneas arriba. (MTC, 2016).



Figura 46. Ensayo limite plástico.

3.11. Método estadístico

Para agilizar el procesamiento de los datos se utilizará el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Programa comercial usado a nivel mundial para realizar análisis estadístico de datos.

3.11.1 Prueba de Normalidad

Se realizó la prueba de normalidad para verificar la normalidad de los datos obtenidos en campo. Se eligió el método de Shapiro Wilks, ya que la cantidad de datos no superan las 50 unidades. Primero planteamos las siguientes hipótesis nula y alternativa:

- H_0 : Los datos observados de las variables siguen una distribución normal.
- H_a : Los datos observados de las variables no siguen una distribución normal.

Debido a los resultados de la clasificación de suelos, donde 11 muestras son suelos finos, 2 muestras son suelos gruesos, se optó por realizar la prueba al grupo de suelos finos.

Tabla 14. Resultados de los ensayos de campo y laboratorio para suelos finos.

CALICATA	SUCS	AASHTO	IPDC (mm/golpe)	CBR (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD DE CAMPO (gr/cm3)
1	ML	A-4 (0)	20.21	3.50	30.71	1.71
2	ML	A-4 (0)	29.55	2.67	26.53	1.72
3	ML	A-4 (0)	29.39	2.84	21.27	1.67
5	CL	A-4 (3)	17.11	3.52	20.47	1.60
6	CL	A-4 (3)	13.37	5.08	18.45	1.55
7	CL	A-4 (6)	12.79	4.84	32.28	1.61
8	CL	A-4 (3)	8.03	7.63	12.15	1.63
10	ML	A-4 (0)	8.73	8.23	10.98	1.65
11	ML	A-4 (0)	7.94	7.03	12.89	1.56
12	ML	A-4 (0)	29.52	3.08	23.52	1.66
13	ML	A-4 (0)	33.86	2.55	28.32	1.75

3.11.1.1. Prueba de normalidad IPDC.

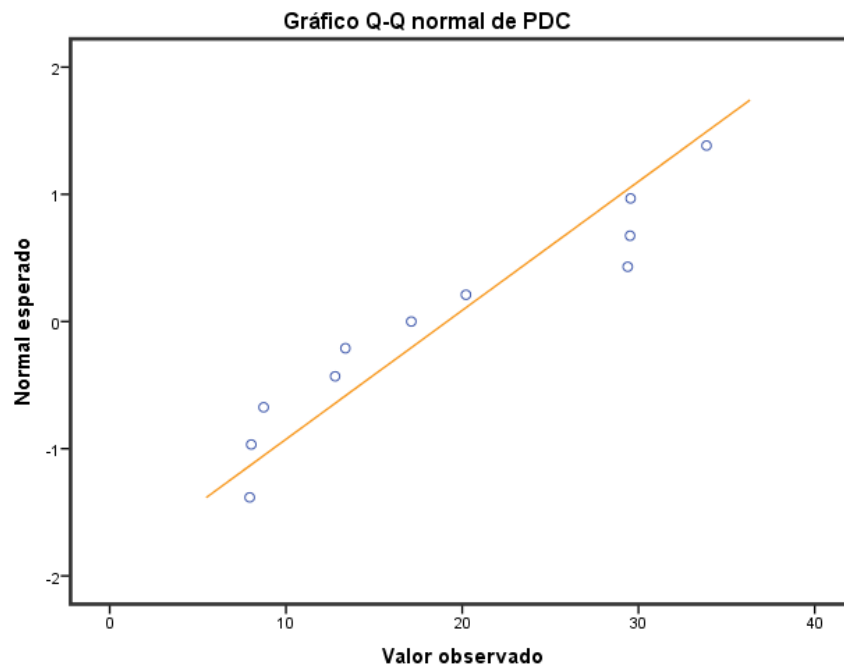


Figura 47. Normalidad IPDC.

3.11.1.2. Prueba de normalidad CBR.

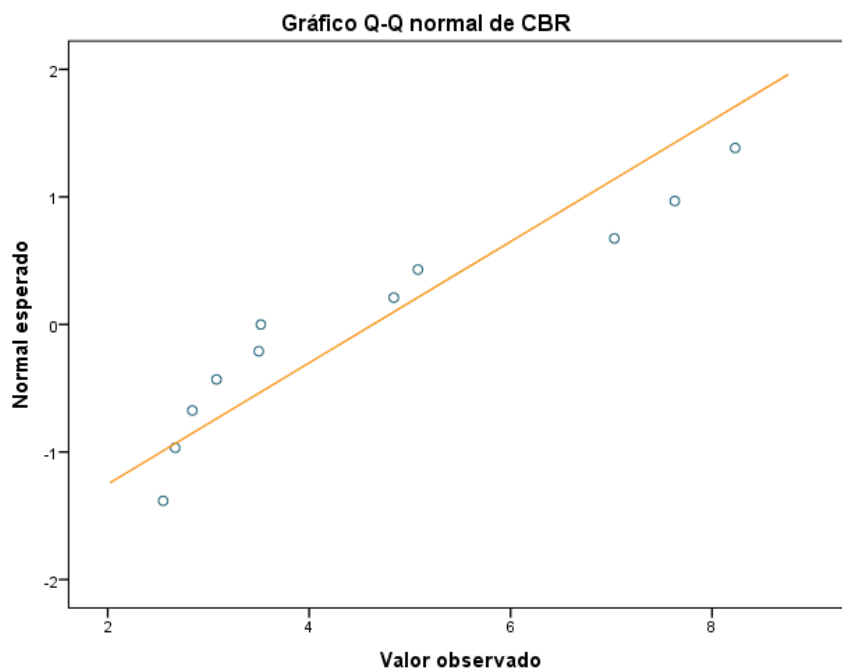


Figura 48. Normalidad CBR.

3.11.1.3. Prueba de normalidad contenido de humedad.

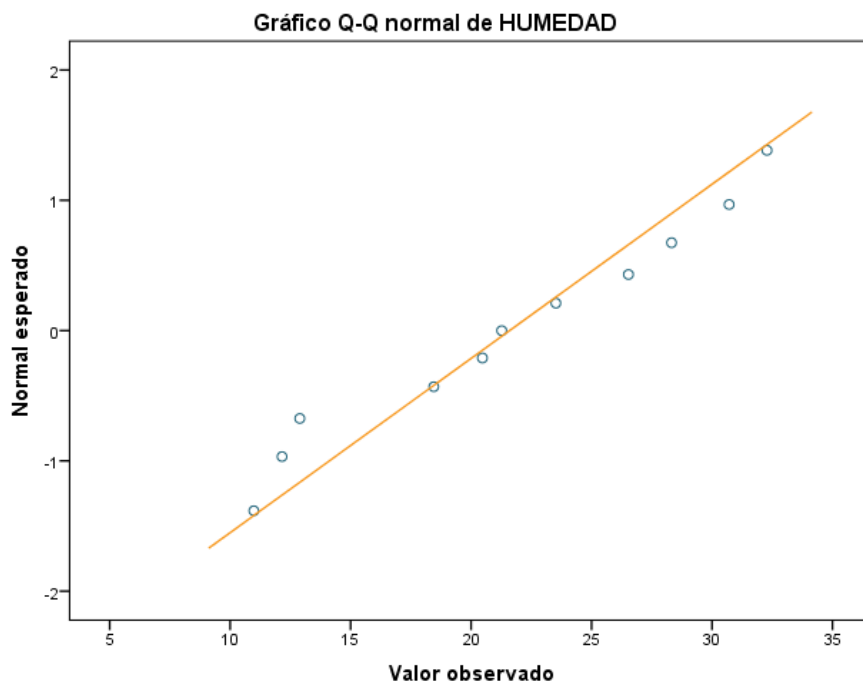


Figura 49. Normalidad del contenido de humedad.

3.11.1.4. Prueba de normalidad densidad de campo.

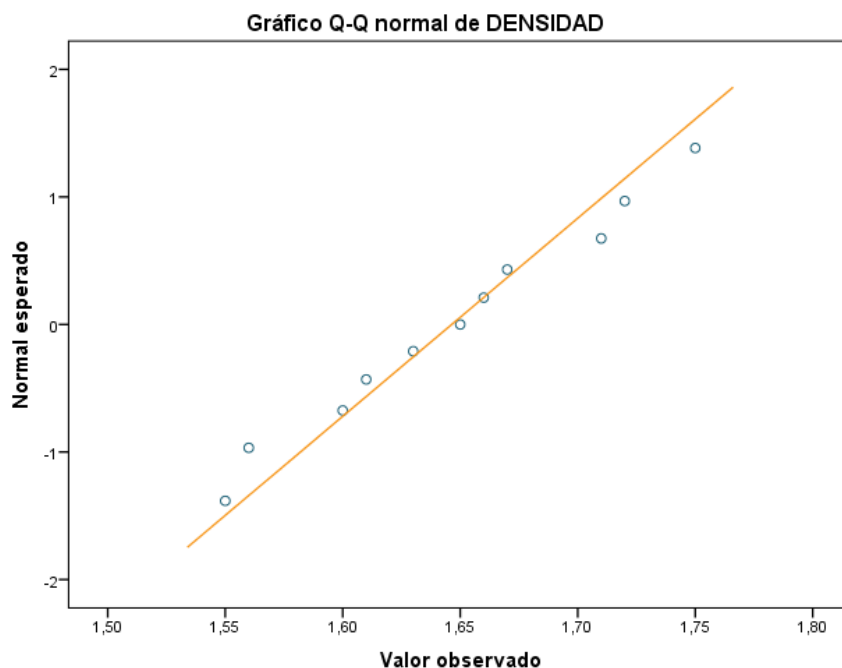


Figura 50. Normalidad densidad de campo.

Se tienen las normalidades probadas de cada una de las variables CBR, IPDC, contenido de humedad y densidad de campo. Como se mencionó en la teoría:

Si el P- valor o Sig. es < 0.01 se rechaza “ h_0 ”

Si el P- valor o Sig. es > 0.01 se acepta “ h_0 ”

A continuación, se muestra el resumen de los resultados.

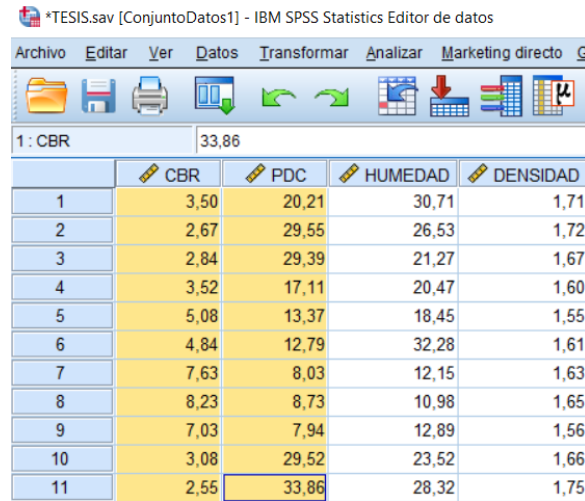
Tabla 15. Resumen prueba de normalidad Shapiro Wilks.

VARIABLE	ESTADÍSTICO	GL	SIGNIFICANCIA	CONDICION
CBR	0.855	11	$0.05 > 0.01$	D. normal
IPDC	0.876	11	$0.092 > 0.01$	D. normal
DENSIDAD	0.971	11	$0.893 > 0.01$	D. normal
C.HUMEDAD	0.941	11	$0.527 > 0.01$	D. normal

De la tabla 15 se obtiene la siguiente interpretación. Debido a que la significancia de las variables CBR, IPDC, densidad, contenido de humedad son mayores a 0.01, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, la cual nos dice que las variables siguen una distribución normal.

3.11.2 Análisis de regresión Lineal entre el IPDC y CBR.

- ❖ Se presenta el conjunto de datos de la variable dependiente CBR, y la variable independiente IPDC en el programa SPSS para su posterior análisis estadístico.



*TESIS.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

	CBR	PDC	HUMEDAD	DENSIDAD
1	3,50	20,21	30,71	1,71
2	2,67	29,55	26,53	1,72
3	2,84	29,39	21,27	1,67
4	3,52	17,11	20,47	1,60
5	5,08	13,37	18,45	1,55
6	4,84	12,79	32,28	1,61
7	7,63	8,03	12,15	1,63
8	8,23	8,73	10,98	1,65
9	7,03	7,94	12,89	1,56
10	3,08	29,52	23,52	1,66
11	2,55	33,86	28,32	1,75

Figura 51. Conjunto de datos CBR, IPDC.

- ❖ De acuerdo al modelo matemático presentado por la normativa ASTM D6951-3, y ya que buscamos la regresión con mejor ajuste estadístico, planteamos una regresión lineal potencial. Para ello nos vamos a la pestaña **Analizar**, seleccionamos **regresión, estimación curvilínea**.

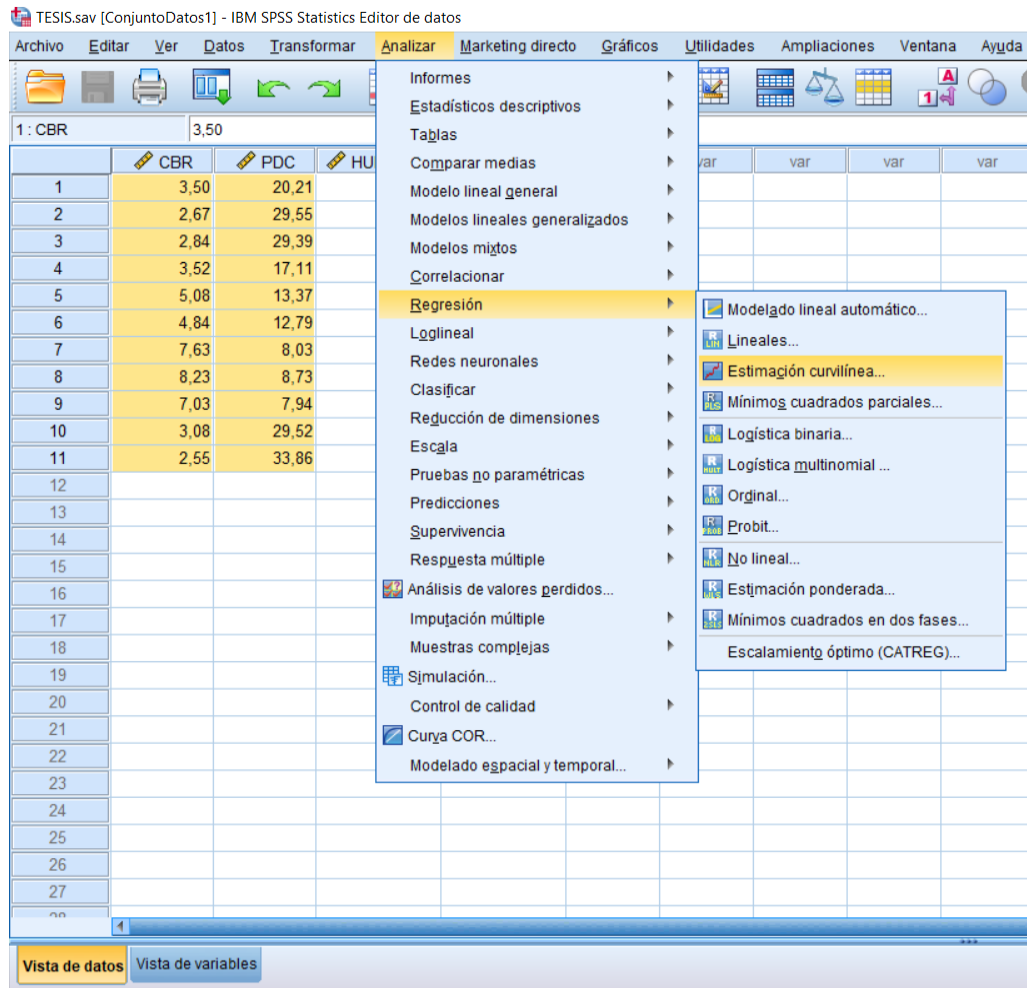


Figura 52. Regresión, estimación curvilínea.

- ❖ Seleccionamos la variable dependiente CBR y la variable independiente IPDC donde corresponde, como se muestra en la figura 53. Marcamos modelo potencial y ver tabla ANOVA.

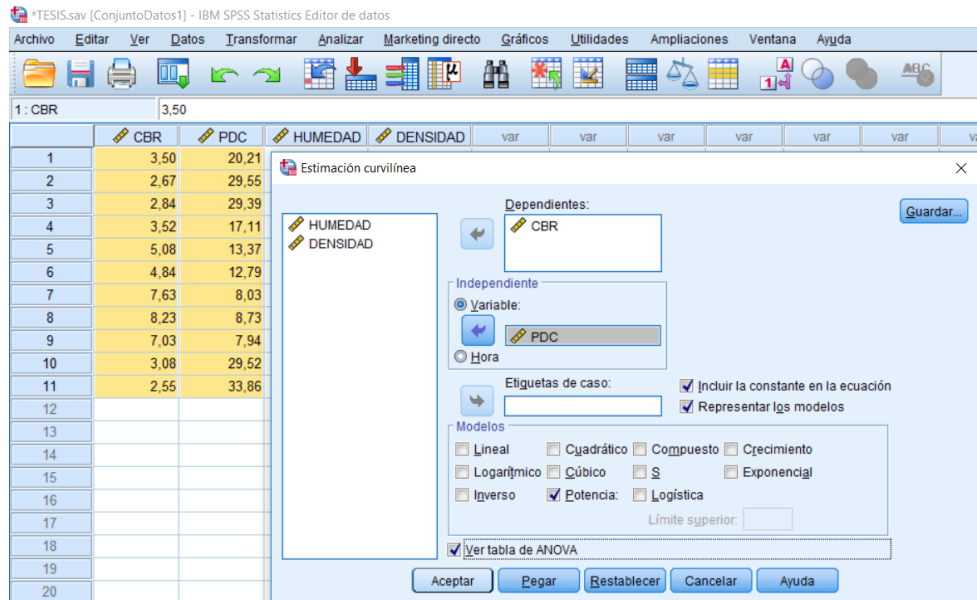


Figura 53.Ubicación de las variables en la estimación curvilínea.

❖ Por último, se abrirá la ventana de resultados donde obtendremos lo siguiente:

Tabla 16.Prueba de Significancia ANOVA para la regresión lineal potencial.

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Significancia
Regresión	1.813	1	1.813	193.853	0.000
Residuo	0.084	9	0.009		
Total	1.898	10			

Nota: suma de cuadrados, gl, media cuadrática, F, significancia son adimensionales.

La tabla 16 nos muestra la prueba de significancia ANOVA donde nos muestra si existe relación entre las variables, para lo cual deberá cumplir lo siguiente:

Ho: Las variables no están linealmente relacionadas

Ha: Las variables están linealmente relacionadas.

Si Sig. < 0.05 entonces las variables están linealmente relacionadas.

Si Sig. > 0.05 entonces las variables no están linealmente relacionadas.

Como el valor de la significancia $0.000 < 0.05$, entonces rechazamos la hipótesis nula y afirmamos que las variables están linealmente relacionadas.

Tabla 17. Coeficientes de la regresión lineal potencial.

MODELO	Descripción	B	Error estándar	significancia
Regresión lineal potencial	IPDC	-0.76	0.055	0.000
	Constante	36.098	5.652	0.000

Nota: B, error estándar significancia son adimensionales.

$$CBR = \frac{36.098}{IPDC^{0.76}} \dots \dots (38)$$

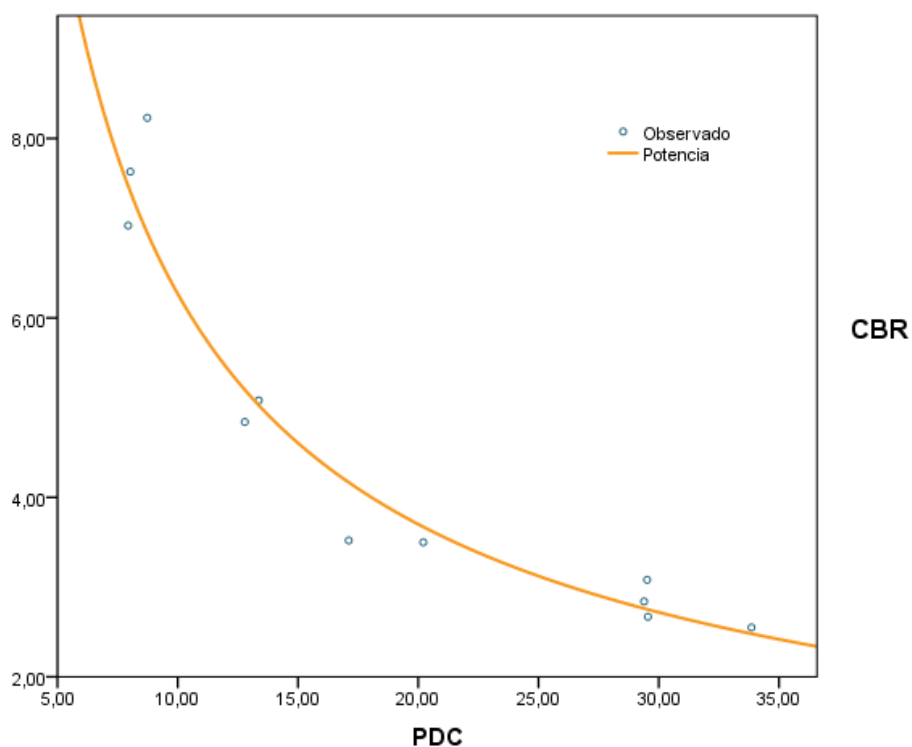


Figura 54. Gráfico de dispersión de datos CBR, IPDC.

Después de verificar si las variables están linealmente relacionadas, en la tabla 15 se verificó si los coeficientes obtenidos de la ecuación 38 influyen significativamente en el valor de CBR. Para ello planteamos lo siguiente:

Ho: La variable no influyen significativamente en el modelo.

Ha: La variable influyen significativamente en el modelo.

IPDC: $p=0.000 < 0.05$ Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la variable IPDC influye significativamente en el modelo de regresión lineal potencial.

Tabla 18. Resumen del modelo de regresión lineal potencial.

MODELO	r	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
Regresión lineal potencial	0.978	0.956	0.951	0.097

Nota: r, R cuadrado, R cuadrado ajustado, error estándar de la estimación son adimensionales.

Finalmente, después de verificar si la variable IPDC está relacionada linealmente y si influye significativamente en el valor de CBR, ahora veremos el grado de correlación que tiene. En la tabla 18 contamos con un coeficiente de correlación (r) igual a 0.978, la cual de acuerdo a la tabla 9 lo clasifica como un grado de correlación muy alta entre la variable dependiente CBR y la variable independiente IPDC. También contamos con el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}) con un valor de 0.951, la cual se interpreta como el 95,1% de la variable dependiente CBR es explicada por la variable independiente IPDC.

3.11.3 Análisis de regresión múltiple entre el CBR, IPDC, densidad y contenido de humedad.

Como la observación y la practica nos enseñó que el valor de CBR depende de la densidad y el contenido de humedad del suelo, incluiremos estas variables al modelo y realizaremos un análisis de regresión múltiple, como se detalla a continuación:

- ❖ Se presenta el conjunto de datos de la variable dependiente CBR, y las variables independientes IPDC, contenido de humedad y densidad en el programa SPSS para su posterior análisis estadístico.

*TESIS.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo G

1 : CBR 1,75

	CBR	PDC	HUMEDAD	DENSIDAD
1	3,50	20,21	30,71	1,71
2	2,67	29,55	26,53	1,72
3	2,84	29,39	21,27	1,67
4	3,52	17,11	20,47	1,60
5	5,08	13,37	18,45	1,55
6	4,84	12,79	32,28	1,61
7	7,63	8,03	12,15	1,63
8	8,23	8,73	10,98	1,65
9	7,03	7,94	12,89	1,56
10	3,08	29,52	23,52	1,66
11	2,55	33,86	28,32	1,75

Figura 55. Conjunto de datos CBR, IPDC, contenido de humedad y densidad.

❖ Seleccionamos la pestaña Analizar, luego regresión, por último, lineales.

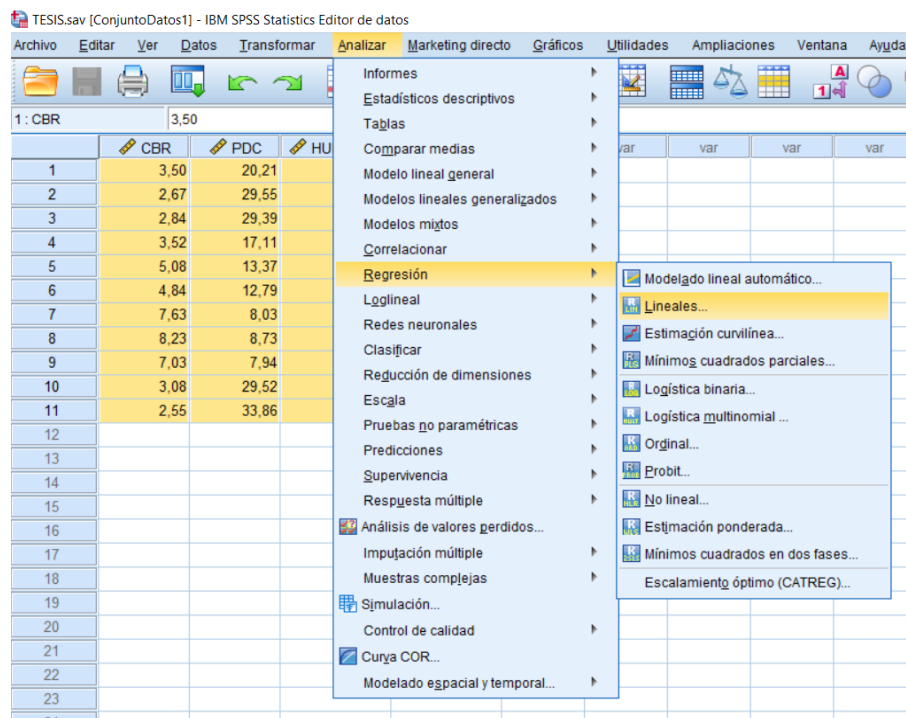


Figura 56. Selección de regresión lineal.

- ❖ Seleccionamos la variable dependiente CBR y las variables independientes IPDC, contenido de humedad y densidad.

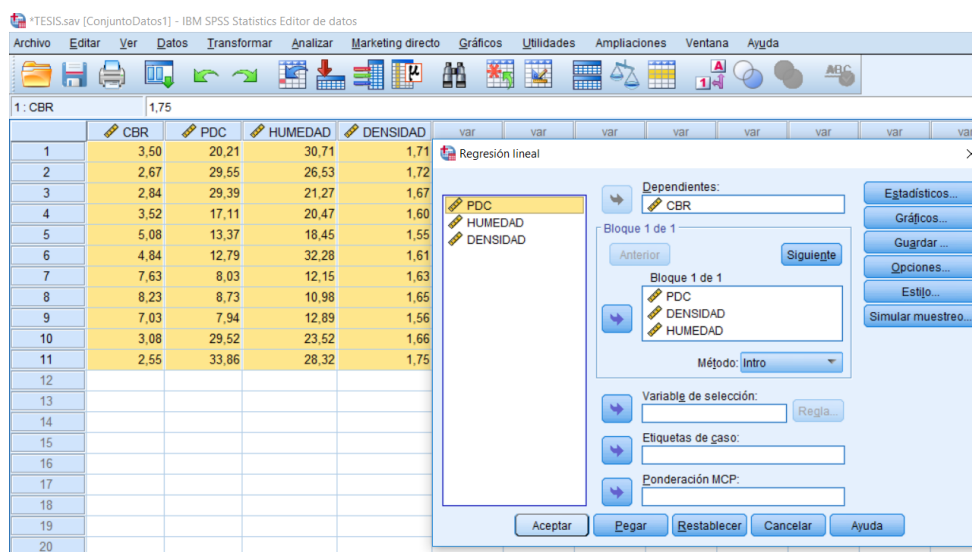


Figura 57. Ubicación de datos.

- ❖ Terminado el proceso, se abrirá la ventana de resultados donde obtendremos:

Tabla 19. Prueba de Significancia ANOVA para la regresión lineal múltiple.

Descripción	Suma de cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	Significancia
Regresión	41.659	3	13.886	37.522	0.00011
Residuo	2.591	7	0.370		
Total	44.250	10			

Nota: suma de cuadrados, gl, media cuadrática, F, significancia son adimensionales.

La tabla 19 nos muestra la prueba de significancia ANOVA donde nos muestra si existe relación entre las variables, para lo cual deberá cumplir lo siguiente:

Ho: Las variables no están linealmente relacionadas

Ha: Las variables están linealmente relacionadas.

Si Sig. < 0.05 entonces las variables están linealmente relacionadas.

Si Sig. > 0.05 entonces las variables no están linealmente relacionadas.

Como el valor de la significancia $0.00011 < 0.05$, entonces rechazamos la hipótesis nula y afirmamos que las variables están linealmente relacionadas.

Tabla 20. Coeficientes de la regresión lineal potencial.

MODELO	Descripción	B	Error estándar	significancia
Regresión lineal múltiple.	Constante	-7.586	6.994	0.314
	PDC	-0.193	0.032	0.00047
	Densidad	11.172	4.522	0.043
	C. Humedad	-0.115	0.032	0.010

Nota: B, error estándar significancia son adimensionales.

$$CBR = 11.172\gamma - 0.115\%W - 0.193IPDC - 7.586 \dots \dots (39)$$

Después de verificar si las variables están linealmente relacionadas, ahora en la tabla 18 verificaremos si los coeficientes obtenidos de la ecuación 39 influyen significativamente en el valor de CBR. Para ello planteamos lo siguiente:

Ho: Las variables no influyen significativamente en el modelo.

Ha: Las variables influyen significativamente en el modelo.

IPDC: $p=0.00047 < 0.05$ Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la variable IPDC influye significativamente en el modelo de regresión lineal potencial.

Densidad: $p=0.043 < 0.05$ Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la variable densidad influye significativamente en el modelo de regresión lineal potencial.

C. Humedad: $p=0.010 < 0.05$ Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se concluye que la variable contenido de humedad influye significativamente en el modelo de regresión lineal potencial.

Tabla 21. Resumen del modelo de regresión lineal potencial.

MODELO	r	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
Regresión lineal potencial	0.97	0.941	0.916	0.097

Nota: r, R cuadrado, R cuadrado ajustado, error estándar de la estimación son adimensionales

Finalmente, después de verificar si la variable IPDC está relacionada linealmente y si influye significativamente en el valor de CBR, ahora veremos el grado de correlación que tiene. En la tabla 19 contamos con un coeficiente de correlación (r) igual a 0.97, la cual de acuerdo a la tabla 9 lo clasifica como un grado de correlación muy alta entre la variable dependiente CBR y las variables independientes IPDC, densidad del suelo y contenido de humedad. También contamos con el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}) con un valor de 0.916, la cual se interpreta como el 91,6% de la variable dependiente CBR es explicada por las variables independientes IPDC, densidad y contenido de humedad.

Capítulo IV. Resultados y Discusión

4.1. Resultados Observados

Terminado el procesamiento de los datos de campo y laboratorio del tramo Gallito de las Rocas- C.P. Los Olivos obtenemos la tabla 22.

Tabla 22. Resultados de los estudios de campo y laboratorio.

CALICATA	SUCS	AASHTO		IPDC (mm/golpe)	CBR (%)	C.H CARBURO DE CALCIO (%)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD DE CAMPO (gr/cm3)
1	ML	A-4	(0)	20.21	3.50	31.20	30.71	1.71
2	ML	A-4	(0)	29.55	2.67	26.00	26.53	1.72
3	ML	A-4	(0)	29.39	2.84	22.80	21.27	1.67
4	SC	A-5	(2)	7.90	7.50	18.00	17.86	1.83
5	CL	A-4	(3)	17.11	3.52	21.00	20.47	1.60
6	CL	A-4	(2)	13.37	5.08	19.00	18.45	1.55
7	CL	A-4	(6)	12.79	4.84	32.00	32.28	1.61
8	CL	A-4	(3)	8.03	7.63	12.60	12.15	1.63
9	SM	A-2-4	(0)	4.85	14.21	13.50	12.88	1.95
10	ML	A-4	(0)	8.73	8.23	10.00	10.98	1.65
11	ML	A-4	(0)	7.94	7.03	14.00	12.89	1.56
12	ML	A-4	(0)	29.52	3.08	24.60	23.52	1.66
13	ML	A-4	(0)	33.86	2.55	30.20	28.32	1.75

Como se observa se realizaron 13 puntos de estudio de los cuales, de acuerdo a la clasificación de suelos, resultaron ser suelos finos, a excepción del número 4 y 9. Por ende, las ecuaciones calculadas son estrictamente para suelos finos, debido a que los suelos granulares tienen otro comportamiento como lo aclara la normativa ASTM D 6951-3.

De la tabla 22 observamos que los resultados del contenido de humedad mediante el carburo de calcio son similares al obtenido mediante el método tradicional, por ende, se

ratificó la precisión del ensayo. Para las ecuaciones de regresión se utilizó las obtenidas por el método tradicional, debido a la precisión con la que cuenta.

Respecto a los resultados de la densidad natural del suelo mediante el cono de arena, se utilizó la siguiente tabla mencionada en la parte teórica a manera de verificación.

Tabla 23. Intervalos de densidad natural del suelo.

Material		Densidad Natural (k/m ³)	
		Densidad Volum.	Densidad Seca
Arena y grava	Muy suelta	1700 – 1800	1300 – 1400
	Suelta	1800 – 1900	1400 – 1500
	Medio densa	1900 - 2100	1500 – 1800
	Densa	2000 – 2200	1700 – 2000
	Muy densa	2200 - 2300	2000 - 2200
Arena	Pobremente gradada	1700 - 1900	1300 – 1500
	Bien gradada	1800 - 2300	1400 – 2200
	Mezcla arena bien gradada + grava	1900 - 2300	1500 - 2200
Arcilla	Lodo no consolidado	1600 – 1700	900 – 1100
	Blanda, agrietada	1700 – 1900	1100 – 1400
	Típica, norm. Cons.	1800 – 2200	1300 – 1900
	Morrena (sobrecons)	2000 - 2400	1700 - 2200
Suelos Rojos Tropicales		1700 - 2100	1300 - 1800

Fuente: CISMID (2016)

Como se puede observar los valores están dentro de los intervalos de suelos finos típicos normalmente consolidado, entre 1.3-1.9 gr/cm³. Por lo cual, se ratifica los resultados.

En la tabla 22, se muestra los resultados del índice de penetración dinámica de cono, por cada uno se obtiene la curva PDC, diagrama estructural y balance estructural como se muestra a continuación.

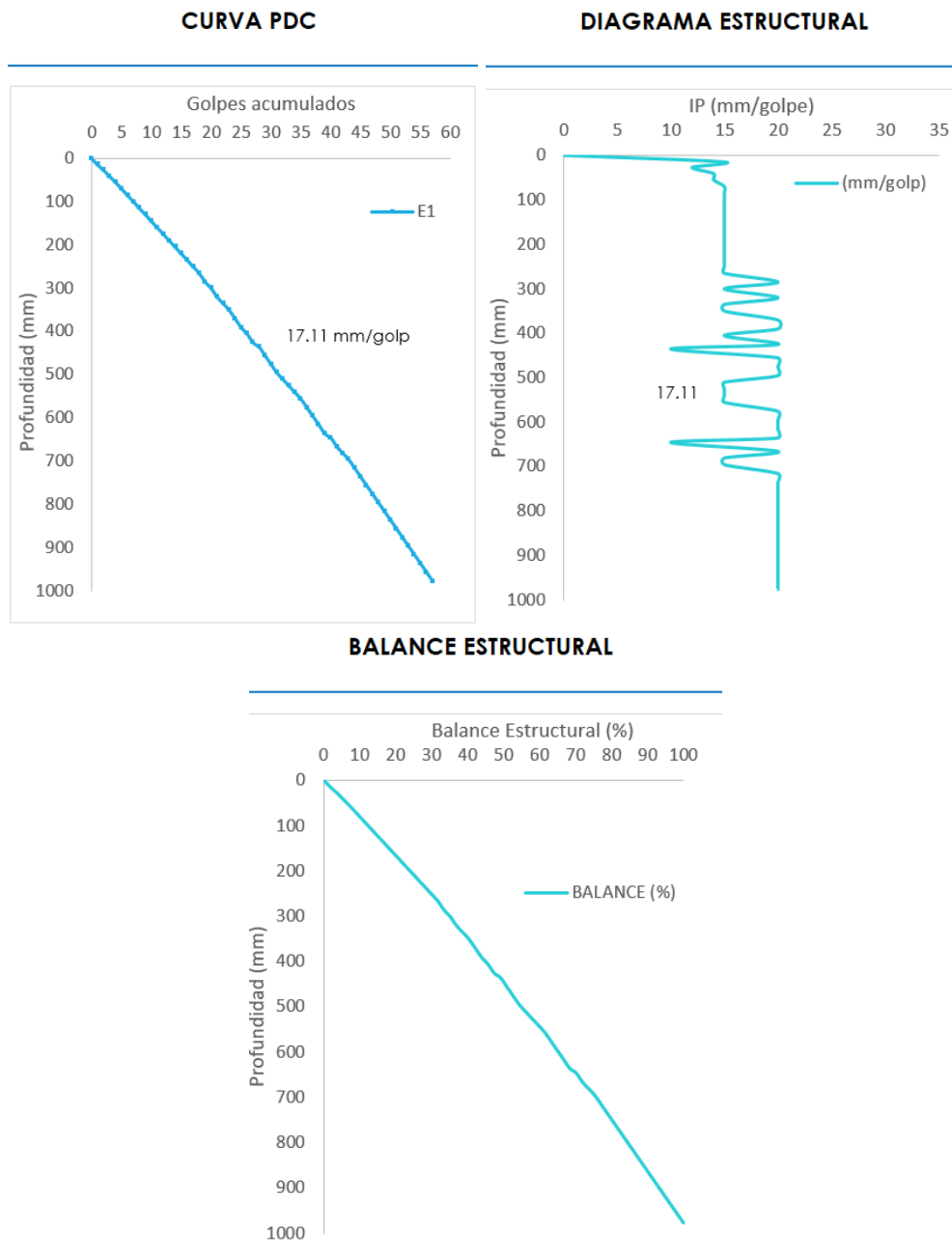


Figura 58. Graficas del ensayo de PDC.

Se muestra los resultados del punto de exploración 5. De la curva PDC se obtiene la homogeneidad de las capas del suelo, que en este caso es 1, a mayor pendiente menor la resistencia del suelo, en este caso resulto 17.11 mm/golpe. Del diagrama estructural se observa la variación del IPDC respecto a la profundidad, en este caso, a partir de los 300m hasta los 700 mm hay una oscilación, esto significa que en ese intervalo hay modificaciones en la densidad y humedad del suelo, cambios bruscos representaría un

cambio de estrato, y por último, el balance estructural representa la cantidad de golpes en porcentaje respecto a la profundidad. Por lo general, la capacidad de soporte de un suelo disminuye con la profundidad, ahora si esta disminución es uniforme se considera que el suelo se encuentra estructuralmente equilibrado. Tupia (2001).

En la tabla 22 también se observa los resultados del ensayo de CBR, de la cual se obtiene la curva de penetración.

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	14.2	31.311	
1	1.270	0.050	25.2	55.566	
1.5	1.905	0.075	37.8	83.349	
2	2.540	0.100	50.2	110.691	3.52
2.5	3.180	0.125	70.1	154.5705	
3	3.810	0.150	87.8	193.599	
4	5.080	0.200	123.1	271.4355	5.76
6	7.620	0.300	176.5	389.1825	
8	10.160	0.400	208.7	460.1835	
10	12.700	0.500	240.2	529.641	

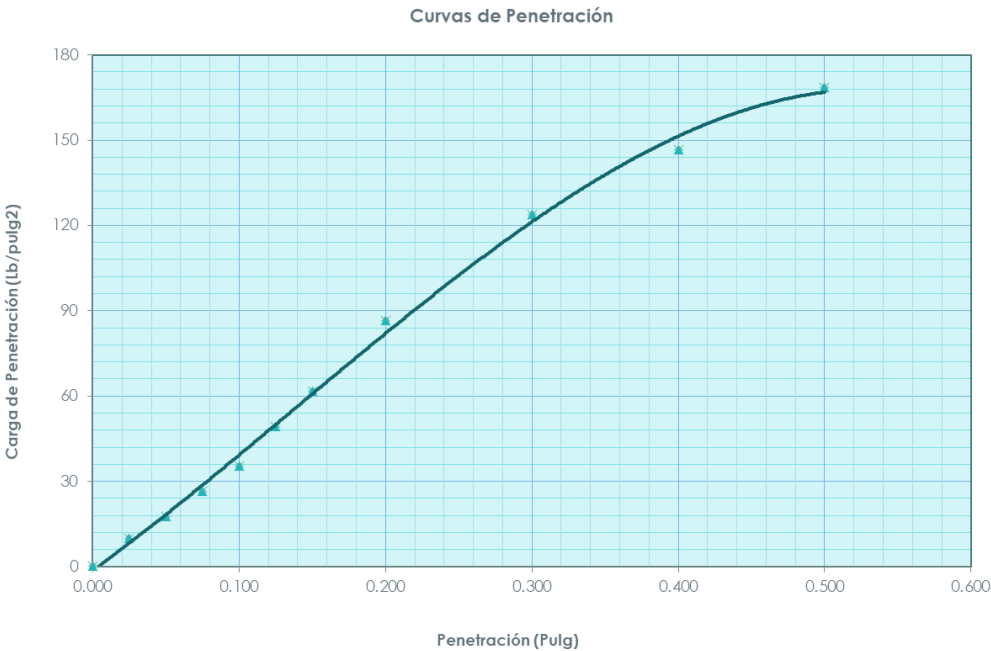


Figura 59. Curva de penetración.

Se presenta la curva de penetración del punto de exploración 5, como se observa se registra las lecturas por intervalos de penetración como establece la normativa peruana. Se toma como valor de CBR a 0.1" de penetración, en este caso 3.52, si el valor fuera mayor que la lectura a 0.2", se toma el menor valor, caso contrario se repite el ensayo.

4.2. Ecuación de la regresión lineal potencial para determinar el CBR de suelos mediante el PDC.

Esta regresión obedece al fenómeno físico observado que a mayor profundidad de penetración menor resistencia del suelo, por tal motivo el modelo matemático es de orden inverso. Los coeficientes son calculados para obtener un ajuste óptimo y así no exista diferencia significativa entre los resultados del CBR a partir de la ecuación 38 y los obtenidos mediante las muestras inalteradas. El coeficiente de correlación r es 0.978, la cual de acuerdo a la tabla 9 lo clasifica como un grado de correlación muy alta entre la variable dependiente CBR y la variable independiente IPDC. También contamos con el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}) con un valor de 0.951, la cual se interpreta como el 95,1% de la variable dependiente CBR es explicada por la variable independiente IPDC.

$$CBR = \frac{36.098}{IPDC^{0.76}} \dots \dots (38)$$

4.3. Ecuación de la regresión lineal múltiple para determinar el CBR de suelos mediante el PDC, densidad del suelo y contenido de humedad.

Como se puede observar en la vida cotidiana, la resistencia del suelo está influenciada por el contenido de humedad, y este relacionada con la densidad del suelo. Por ello, creo conveniente agregar dichas variables a la ecuación y observar si tiene un mayor grado ajuste que la ecuación planteada anteriormente. La ecuación 39 expresa dicho comportamiento, el cual cuenta con un coeficiente de correlación (r) igual a 0.97, la cual de acuerdo a la tabla 9 lo clasifica como un grado de correlación muy alta entre la

variable dependiente CBR y las variables independientes IPDC, densidad del suelo y contenido de humedad. También contamos con el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}) con un valor de 0.916, la cual se interpreta como el 91,6% de la variable dependiente CBR es explicada por las variables independientes IPDC, densidad y contenido de humedad.

Como se puede observar, esta ecuación en comparación de la ecuación 38, tiene un coeficiente de correlación similar y menor coeficiente de determinación ajustado, por ende, el contenido de humedad y la densidad del suelo no influyen significativamente en la obtención del CBR del suelo respecto a la ecuación 38.

$$CBR = 11.172\gamma - 0.115\%W - 0.193IPDC - 7.586 \dots \dots (39)$$

4.4. Comparación de la ecuación de regresión lineal potencial con ecuación ASTM D 6951-3.

En la tabla 21 se observa los resultados del valor de CBR utilizando la ecuación 23 propuesta por la ASTM D 6951-3, para suelos tipo CL o cuyo valor de CBR < 10, para ser comparado con los resultados de la regresión lineal potencial, como se observa en la figura 58.

Tabla 24. Comparación entre la ecuación de R.L. Potencial y la ecuación ASTM D6951-3

CALICATA	SUCS	AASHTO	IPDC (mm/golpe)	CBR MUESTRA INALTERADA (%)	ASTM D 6951-3	R.L. POTENCIAL.
1	ML	A-4 (0)	20.21	3.50	8.45	3.68
2	ML	A-4 (0)	29.55	2.67	3.96	2.75
3	ML	A-4 (0)	29.39	2.84	4.00	2.76
5	CL	A-4 (3)	17.11	3.52	11.80	4.17
6	CL	A-4 (2)	13.37	5.08	19.31	5.03
7	CL	A-4 (6)	12.79	4.84	21.12	5.20
8	CL	A-4 (3)	8.03	7.63	53.54	7.41
10	ML	A-4 (0)	8.73	8.23	45.29	6.95
11	ML	A-4 (0)	7.94	7.03	54.78	7.48
12	ML	A-4 (0)	29.52	3.08	3.96	2.76

13	ML	A-4	(0)	33.86	2.55	3.01	2.48
----	----	-----	-----	-------	------	------	------

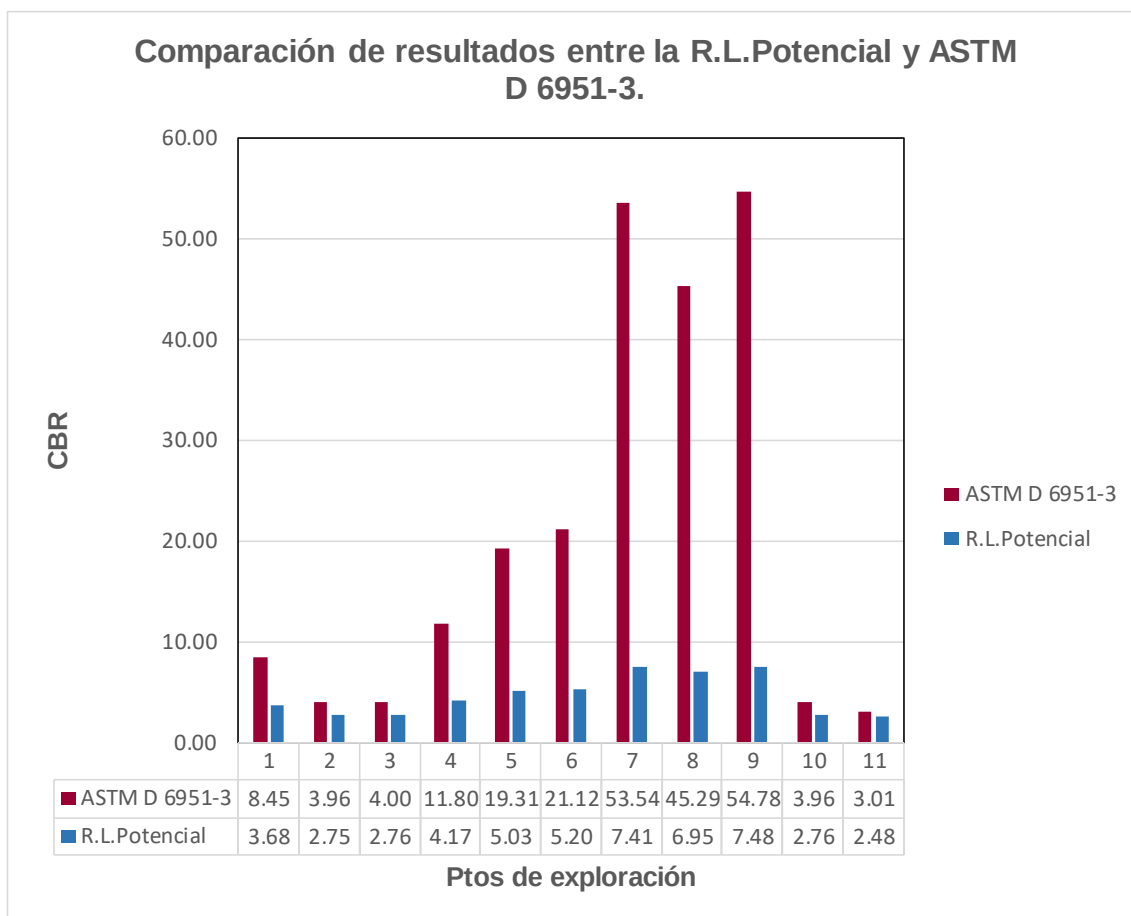


Figura 60. Gráfico de barras de los resultados de la R.L. Potencial y ASTM D 6951-3.

Como se puede observar existe una diferencia considerable entre los valores. Por ende, podemos afirmar que la ecuación de la normativa ASTM D 6951-3 no representa a los suelos finos peruanos en el tramo Gallito de las Rocas- C.P. Los Olivos.

4.5. Comparación de la ecuación de regresión lineal múltiple con ecuación ASTM D 6951-3.

De igual manera, en la tabla 25 se observa los resultados del valor de CBR utilizando la ecuación 23 propuesta por la ASTM D 6951-3, para suelos tipo CL o cuyo valor de CBR

< 10, a diferencia que en esta ocasión será comparado con los resultados de la regresión lineal múltiple, como se observa en la figura 59.

Tabla 25.Comparación entre la ecuación de R.L. Múltiple y la ecuación ASTM D6951-3

CALICATA	SUCS	AASHTO	IPDC (mm/golpe)	CBR MUESTRA INALTERADA (%)	ASTM D 6951-3	R.L. MÚLTIPLE
1	ML	A-4 (0)	20.21	3.50	8.45	4.10
2	ML	A-4 (0)	29.55	2.67	3.96	2.85
3	ML	A-4 (0)	29.39	2.84	4.00	3.00
5	CL	A-4 (3)	17.11	3.52	11.80	4.61
6	CL	A-4 (2)	13.37	5.08	19.31	5.01
7	CL	A-4 (6)	12.79	4.84	21.12	4.22
8	CL	A-4 (3)	8.03	7.63	53.54	7.67
10	ML	A-4 (0)	8.73	8.23	45.29	7.88
11	ML	A-4 (0)	7.94	7.03	54.78	6.81
12	ML	A-4 (0)	29.52	3.08	3.96	2.57
13	ML	A-4 (0)	33.86	2.55	3.01	2.17

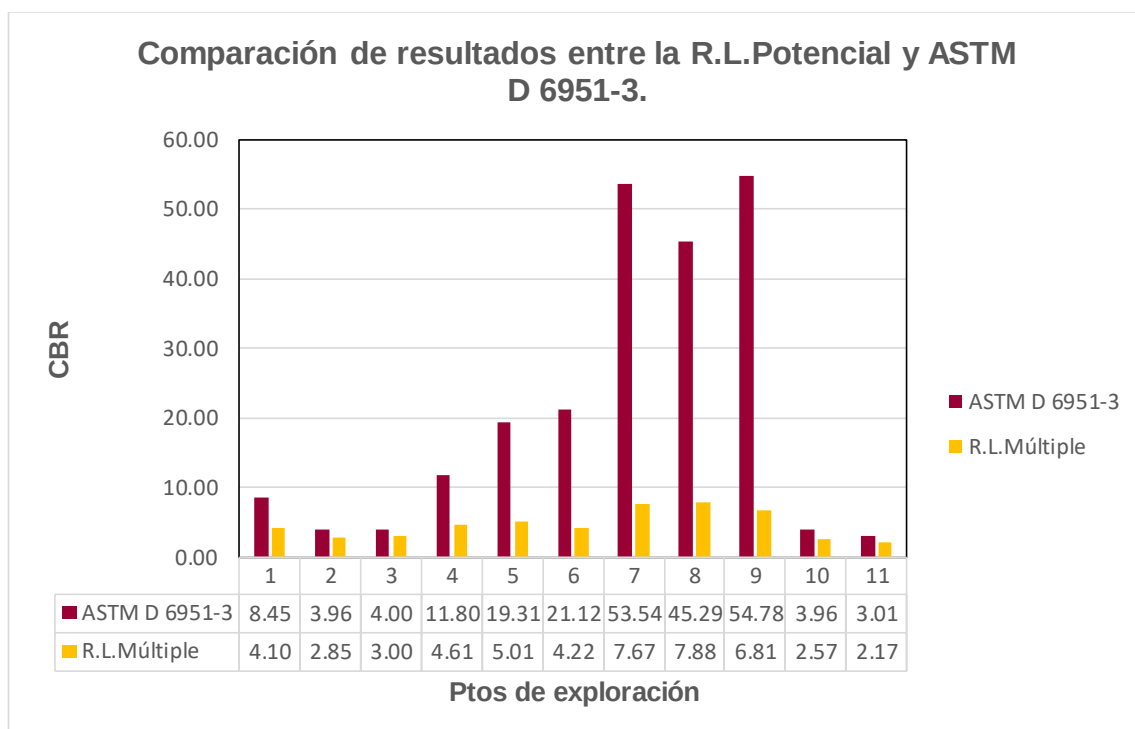


Figura 61.Gráfico de barras de los resultados de la R.L. Múltiple y ASTM D 6951-3.

Como se puede apreciar en la figura 59, los resultados de la ecuación ASTM D 6951-3, varía en gran manera respecto a los obtenidos con la regresión lineal múltiple. Ahora se observa las barras de los puntos de exploración 7, 8 y 9, los cuales tienen la mayor diferencia respecto a los otros puntos, debido a que había presencia de lutita. Esto se concluyó debido a la observación y de respaldo se tiene la información que presenta el INGEMMET, que menciona presencia de areniscas cuarzosas blancas a gris claro, microconglomerados cuarzosos, en la parte media a inferior presenta intercalaciones de lutita y algunos lentes de carbón.

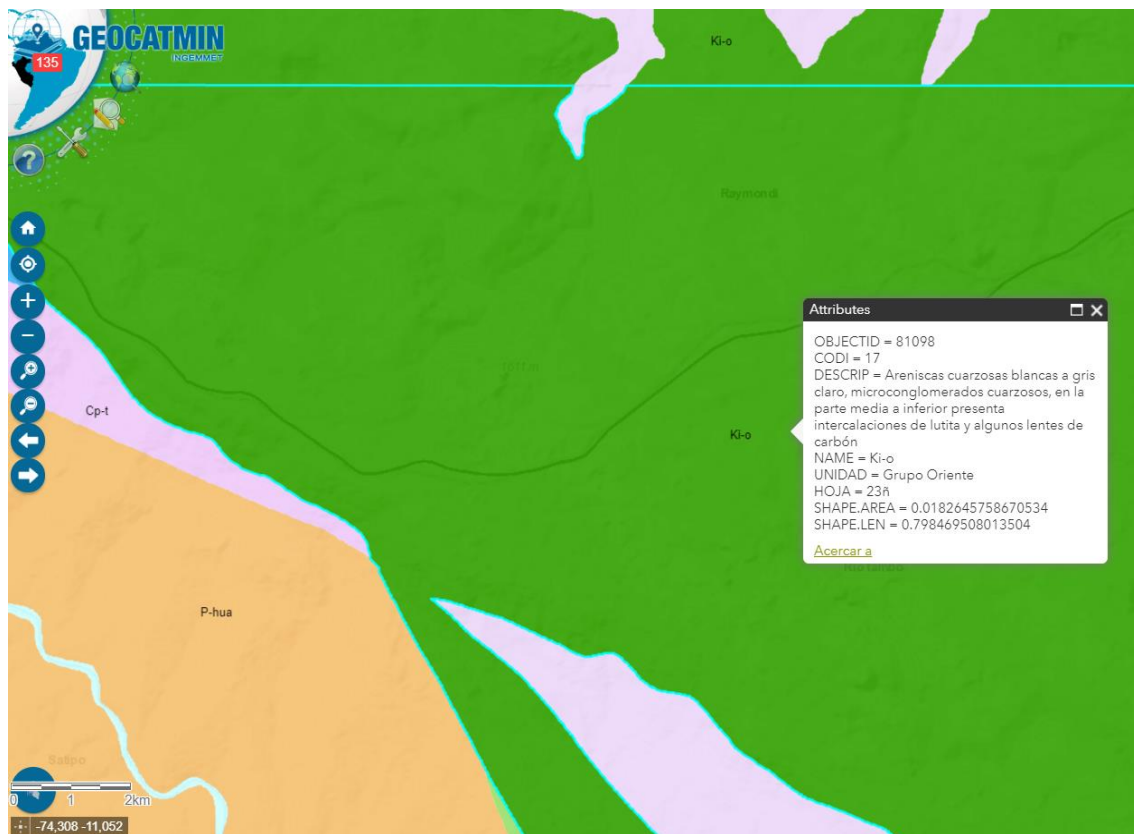


Figura 62. Mapa geológico del tramo de estudio.

Fuente: INGEMMET

De acuerdo a González de Vallejo (2002), las propiedades de la lutita varía considerablemente con el paso del tiempo ante su exposición a las condiciones atmosféricas o a la acción del agua, o debido al cambio de los esfuerzos, factores que

suelen ir asociados. En el caso de construcción de obras de ingeniería sobre este material. Debe tenerse en cuenta que su resistencia disminuye después de un tiempo hasta alcanzar el límite de estabilidad.

Por ello, cuando se realizó el ensayo del penetrómetro dinámico de cono se obtuvo un índice de penetración bajo, sin embargo, a la hora de ser ensaya la muestra inalterada en la prensa de CBR, el suelo perdió resistencia a medida que iba incrementando la fuerza del pistón.



Figura 63. Presencia de lutita en el tramo de estudio.

4.6. Comparación de la ecuación de regresión lineal potencial respecto a otros autores

A lo largo del tiempo se registró diversas investigaciones en busca de la correcta correlación entre el valor de CBR y PDC, a continuación, se presentan las más resaltantes.

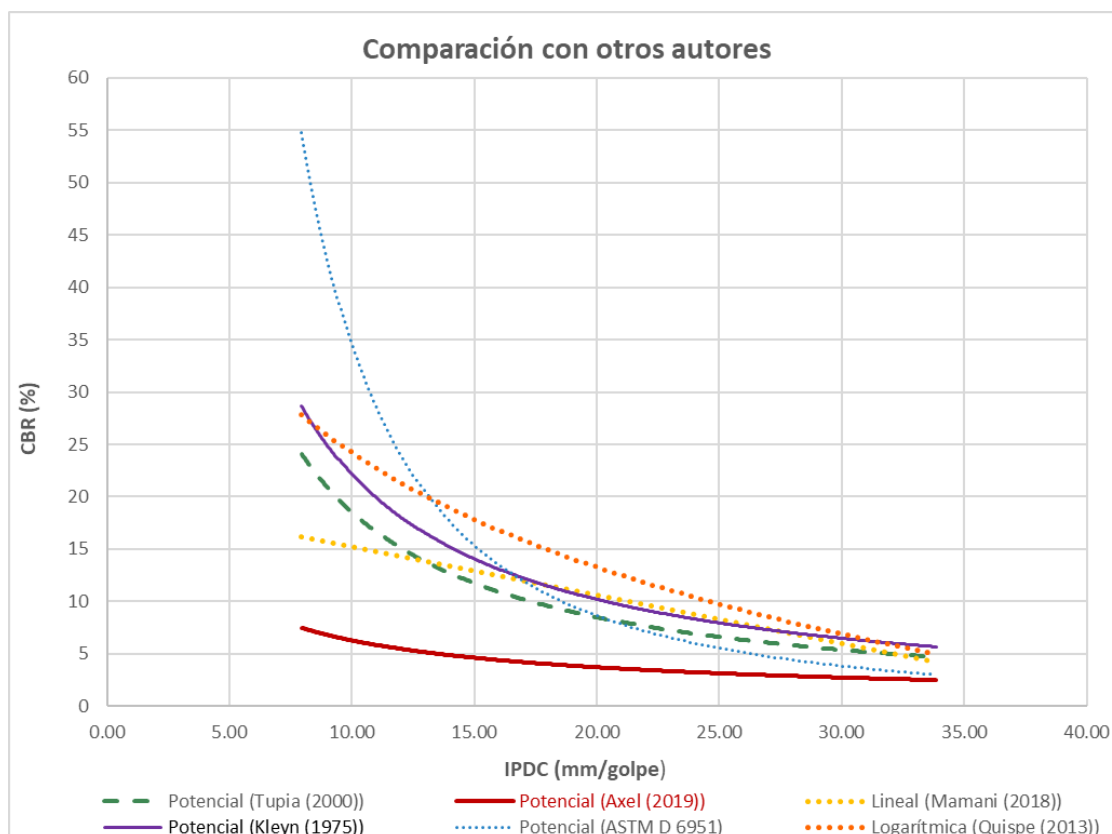


Figura 64. Comparación con otros autores.

Como se observa hay un buen acercamiento en los intervalos de 20-30 mm/golpe de IPDC respecto a los otros autores, a partir de 20-10 mm/golpe se empieza a notar un alejamiento significativo en los valores de CBR respecto a los otros autores, esto debido a la variedad de las propiedades del suelo, también cabe resaltar que algunas ecuaciones no contemplaron resultados de IPDC en este intervalo para el caso de suelos finos. Con esta figura queda demostrado la necesidad de obtener correlaciones para cada región de nuestro país.

4.7. Prueba de Hipótesis para la regresión lineal potencial para determinar el CBR de suelos mediante el PDC.

Definimos la hipótesis nula y la alterna:

Ho: No existe variabilidad significativa en los resultados del ensayo CBR con muestra inalterada y el CBR mediante la ecuación de regresión lineal potencial.

Ha: Existe variabilidad significativa en los resultados del ensayo CBR con muestra inalterada y el CBR mediante la ecuación de regresión lineal potencial.

Para lo cual debe cumplirse lo siguiente:

$P < 0.05$ se acepta la hipótesis nula, existe variabilidad significativa.

$p > 0.05$ Se rechaza la hipótesis nula, no existe variabilidad significativa

Se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 26. Prueba T Student para la R.L. Potencial y CBR con muestra inalterada.

	CBR MUESTRA INALTERADA (%)	R. L. POTENCIAL.
Media	4.632395479	4.607311765
Varianza	4.421125436	3.79721442
Observaciones	11	11
Varianza agrupada	4.109169928	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	20	
Estadístico t	0.029019915	
P(T<=t) dos colas	0.977136339	
Valor crítico de t (dos colas)	2.085963447	

De la tabla 26 el valor p de dos colas es igual a $0.977 > 0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula y se demuestra que estadísticamente no existe variabilidad significativa

entre los resultados del CBR con muestra inalterada y el CBR con la ecuación de regresión lineal potencial.

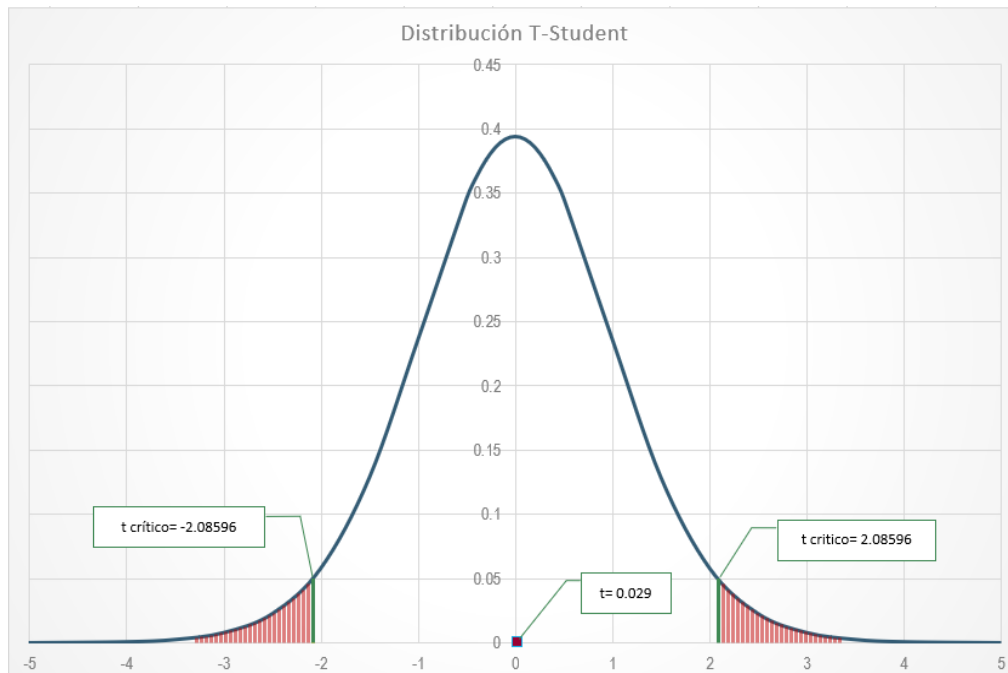


Figura 65. Distribución T-Student para la R.L. Potencial

También se puede verificar gráficamente mediante la figura 65, donde observamos los valores críticos de $t=2.0856$ y el estadístico $t=0.029$ que está dentro del área de aceptación y cerca de lo deseado

4.8. Prueba de Hipótesis para la regresión lineal múltiple para determinar el CBR de suelos mediante el PDC, densidad de campo y contenido de humedad.

Definimos la hipótesis nula y la alterna:

H_0 : No existe variabilidad significativa en los resultados del ensayo CBR con muestra inalterada y el CBR mediante la ecuación de regresión lineal múltiple.

H_a : Existe variabilidad significativa en los resultados del ensayo CBR con muestra inalterada y el CBR mediante la ecuación de regresión lineal múltiple.

Para lo cual debe cumplirse lo siguiente:

$P < 0.05$ se acepta la hipótesis nula, existe variabilidad significativa.

$p > 0.05$ Se rechaza la hipótesis nula, no existe variabilidad significativa

Se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 27. Prueba T Student para la R.L. múltiple y CBR con muestra inalterada.

	CBR MUESTRA INALTERADA (%)	R.L. MÚLTIPLE
Media	4.632395479	4.624972764
Varianza	4.421125436	4.127448331
Observaciones	11	11
Varianza agrupada	4.274286884	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	20	
Estadístico t	0.008420004	
P(T<=t) dos colas	0.993365311	
Valor crítico de t (dos colas)	2.085963447	

De la tabla 27 el valor p de dos colas es igual a $0.993 > 0.05$, entonces se acepta la hipótesis nula y se demuestra que estadísticamente no existe variabilidad significativa entre los resultados del CBR con muestra inalterada y el CBR con la ecuación de regresión lineal múltiple.

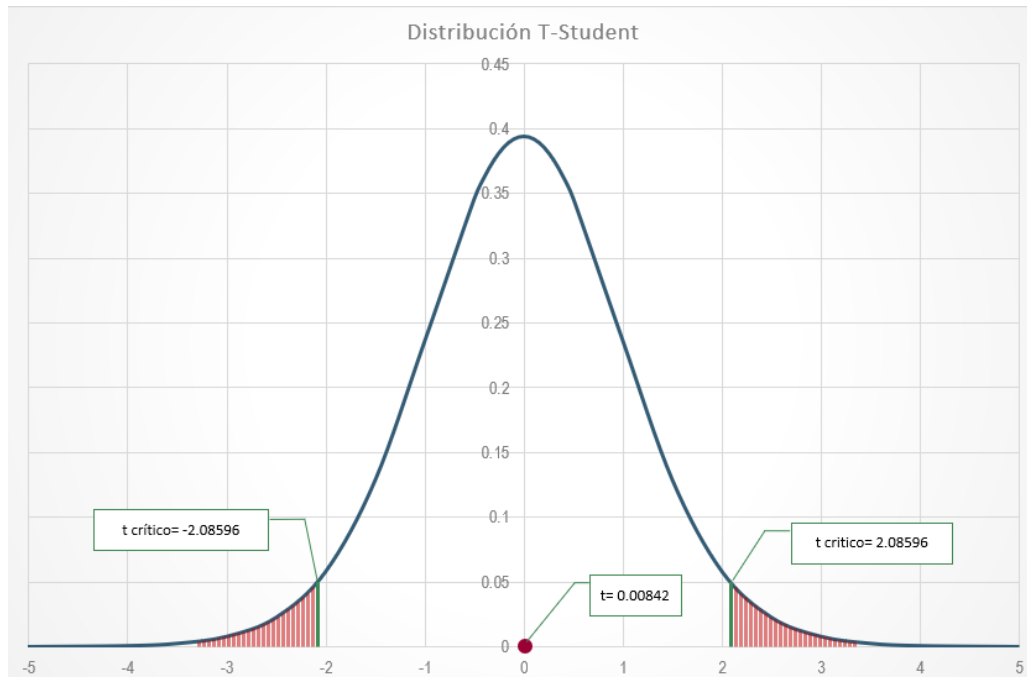


Figura 66.Distribucion T-Student para la R.L. Múltiple.

También se puede verificar gráficamente mediante la figura 66, donde observamos los valores críticos de $t=2.0856$ y el estadístico $t=0.00842$ que está dentro del área de aceptación y cerca de lo deseado

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

Se obtuvieron las propiedades físicas del suelo a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos, los cuales son el %W, LL, LP, IP y análisis granulométrico. Se realizaron 13 puntos de estudio de los cuales, de acuerdo al análisis granulométrico, resultaron ser suelos finos, a excepción del número 4 y 9, que resultaron ser SC (Arena Arcillosa) y SM (Arena Limosa) respectivamente, pertenecientes al grupo de suelos gruesos. Los resultados del contenido de humedad mediante el carburo de calcio son similares al obtenido mediante el método tradicional, por ende, se ratificó la precisión del ensayo. Para las ecuaciones de regresión se utilizó las obtenidas por el método tradicional, debido a la precisión con la que cuenta.

Respecto a los resultados de la densidad natural del suelo mediante el cono de arena, se utilizó la tabla propuesta por el CISMID mencionada en la parte teórica a manera de verificación. Los valores obtenidos están dentro de los intervalos de suelos finos típicos normalmente consolidado, entre 1.3-1.9 gr/cm³. Por lo cual, se ratifica los resultados.

El valor de CBR del suelo a nivel de subrasante en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos de acuerdo a la categorización de subrasante recomendada por el ministerio de transportes está dentro del intervalo de subrasante buena y pobre.

Mediante la prueba de normalidad de Shapiro Wilks se verificó que los datos de CBR mediante muestra inalterada, densidad del suelo mediante el cono de arena y el contenido de humedad obtenidos en campo siguen una distribución normal.

La ecuación resultante para determinar la capacidad de soporte california (CBR) a nivel de subrasante en suelos finos, limos de baja plasticidad (ML) y arcillas de baja plasticidad (CL), mediante regresión lineal potencial es:

$$CBR = \frac{36.098}{IPDC^{0.76}} \dots \dots (38)$$

El índice PDC es inversamente proporcional al valor de CBR en el tramo Gallito de las Rocas-Los Olivos, distrito Rio Tambo, provincia Satipo, región Junín debido al fenómeno físico observado que a mayor profundidad de penetración menor resistencia del suelo.

El coeficiente de correlación r es 0.978, la cual de acuerdo a la tabla 9 lo clasifica como un grado de correlación muy alta entre la variable dependiente CBR y la variable independiente IPDC. También contamos con el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}) con un valor de 0.951, la cual se interpreta como el 95,1% de la variable dependiente CBR es explicada por la variable independiente IPDC.

Haciendo uso de la prueba t- Student no existe variabilidad significativa en los resultados del ensayo CBR con muestra inalterada y el CBR mediante la ecuación de regresión lineal potencial debido a que el valor p de dos colas es igual a $0.977 > 0.05$, y el valor estadístico $t=0.029$ está dentro del área de aceptación.

La ecuación propuesta para determinar la capacidad de soporte californiana (CBR) a nivel de subrasante en suelos finos, limos de baja plasticidad (ML) y arcillas de baja plasticidad (CL) mediante regresión lineal múltiple es:

$$CBR = 11.172\gamma - 0.115\%W - 0.193IPDC - 7.586 \dots \dots (39)$$

El coeficiente de correlación (r) es igual a 0.97, la cual de acuerdo a la tabla 9 lo clasifica como un grado de correlación muy alta entre la variable dependiente CBR y las variables independientes IPDC, densidad del suelo y contenido de humedad. También contamos con el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}) con un valor de 0.916, la cual se interpreta como el 91,6% de la variable dependiente CBR es explicada por las variables independientes IPDC, densidad y contenido de humedad.

Haciendo uso de la prueba t- Student no existe variabilidad significativa en los resultados del ensayo CBR con muestra inalterada y el CBR mediante la ecuación de regresión lineal múltiple debido a que el valor p de dos colas es igual a $0.993 > 0.05$, y el valor estadístico $t=0.00842$ está dentro del área de aceptación.

Los valores de CBR mediante la ecuación de la normativa ASTM D 6951-3 difieren en gran manera de los valores de CBR con muestra inalterada. Por ende, se concluye que la ecuación de la normativa ASTM D 6951-3 no representa a los suelos finos peruanos en el tramo Gallito de las Rocas- C.P. Los Olivos.

5.2. Recomendaciones

Emplear la ecuación 38 para el cálculo del valor de CBR cuando solo se cuente con el valor del índice de penetración dinámica de cono ya que cuenta con un coeficiente de correlación muy alto.

Utilizar la ecuación 39 para el cálculo del valor de CBR cuando se cuente con el valor del índice de penetración dinámica de cono, de la densidad del suelo y el contenido de humedad.

Se recomienda el uso del penetrómetro dinámico de cono debido a que es un equipo liviano de fácil transporte en zonas inaccesibles y económico para obtener el valor de CBR in situ de forma rápida y confiable.

Realizar mayores investigaciones haciendo uso del penetrómetro dinámico de cono en suelos peruanos que no han sido estudiados. De preferencia instalar una prensa CBR en el lugar de estudio para evitar el traslado de la muestra inalterada donde pueda sufrir alteraciones como que se rompa la muestra y pérdida de humedad.

Usar el anillo de corte CBR para obtener una muestra inalterada de buena calidad.

Al realizar el ensayo de contenido de humedad mediante carburo de calcio, si la humedad de la muestra excede el límite del manómetro de presión reducir la muestra a la mitad del peso exacto especificado por el fabricante o la última calibración del equipo y multiplicar por 2 la lectura del manómetro de presión.

Referencias

- Angamarca, A. (2013). *Determinación del CBR de laboratorio y natural en suelos finos y su correlación con el DCP para la determinación de la capacidad portante de la sub-rasante, en el diseño de pavimentos flexibles de la ciudad de Quito (Tesis de Pregrado)*. Quito,Ecuador.: Universidad Central del Ecuador.
- ASTM D 6951-3. (2013). *Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en estructuras de pavimentos*.
- Badillo, J., & Rico, A. (2005). Mecánica de suelos. In Limusa (Ed.), *Mecánica de Suelos*. México.
- Bermúdez, J., & Vasquéz, O. (2016). *Validación del Método de DCP aplicado en campo en relación al ensayo CBR en laboratorio*. San Jose, Costa Rica: 14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology “Engineering Innovations for Global Sustainability.”
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo,Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Bowles, J. (1990). Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. In *Cuadernos de Filología Italiana* (segunda ed, Vol. 23). <https://doi.org/10.5209/cfit.54014>
- Das, B. M. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. México: Cengage learning.
- Escalaya, M. (2019). *Ensayos de caracterización de suelos [diapositivas de power point]*. Lima,Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Florez, C., Torres, F., Torres, F., & Peña, C. (2019). Estimación del valor de CBR usando Penetrómetro de cono dinámico. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

González de Vallejo, L. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson educacion.

Gutiérrez, H., & De la Vara, R. (2008). Análisis y diseño de experimentos. In Mc Granw Hill (Ed.), *Turkish Journal of Medical Sciences* (Segunda Ed).

<https://doi.org/10.3906/sag-1507-147>

Injante, H. (2012). *RESISTENCIA INSITU DE SUBRASANTE UTILIZANDO PENETROMETRO DINAMICO DE CONO EN LA CIUDAD DE ICA (TESIS DE MAESTRIA)*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Llanos, A., & Reyes, S. (2017). *Estudio Comparativo de los Ensayos California Bearing Ratio (CBR) de Laboratorio y Penetración Dinámica de Cono (PDC) en la Localidad de PICSÍ (Tesis de pregrado)*. Chiclayo, Perú: Universidad Señor de Sipán.

Manotoa, A. (2016). *Estudio de la correlación entre los ensayos (DCP) Penetrómetro Dinámico de Cono y (CBR) Relación de Soporte de California en los diferentes tipos de Suelos. (Tesis De Pregrado)*. Ambato, Ecuador.: Universidad Técnica de Ambato.

MTC. (2013a). *Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción- EG 2013*. Lima, Perú: Diario El Peruano.

MTC. (2013b). *Sección de Suelos y Pavimentos*. Lima, Perú: Diario El Peruano.

MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima, Perú: Diario El Peruano.

Pineda, J. (2019). *Calibración de la ecuación de la correlación entre el P.D.C. (Penetración Dinámica de Cono) y C.B.R. (Capacidad de Soporte de California) bajo incidencia de la humedad, en suelos a nivel de la subrasante caso de estudio vía Juliaca - Caracoto (Tesis de pr. Juliaca, Perú: Universidad Peruana Unión.*

Sahoo, P., & Sudhakar, R. (2009). Evaluation of Subgrade Soils Using Dynamic Cone

Penetrometer. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 02(04), 384–388.

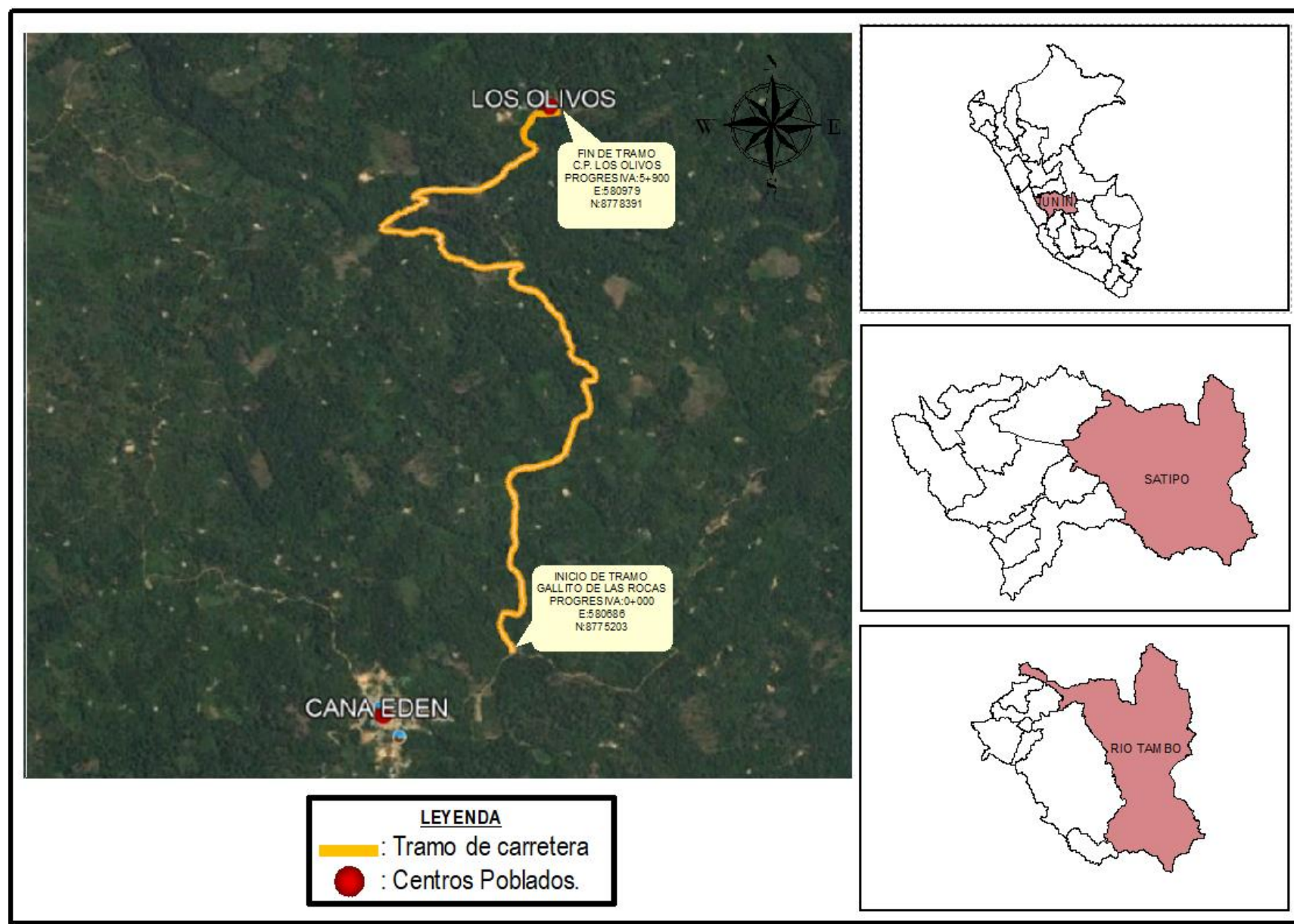
Tupia Córdova, C. A. (2001). *Determinación de las características de soporte de un terreno de cimentación de un pavimento por medio de un equipo dinámico (Tesis de pregrado)*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Valencia, J. (2018). *Correlación del valor de Soporte California y el Penetrómetro Dinámico de Cono en la determinación de la capacidad de soporte de las obras viales; aplicado en la vía Juliaca-Isla (Tesis de Pregrado)*. Juliaca, Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

Valle, R. (1963). *Carreteras, calles y aeropistas* (Cuarta edi). Caracas: Editorial El Ateneo.

Viscarra, F. (2006). *El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos*. Bolivia.

Anexo A. Mapa de Ubicación.



Anexo B: Panel Fotográfico



Fotografía 1. Exploración del área de estudio.



Fotografía 2. Exploración del área de estudio.



Fotografía 3. Exploración del área de estudio.



Fotografía 4. Exploración del área de estudio.



Fotografía 5. Derrumbe en el área de estudio y se comprobó el fácil transporte del equipo PDC en zonas inaccesibles.



Fotografía 6. Ensamblaje del equipo PDC.



Fotografía 7. Ensayo de penetración dinámica de cono.



Fotografía 8. Ensayo de Penetración dinámica de cono.



Fotografía 9. Extracción de muestra inalterada.



Fotografía 10. Muestra inalterada extraída



Fotografía 11. Ensayo de muestra inalterada en prensa CBR.



Fotografía 12. Densidad del suelo mediante cono de arena.



Fotografía 13. Densidad del suelo mediante cono de arena.



Fotografía 14. Densidad del suelo mediante cono de arena.



Fotografía 15. Contenido de humedad mediante carburo de calcio.



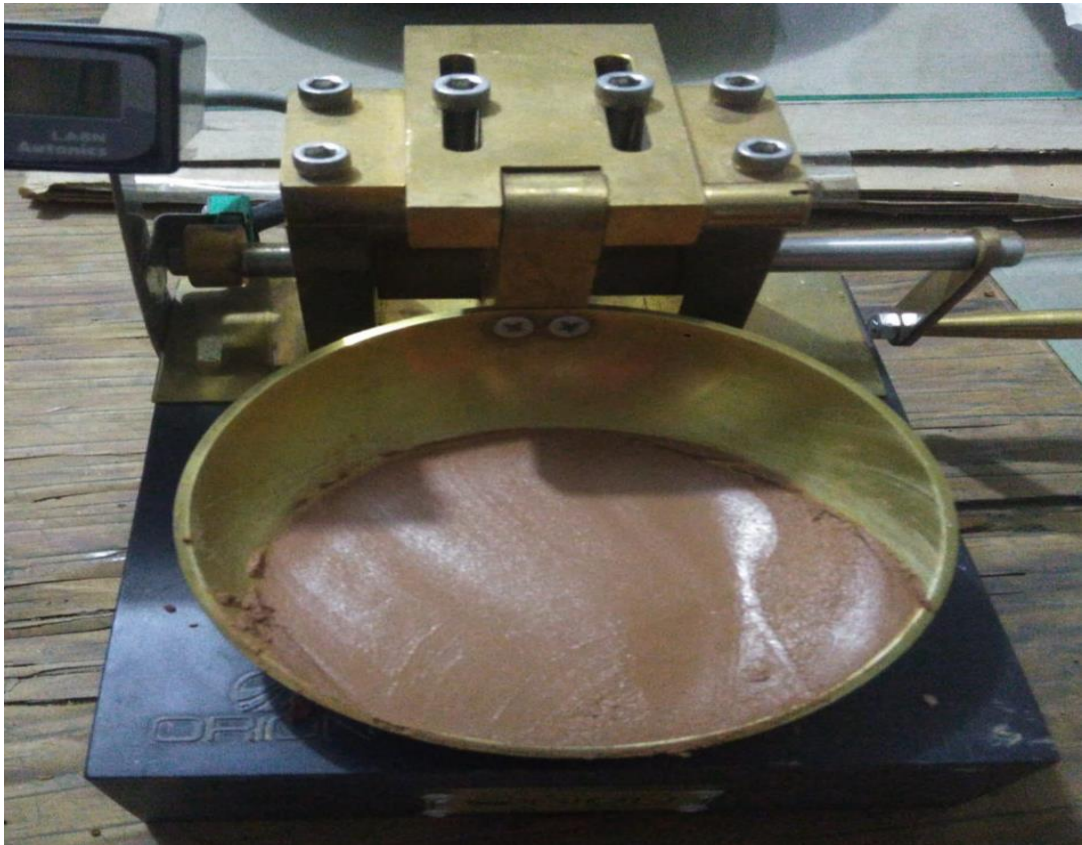
Fotografía 16. Muestras de suelo para clasificación del suelo.



Fotografía 17. Peso de muestras para clasificación de suelos.



Fotografía 18. Muestras de suelo luego de ser tamizado.



Fotografía 19. Muestra de suelo en la cuchara de Casagrande para ensayo de limite líquido



Fotografía 20. Ensayo de limite líquido para clasificación del suelo.



Fotografía 21. Ensayo de límite plástico.



Fotografía 22. Ensayo de límite plástico.

Anexo C: Resultados de Ensayos

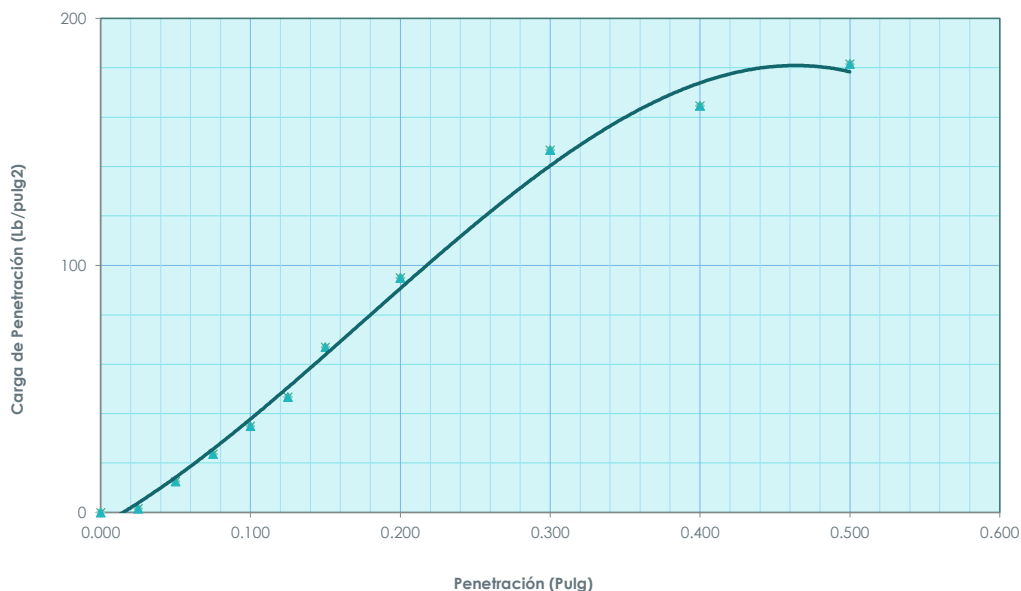
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	:TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 27/11/2019
Progresiva	:0+000	FECHA DE EMISION	: 27/11/2019
Calicata	: C-1	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	2.2	4.851	
1	1.270	0.050	17.8	39.249	
1.5	1.905	0.075	33.7	74.3085	
2	2.540	0.100	49.8	109.809	3.50
2.5	3.180	0.125	66.5	146.6325	
3	3.810	0.150	95.4	210.357	
4	5.080	0.200	135.3	298.3365	6.33
6	7.620	0.300	209.1	461.0655	
8	10.160	0.400	234.5	517.0725	
10	12.700	0.500	258.6	570.213	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetracion	3.50
C.B.R. 0.2" de Penetracion	6.33

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA : C1

PROGRESIVA : 0+000

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : 29/11/2019

FECHA EMISION : 29/11/2019

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7111.00
Peso del frasco + arena que queda	g	3448.00
Peso de arena empleada	g	3663.00
Peso de arena en el cono	g	1345.00
Peso de arena en la excavación	g	2318.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1555.70
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2661.50
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2661.50
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2661.50
Volumen de finos	cm ³	1555.70
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.71
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	31.20

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-1
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 0+000

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISIÓN : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1 "	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00	77.89	26.89	26.89	73.11
	Nº 020	0.85	19.84	6.85	33.74	66.26
	Nº 040	0.43	10.93	3.77	37.51	62.49
	Nº 060	0.25	5.50	1.90	39.41	60.59
	Nº 140	0.15	4.85	1.67	41.08	58.92
	Nº 200	0.08	14.40	4.97	46.05	53.95

D10 (mm): NP
D30 (mm): NP
D60 (mm): 0.21
Cu: NP
Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) **ML**

Descripción:

LIMO ARENOSO

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) **A-4 (0)**

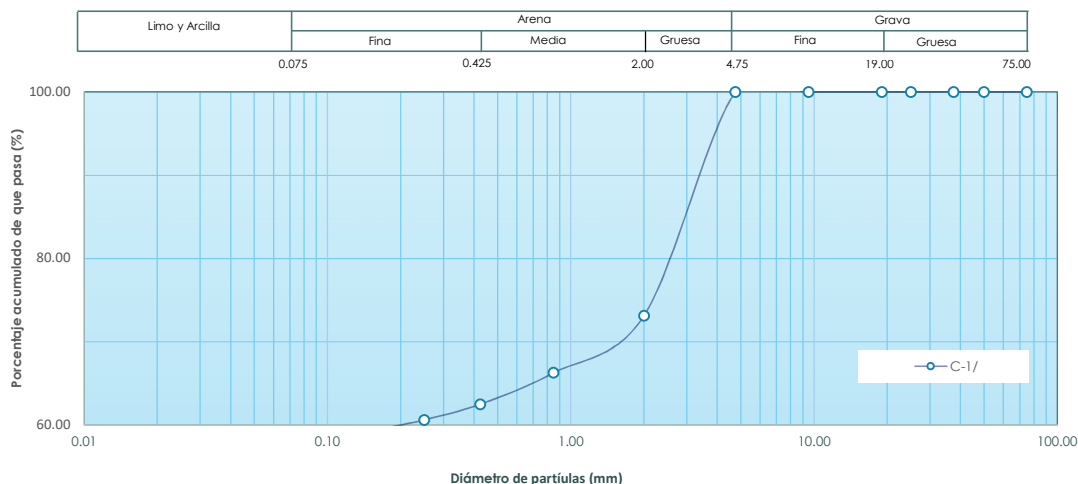
Descripción: **Mediano a pobre**

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	135.85
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	515.24
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	426.11
Peso del agua (gr)	:	89.13
Contenido de humedad (%)	:	30.71

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	46.05	Gruesa	26.89
		Media	10.62
		Fina	8.54
% Finos	53.95	Finos	53.95

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-1
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 0+000

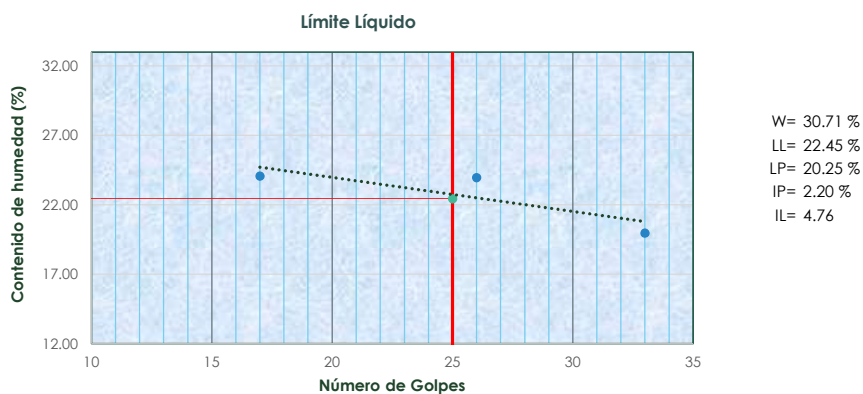
FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	33	26	17		
Peso de tara (gr)	59.37	53.58	59.42		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	84.36	72.72	86.27		
Peso tara + suelo seco (gr)	80.2	69.02	81.06		
Contenido de humedad (%)	19.97	23.96	24.08		
Límite Líquido (%)	22.45				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	53.62	56.75			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	64.05	67.04			
Peso tara + suelo seco (gr)	62.24	65.36			
Contenido de humedad (%)	21.00	19.51			
Límite Plástico (%)	20.25				



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C1

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 0+000

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580686

Lectura Inicial: 10

Coord. Norte : 8775203

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/g golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	10	0	0	0	0	0.00	48	970	20.21
1	1	40	30	30	30	30	2.08			
2	1	70	60	30	30	30	4.17			
3	1	91	81	21	21	21	6.25			
4	1	110	100	19	19	19	8.33			
5	1	140	130	30	30	30	10.42			
6	1	160	150	20	20	20	12.50			
7	1	180	170	20	20	20	14.58			
8	1	210	200	30	30	30	16.67			
9	1	230	220	20	20	20	18.75			
10	1	250	240	20	20	20	20.83			
11	1	280	270	30	30	30	22.92			
12	1	300	290	20	20	20	25.00			
13	1	330	320	30	30	30	27.08			
14	1	348	338	18	18	18	29.17			
15	1	370	360	22	22	22	31.25			
16	1	398	388	28	28	28	33.33			
17	1	410	400	12	12	12	35.42			
18	1	430	420	20	20	20	37.50			
19	1	451	441	21	21	21	39.58			
20	1	472	462	21	21	21	41.67			
21	1	493	483	21	21	21	43.75			
22	1	512	502	19	19	19	45.83			
23	1	536	526	24	24	24	47.92			
24	1	557	547	21	21	21	50.00			
25	1	580	570	23	23	23	52.08			
26	1	600	590	20	20	20	54.17			
27	1	620	610	20	20	20	56.25			
28	1	642	632	22	22	22	58.33			
29	1	661	651	19	19	19	60.42			
30	1	681	671	20	20	20	62.50			
31	1	702	692	21	21	21	64.58			
32	1	720	710	18	18	18	66.67			
33	1	739	729	19	19	19	68.75			
34	1	751	741	12	12	12	70.83			
35	1	768	758	17	17	17	72.92			
36	1	781	771	13	13	13	75.00			
37	1	801	791	20	20	20	77.08			
38	1	815	805	14	14	14	79.17			
39	1	830	820	15	15	15	81.25			
40	1	848	838	18	18	18	83.33			
41	1	861	851	13	13	13	85.42			
42	1	886	876	25	25	25	87.50			
43	1	900	890	14	14	14	89.58			
44	1	919	909	19	19	19	91.67			
45	1	932	922	13	13	13	93.75			
46	1	950	940	18	18	18	95.83			
47	1	968	958	18	18	18	97.92			
48	1	980	970	12	12	12	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C1
Progresiva: 0+000

Coord. Este : 580686
Coord. Norte : 8775203

CURVA PDC

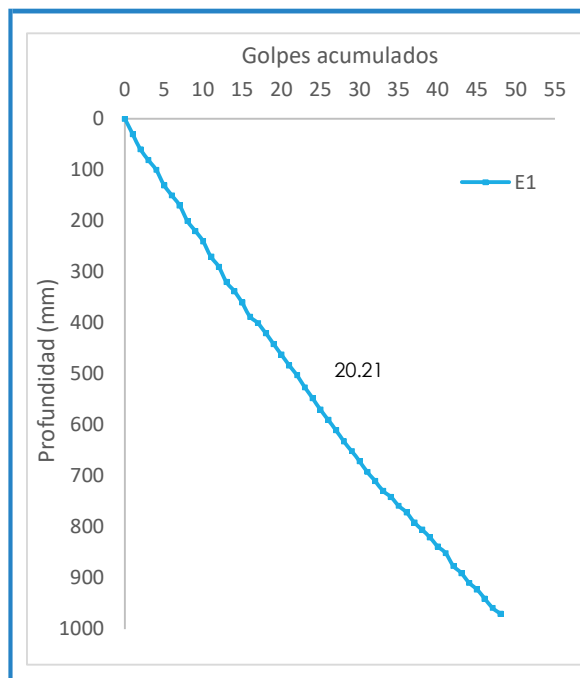
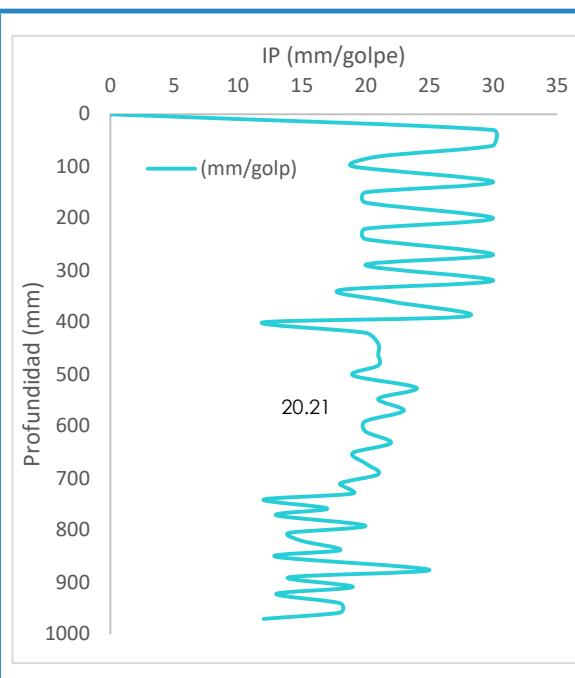
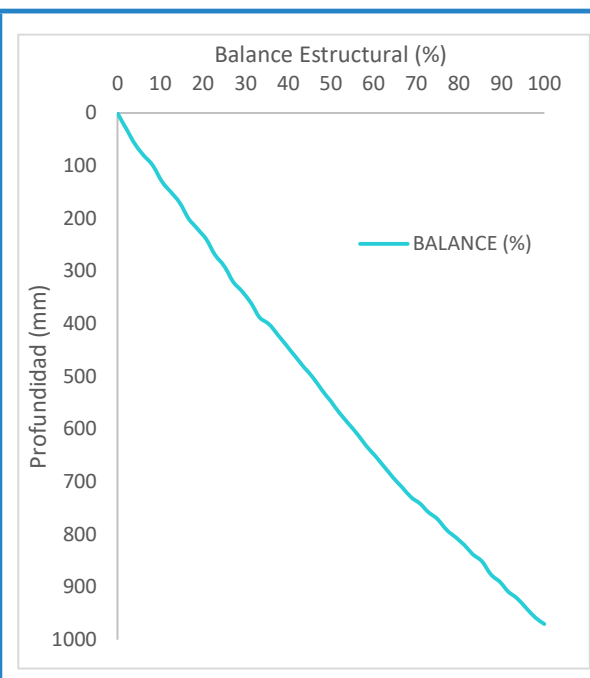


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	20.21

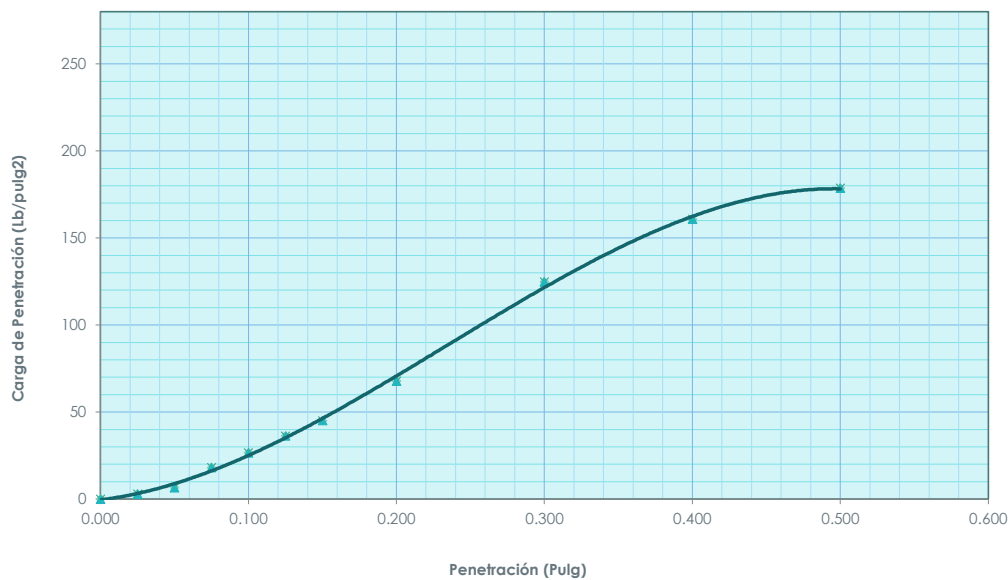
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 28/11/2019
Progresiva	: 0+500	FECHA DE EMISION	: 28/11/2019
Calicata	: C-2	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	4.2	9.261	
1	1.270	0.050	9.4	20.727	
1.5	1.905	0.075	25.9	57.1095	
2	2.540	0.100	38	83.79	2.67
2.5	3.180	0.125	51.7	113.9985	
3	3.810	0.150	64.2	141.561	
4	5.080	0.200	96.5	212.7825	4.52
6	7.620	0.300	177.9	392.2695	
8	10.160	0.400	228.9	504.7245	
10	12.700	0.500	254.5	561.1725	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetración	2.67
C.B.R. 0.2" de Penetración	4.52

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA :

PROGRESIVA :

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : 11/08/2018

FECHA EMISION : 13/08/2018

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7111.00
Peso del frasco + arena que queda	g	3511.00
Peso de arena empleada	g	3600.00
Peso de arena en el cono	g	1345.00
Peso de arena en la excavación	g	2255.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1513.42
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2599.00
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2599.00
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2599.00
Volumen de finos	cm ³	1513.42
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.72
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	26.00

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-2
Profundidad : 0.00-1.00
Progresiva: : 0+000

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
FECHA DE EMISIÓN : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1 "	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00	3.18	0.99	0.99	99.01
	Nº 020	0.85	8.67	2.70	3.69	96.31
	Nº 040	0.43	12.78	3.98	7.68	92.32
	Nº 060	0.25	29.41	9.17	16.85	83.15
	Nº 140	0.15	36.15	11.27	28.12	71.88
	Nº 200	0.08	56.49	17.61	45.73	54.27

D10 (mm): NP
D30 (mm): NP
D60 (mm): 0.10
Cu: NP
Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) **ML**

Descripción:

LIMO ARENOSO

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) **A-4 (0)**

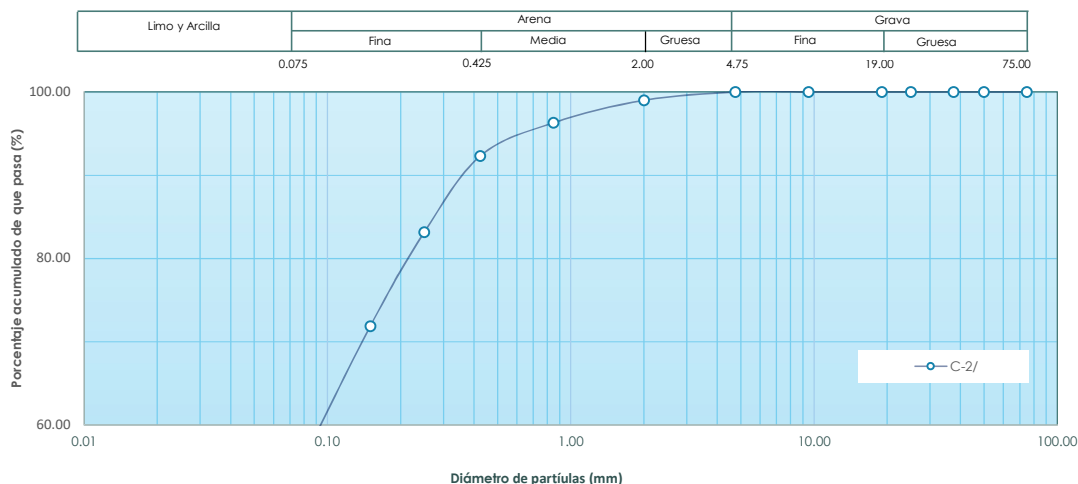
Descripción: **Mediano a pobre**

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	142.86
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	549.17
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	463.97
Peso del agua (gr)	:	85.2
Contenido de humedad (%)	:	26.53

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	45.73	Gruesa	0.99
		Media	6.69
		Fina	38.05
% Finos	54.27	Finos	54.27

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-2
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 0+000

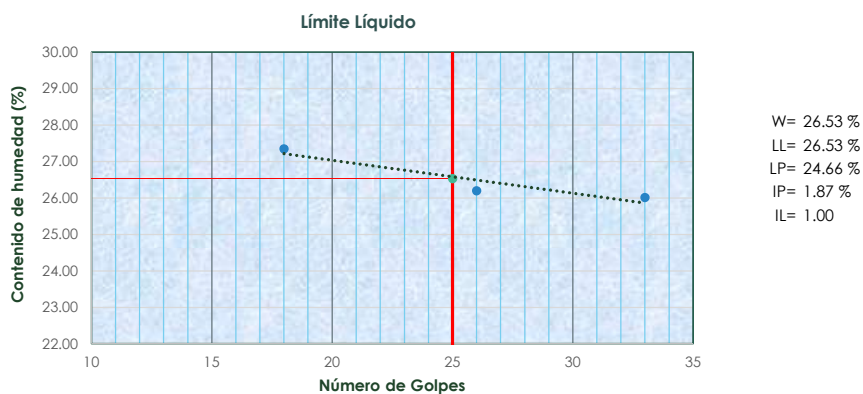
FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	33	26	18		
Peso de tara (gr)	56.32	59.35	59.93		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	73.71	84.11	90.01		
Peso tara + suelo seco (gr)	70.12	78.97	83.55		
Contenido de humedad (%)	26.01	26.20	27.35		
Límite Líquido (%)	26.53				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	54.51	53.36			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	56.57	54.56			
Peso tara + suelo seco (gr)	56.15	54.33			
Contenido de humedad (%)	25.61	23.71			
Límite Plástico (%)	24.66				



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C2

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 0+500

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580745

Lectura Inicial: 5

Coord. Norte : 8775560

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	5	0	0	0	0	0.00	33	975	29.55
1	1	25	20	20	20	20	3.03			
2	1	40	35	15	15	15	6.06			
3	1	61	56	21	21	21	9.09			
4	1	100	95	39	39	39	12.12			
5	1	119	114	19	19	19	15.15			
6	1	132	127	13	13	13	18.18			
7	1	162	157	30	30	30	21.21			
8	1	192	187	30	30	30	24.24			
9	1	220	215	28	28	28	27.27			
10	1	250	245	30	30	30	30.30			
11	1	280	275	30	30	30	33.33			
12	1	310	305	30	30	30	36.36			
13	1	340	335	30	30	30	39.39			
14	1	370	365	30	30	30	42.42			
15	1	410	405	40	40	40	45.45			
16	1	440	435	30	30	30	48.48			
17	1	472	467	32	32	32	51.52			
18	1	510	505	38	38	38	54.55			
19	1	540	535	30	30	30	57.58			
20	1	582	577	42	42	42	60.61			
21	1	620	615	38	38	38	63.64			
22	1	660	655	40	40	40	66.67			
23	1	690	685	30	30	30	69.70			
24	1	722	717	32	32	32	72.73			
25	1	750	745	28	28	28	75.76			
26	1	780	775	30	30	30	78.79			
27	1	800	795	20	20	20	81.82			
28	1	830	825	30	30	30	84.85			
29	1	870	865	40	40	40	87.88			
30	1	900	895	30	30	30	90.91			
31	1	925	920	25	25	25	93.94			
32	1	952	947	27	27	27	96.97			
33	1	980	975	28	28	28	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C2
Progresiva: 0+500

Coord. Este : 580745
Coord. Norte : 8775560

CURVA PDC

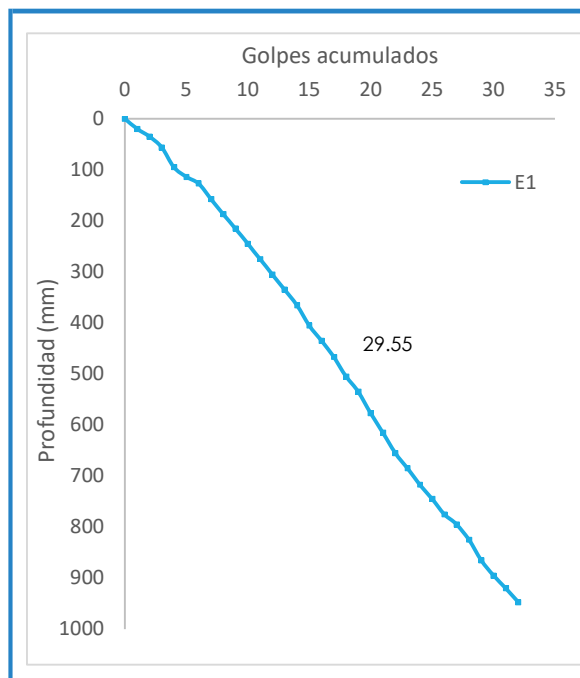
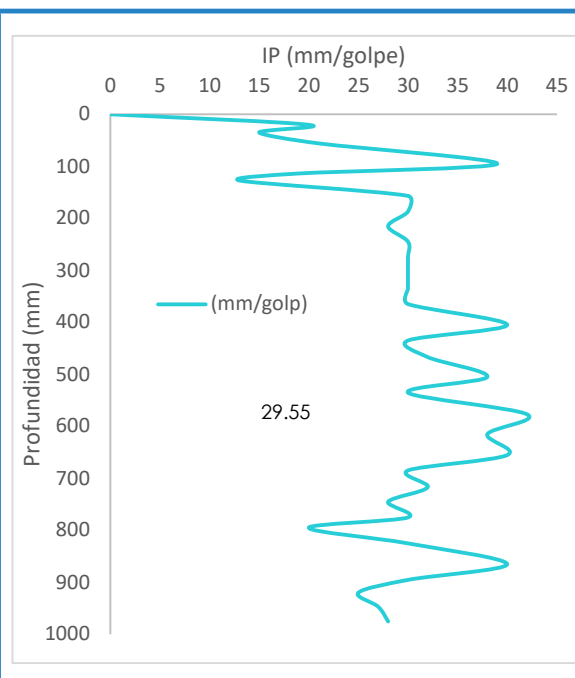
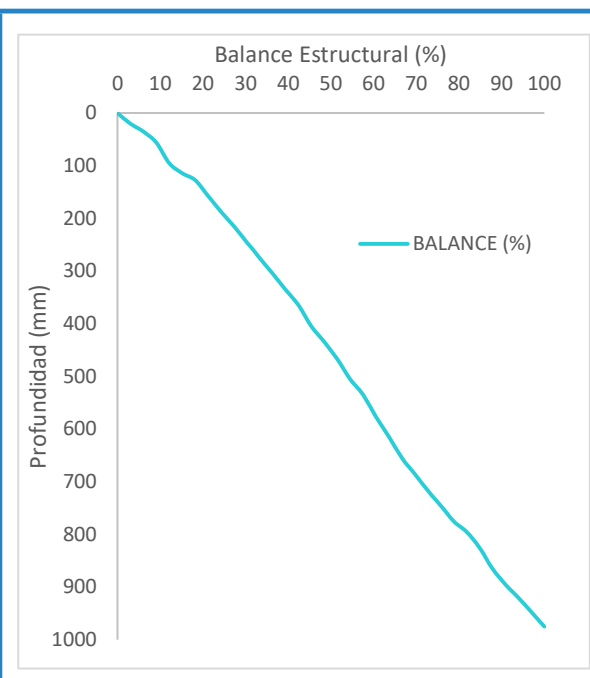


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	29.55

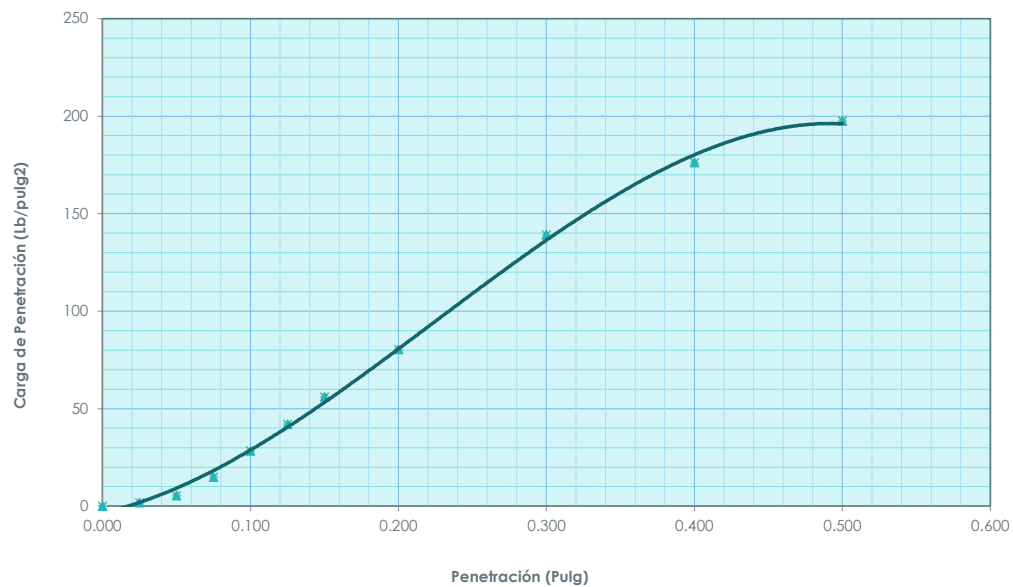
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 29/11/2019
Progresiva	: 1+000	FECHA DE EMISION	: 29/11/2019
Calicata	: C-3	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	2.64	5.8212	
1	1.270	0.050	7.68	16.9344	
1.5	1.905	0.075	21.36	47.0988	
2	2.540	0.100	40.44	89.1702	2.84
2.5	3.180	0.125	59.76	131.7708	
3	3.810	0.150	79.8	175.959	
4	5.080	0.200	114.48	252.4284	5.36
6	7.620	0.300	198.36	437.3838	
8	10.160	0.400	250.92	553.2786	
10	12.700	0.500	281.4	620.487	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetración	2.84
C.B.R. 0.2" de Penetración	5.36

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA : C-3

PROGRESIVA : 1+000

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : :29/11/2019

FECHA EMISION : :29/11/2019

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7083.00
Peso del frasco + arena que queda	g	3345.00
Peso de arena empleada	g	3738.00
Peso de arena en el cono	g	1345.00
Peso de arena en la excavación	g	2393.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1606.04
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2689.00
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2689.00
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2689.00
Volumen de finos	cm ³	1606.04
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.67
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	22.80

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-3
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 1+000

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISIÓN : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1 "	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00	5.77	1.63	1.63	98.37
	Nº 020	0.85	15.38	4.34	5.96	94.04
	Nº 040	0.43	23.39	6.60	12.56	87.44
	Nº 060	0.25	19.57	5.52	18.08	81.92
	Nº 140	0.15	20.05	5.65	23.73	76.27
	Nº 200	0.08	66.32	18.70	42.44	57.56

D10 (mm): NP
D30 (mm): NP
D60 (mm): 0.08
Cu: NP
Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) **ML**

Descripción:

LIMO ARENOSO

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) **A-4 (0)**

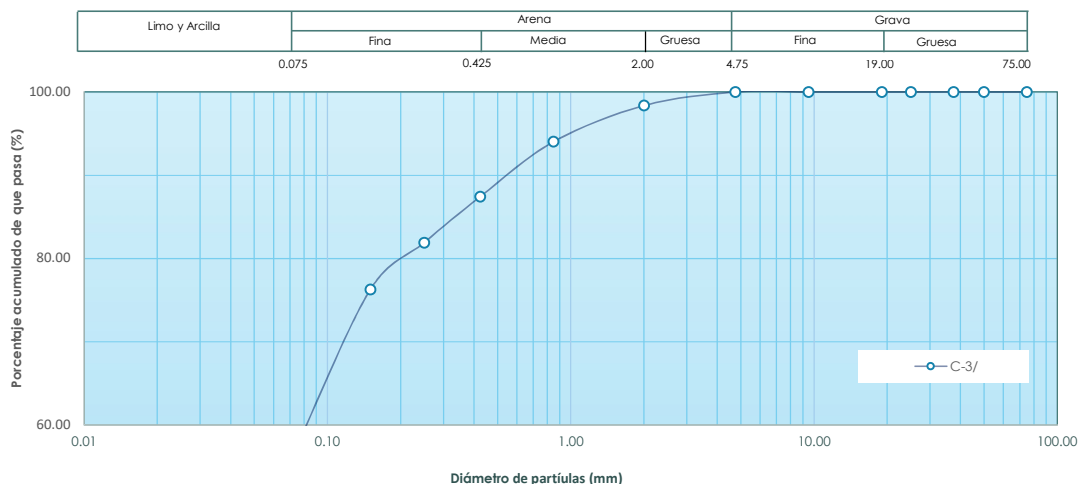
Descripción: **Mediano a pobre**

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	42.44	Gruesa	1.63
		Media	10.93
		Fina	29.88
% Finos	57.56	Finos	57.56

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	87.02
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	458.52
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	393.36
Peso del agua (gr)	:	65.16
Contenido de humedad (%)	:	21.27

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-3
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 1+000

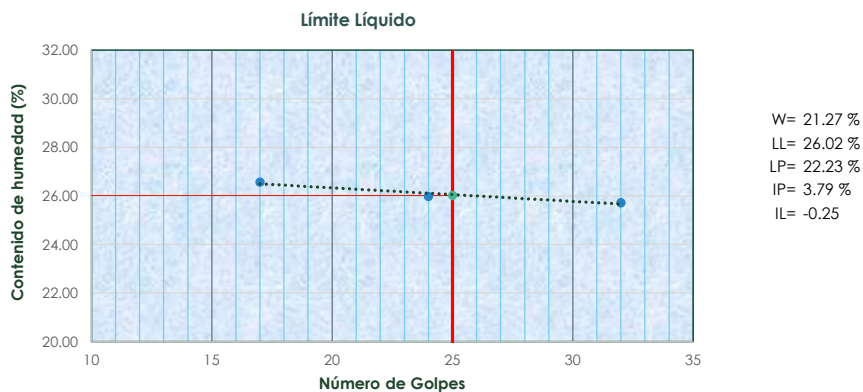
FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	32	24	17		
Peso de tara (gr)	85.83	60.19	59.31		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	114.47	81.33	82.75		
Peso tara + suelo seco (gr)	108.61	76.97	77.83		
Contenido de humedad (%)	25.72	25.98	26.57		
Límite Líquido (%)	26.02				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	55.93	59.35			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	60.27	62.23			
Peso tara + suelo seco (gr)	59.49	61.7			
Contenido de humedad (%)	21.91	22.55			
Límite Plástico (%)	22.23				



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C3

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 1+000

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580704

Lectura Inicial: 10

Coord. Norte : 8776020

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/g golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	10	0	0	0	0	0.00	33	970	29.39
1	1	50	40	40	40	40	3.03			
2	1	80	70	30	30	30	6.06			
3	1	110	100	30	30	30	9.09			
4	1	142	132	32	32	32	12.12			
5	1	178	168	36	36	36	15.15			
6	1	205	195	27	27	27	18.18			
7	1	235	225	30	30	30	21.21			
8	1	270	260	35	35	35	24.24			
9	1	300	290	30	30	30	27.27			
10	1	330	320	30	30	30	30.30			
11	1	370	360	40	40	40	33.33			
12	1	400	390	30	30	30	36.36			
13	1	445	435	45	45	45	39.39			
14	1	480	470	35	35	35	42.42			
15	1	515	505	35	35	35	45.45			
16	1	545	535	30	30	30	48.48			
17	1	580	570	35	35	35	51.52			
18	1	605	595	25	25	25	54.55			
19	1	635	625	30	30	30	57.58			
20	1	670	660	35	35	35	60.61			
21	1	700	690	30	30	30	63.64			
22	1	730	720	30	30	30	66.67			
23	1	760	750	30	30	30	69.70			
24	1	790	780	30	30	30	72.73			
25	1	810	800	20	20	20	75.76			
26	1	830	820	20	20	20	78.79			
27	1	850	840	20	20	20	81.82			
28	1	880	870	30	30	30	84.85			
29	1	900	890	20	20	20	87.88			
30	1	920	910	20	20	20	90.91			
31	1	945	935	25	25	25	93.94			
32	1	965	955	20	20	20	96.97			
33	1	980	970	15	15	15	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C3
Progresiva: 1+000

Coord. Este : 580704
Coord. Norte : 8776020

CURVA PDC

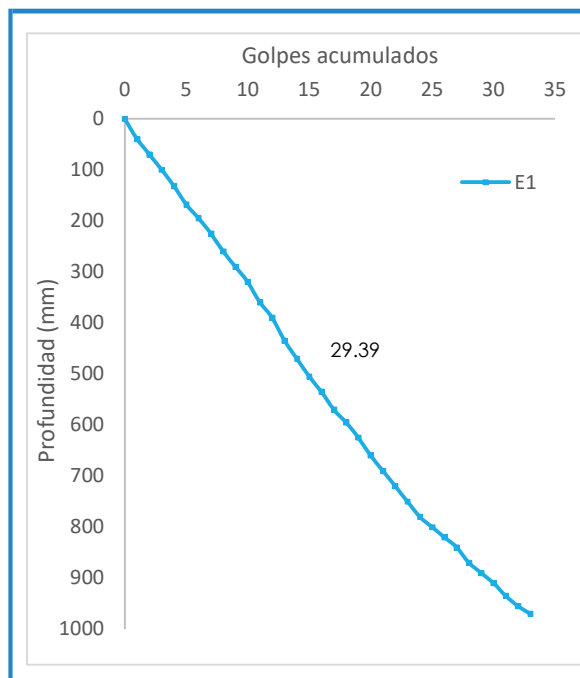
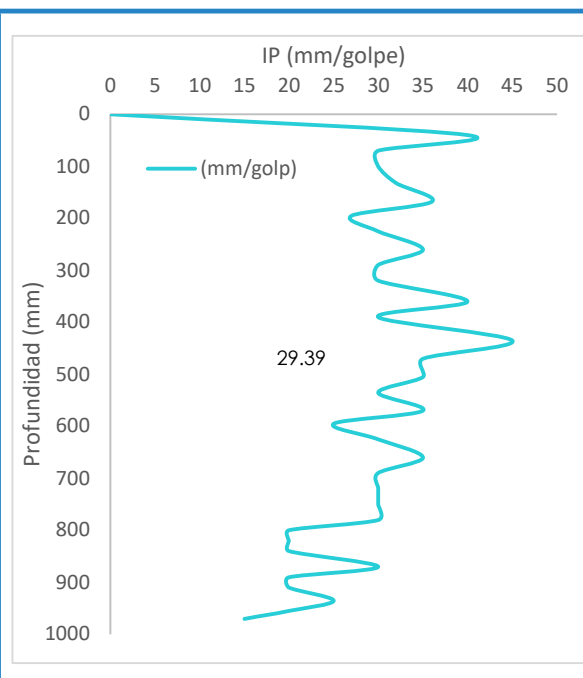
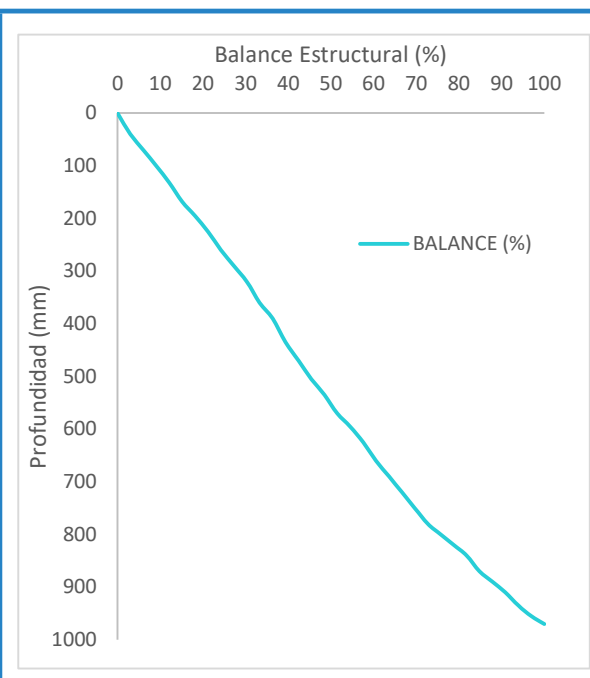


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	29.39

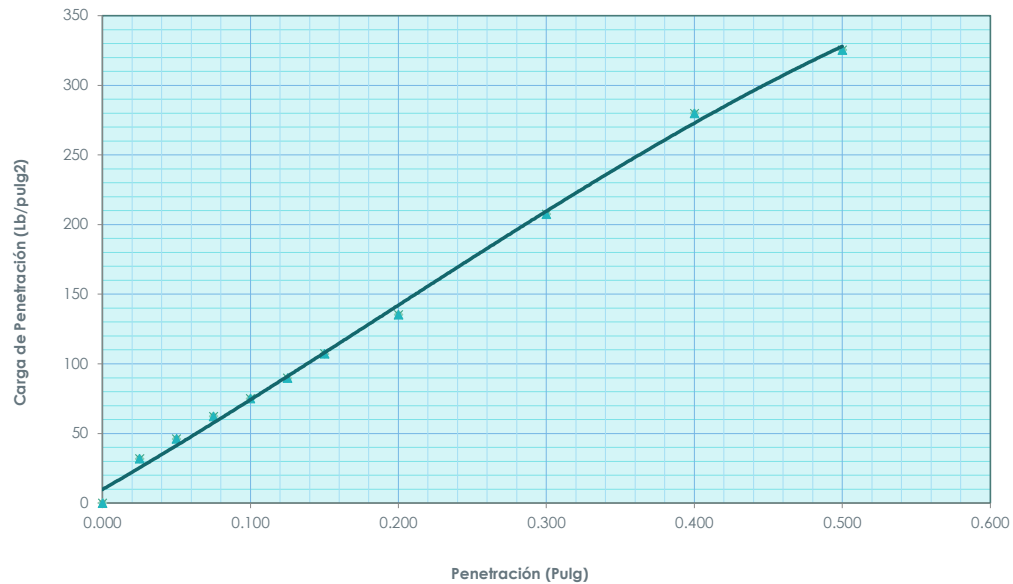
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 29/11/2019
Progresiva	: 1+500	FECHA DE EMISION	: 29/011/2019
Calicata	: C-4	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	45.4	100.107	
1	1.270	0.050	65.7	144.8685	
1.5	1.905	0.075	88.7	195.5835	
2	2.540	0.100	106.9	235.7145	7.50
2.5	3.180	0.125	127.8	281.799	
3	3.810	0.150	152.7	336.7035	
4	5.080	0.200	192.7	424.9035	9.02
6	7.620	0.300	295.7	652.0185	
8	10.160	0.400	398.8	879.354	
10	12.700	0.500	463.4	1021.797	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetracion	7.50
C.B.R. 0.2" de Penetracion	9.02

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA : C-4

PROGRESIVA : 1+500

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : 29/11/2019

FECHA EMISION : 29/11/2019

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7097.00
Peso del frasco + arena que queda	g	3593.00
Peso de arena empleada	g	3504.00
Peso de arena en el cono	g	1359.00
Peso de arena en la excavación	g	2145.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1439.60
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2637.00
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2637.00
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2637.00
Volumen de finos	cm ³	1439.60
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.83
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	18.00

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-4
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 1+500

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISIÓN : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1 "	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00	16.15	8.32	8.32	91.68
	Nº 020	0.85	15.50	7.99	16.31	83.69
	Nº 040	0.43	13.83	7.13	23.44	76.56
	Nº 060	0.25	13.52	6.97	30.40	69.60
	Nº 140	0.15	19.81	10.21	40.61	59.39
	Nº 200	0.08	19.50	10.05	50.66	49.34

D10 (mm): NP
D30 (mm): NP
D60 (mm): 0.16
Cu: NP
Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) : **SC**

Descripción:

ARENA ARCILLOSA

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) : **A-5 (2)**

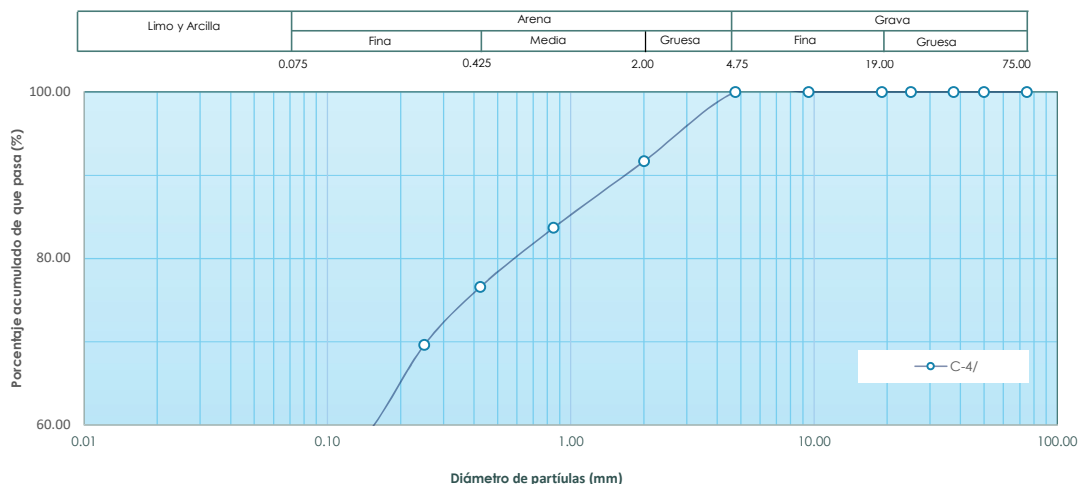
Descripción: **Mediano a pobre**

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	136.03
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	459.75
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	410.69
Peso del agua (gr)	:	49.06
Contenido de humedad (%)	:	17.86

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	50.66	Gruesa	8.32
		Media	15.11
		Fina	27.22
% Finos	49.34	Finos	49.34

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-4
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 1+500

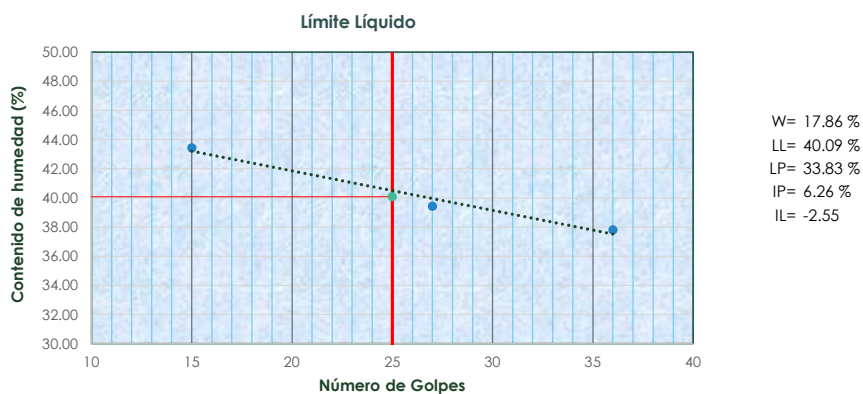
FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	36	27	15		
Peso de tara (gr)	54.51	53.36	59.78		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	81.55	73.23	79.43		
Peso tara + suelo seco (gr)	74.13	67.61	73.48		
Contenido de humedad (%)	37.82	39.44	43.43		
Límite Líquido (%)	40.09				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	59.35	55.93			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	69.58	66.35			
Peso tara + suelo seco (gr)	66.98	63.73			
Contenido de humedad (%)	34.08	33.59			
Límite Plástico (%)	33.83				



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C4

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 1+500

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580926

Lectura Inicial: 2

Coord. Norte : 8776315

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/g golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	2	0	0	0	0	0.00	20	158	7.90
1	1	10	8	8	8	8	2.17			
2	1	16	14	6	6	6	4.35			
3	1	24	22	8	8	8	6.52			
4	1	32	30	8	8	8	8.70			
5	1	38	36	6	6	6	10.87			
6	1	42	40	4	4	4	13.04			
7	1	50	48	8	8	8	15.22			
8	1	55	53	5	5	5	17.39			
9	1	61	59	6	6	6	19.57			
10	1	70	68	9	9	9	21.74			
11	1	80	78	10	10	10	23.91			
12	1	90	88	10	10	10	26.09			
13	1	100	98	10	10	10	28.26			
14	1	110	108	10	10	10	30.43			
15	1	115	113	5	5	5	32.61			
16	1	120	118	5	5	5	34.78			
17	1	130	128	10	10	10	36.96			
18	1	140	138	10	10	10	39.13			
19	1	150	148	10	10	10	41.30			
20	1	160	158	10	10	10	43.48			
21	1	180	178	20	20	20	45.65	7	140	20.00
22	1	200	198	20	20	20	47.83			
23	1	220	218	20	20	20	50.00			
24	1	240	238	20	20	20	52.17			
25	1	260	258	20	20	20	54.35			
26	1	280	278	20	20	20	56.52			
27	1	300	298	20	20	20	58.70			
28	1	330	328	30	30	30	60.87			
29	1	360	358	30	30	30	63.04	19	680	35.79
30	1	390	388	30	30	30	65.22			
31	1	425	423	35	35	35	67.39			
32	1	460	458	35	35	35	69.57			
33	1	495	493	35	35	35	71.74			
34	1	540	538	45	45	45	73.91			
35	1	570	568	30	30	30	76.09			
36	1	600	598	30	30	30	78.26			
37	1	631	629	31	31	31	80.43			
38	1	670	668	39	39	39	82.61			
39	1	701	699	31	31	31	84.78			
40	1	735	733	34	34	34	86.96			
41	1	776	774	41	41	41	89.13			
42	1	812	810	36	36	36	91.30			
43	1	847	845	35	35	35	93.48			
44	1	891	889	44	44	44	95.65			
45	1	950	948	59	59	59	97.83			
46	1	980	978	30	30	30	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C4
Progresiva: 1+500

Coord. Este : 580926
Coord. Norte : 8776315

CURVA PDC

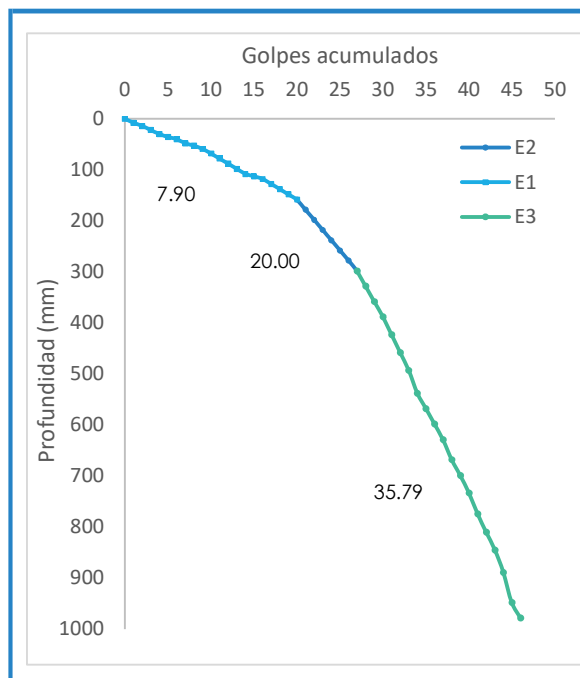
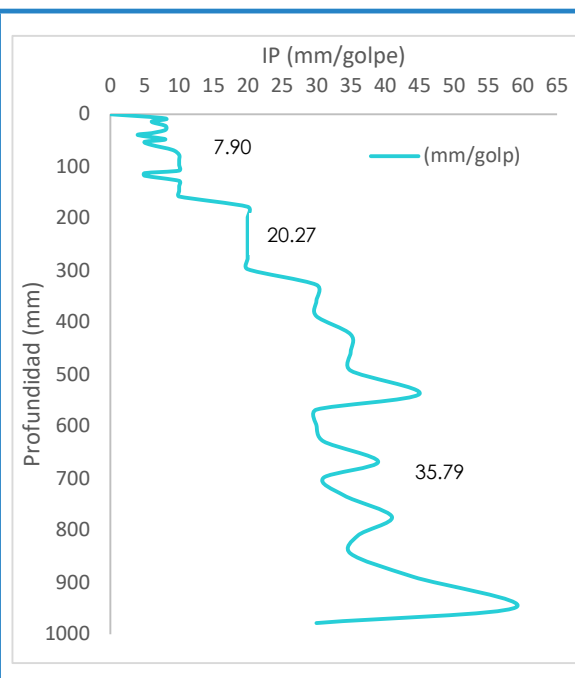
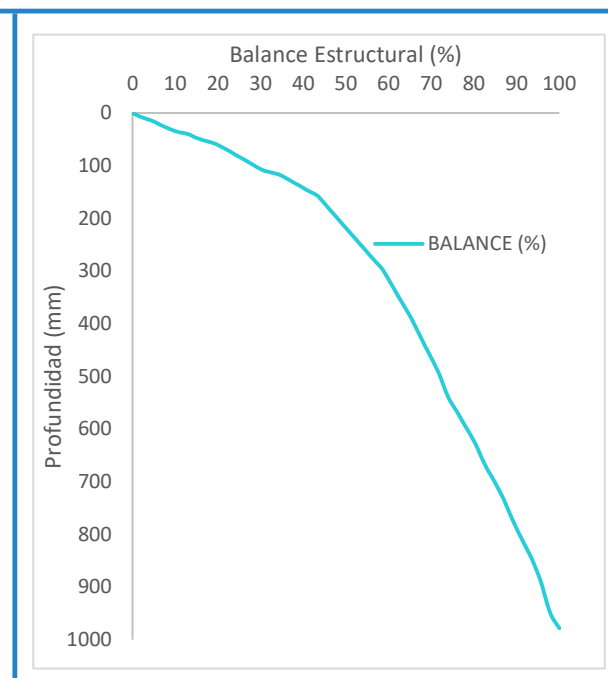


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	7.90
ESTRATO 2	20.00
ESTRATO 3	35.79

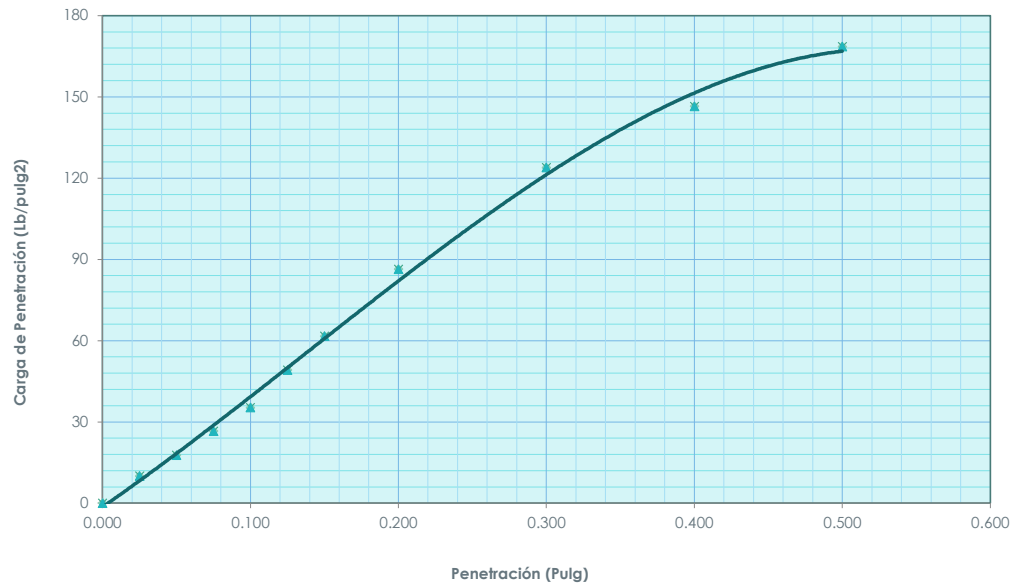
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 29/11/2019
Progresiva	:2+000	FECHA DE EMISION	: 29/11/2019
Calicata	: C-5	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	14.2	31.311	
1	1.270	0.050	25.2	55.566	
1.5	1.905	0.075	37.8	83.349	
2	2.540	0.100	50.2	110.691	3.52
2.5	3.180	0.125	70.1	154.5705	
3	3.810	0.150	87.8	193.599	
4	5.080	0.200	123.1	271.4355	5.76
6	7.620	0.300	176.5	389.1825	
8	10.160	0.400	208.7	460.1835	
10	12.700	0.500	240.2	529.641	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetración	3.52
C.B.R. 0.2" de Penetración	5.76

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA : C-5

PROGRESIVA : 2+000

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : 29/11/2019

FECHA EMISION : 29/11/2019

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7081.00
Peso del frasco + arena que queda	g	3797.00
Peso de arena empleada	g	3284.00
Peso de arena en el cono	g	1343.00
Peso de arena en la excavación	g	1941.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1302.68
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2081.00
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2081.00
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2081.00
Volumen de finos	cm ³	1302.68
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.60
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	21.00

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-5
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 2+000

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISIÓN : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1 "	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00	20.48	6.60	6.60	93.40
	Nº 020	0.85	28.61	9.22	15.82	84.18
	Nº 040	0.43	25.00	8.06	23.88	76.12
	Nº 060	0.25	14.58	4.70	28.58	71.42
	Nº 140	0.15	8.29	2.67	31.25	68.75
	Nº 200	0.08	22.21	7.16	38.41	61.59

D10 (mm): NP
 D30 (mm): NP
 D60 (mm): NP
 Cu: NP
 Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) : **CL**

Descripción:

ARCILLA LIGERA ARENOSA

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) : **A-4 (3)**

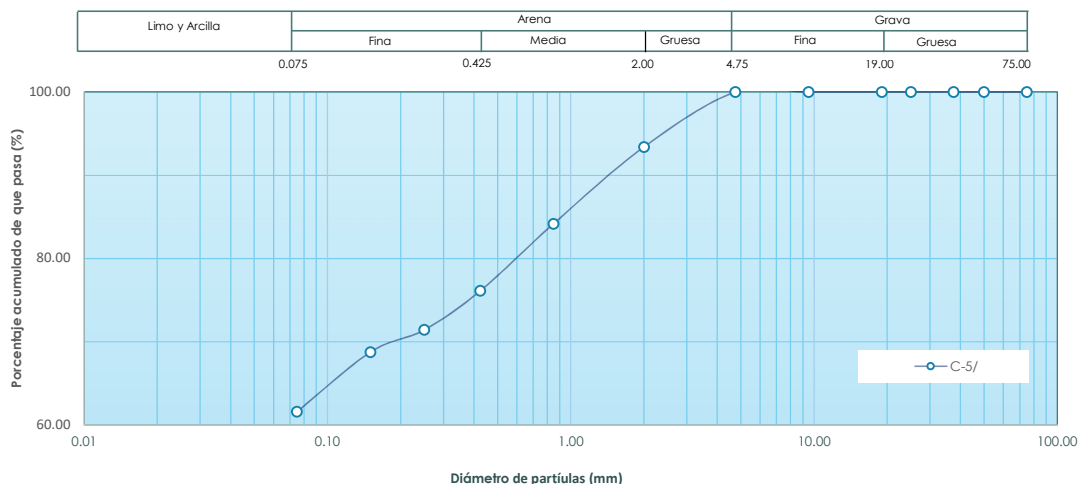
Descripción: **Mediano a pobre**

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	38.41	Gruesa	6.60
		Media	17.28
		Fina	14.53
% Finos	61.59	Finos	61.59

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	82.23
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	459.19
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	395.15
Peso del agua (gr)	:	64.04
Contenido de humedad (%)	:	20.47

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-5
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 2+000

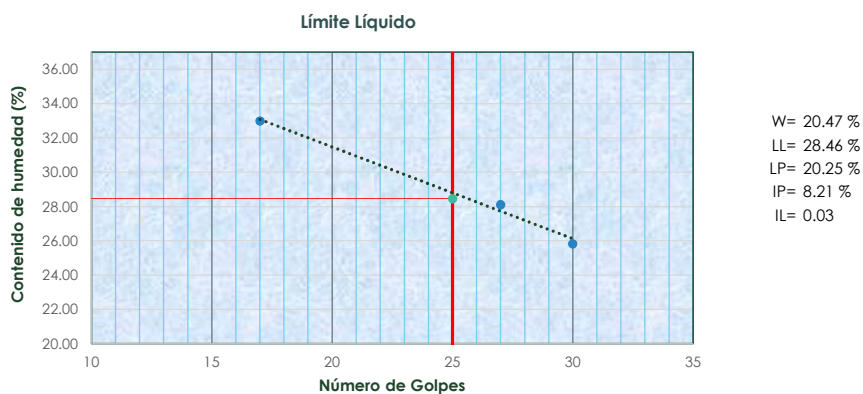
FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	30	27	17		
Peso de tara (gr)	59.37	53.58	59.42		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	84.46	72.72	86.27		
Peso tara + suelo seco (gr)	79.31	68.52	79.61		
Contenido de humedad (%)	25.83	28.11	32.99		
Límite Líquido (%)	28.46				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	53.62	56.75			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	64.05	67.04			
Peso tara + suelo seco (gr)	62.24	65.36			
Contenido de humedad (%)	21.00	19.51			
Límite Plástico (%)	20.25				



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C5

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 2+000

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 581142

Lectura Inicial: 5

Coord. Norte : 8776714

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	5	0	0	0	0	0.00	57	975	17.11
1	1	20	15	15	15	15	1.75			
2	1	32	27	12	12	12	3.51			
3	1	46	41	14	14	14	5.26			
4	1	60	55	14	14	14	7.02			
5	1	75	70	15	15	15	8.77			
6	1	90	85	15	15	15	10.53			
7	1	105	100	15	15	15	12.28			
8	1	120	115	15	15	15	14.04			
9	1	135	130	15	15	15	15.79			
10	1	150	145	15	15	15	17.54			
11	1	165	160	15	15	15	19.30			
12	1	180	175	15	15	15	21.05			
13	1	195	190	15	15	15	22.81			
14	1	210	205	15	15	15	24.56			
15	1	225	220	15	15	15	26.32			
16	1	240	235	15	15	15	28.07			
17	1	255	250	15	15	15	29.82			
18	1	270	265	15	15	15	31.58			
19	1	290	285	20	20	20	33.33			
20	1	305	300	15	15	15	35.09			
21	1	325	320	20	20	20	36.84			
22	1	340	335	15	15	15	38.60			
23	1	355	350	15	15	15	40.35			
24	1	375	370	20	20	20	42.11			
25	1	395	390	20	20	20	43.86			
26	1	410	405	15	15	15	45.61			
27	1	430	425	20	20	20	47.37			
28	1	440	435	10	10	10	49.12			
29	1	460	455	20	20	20	50.88			
30	1	480	475	20	20	20	52.63			
31	1	500	495	20	20	20	54.39			
32	1	515	510	15	15	15	56.14			
33	1	530	525	15	15	15	57.89			
34	1	545	540	15	15	15	59.65			
35	1	560	555	15	15	15	61.40			
36	1	580	575	20	20	20	63.16			
37	1	600	595	20	20	20	64.91			
38	1	620	615	20	20	20	66.67			
39	1	640	635	20	20	20	68.42			
40	1	650	645	10	10	10	70.18			
41	1	670	665	20	20	20	71.93			
42	1	685	680	15	15	15	73.68			
43	1	700	695	15	15	15	75.44			
44	1	720	715	20	20	20	77.19			
45	1	740	735	20	20	20	78.95			
46	1	760	755	20	20	20	80.70			
47	1	780	775	20	20	20	82.46			
48	1	800	795	20	20	20	84.21			
49	1	820	815	20	20	20	85.96			
50	1	840	835	20	20	20	87.72			
51	1	860	855	20	20	20	89.47			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C5

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 2+000

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 581142

Lectura Inicial: 5

Coord. Norte : 8776714

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/g olpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
52	1	880	875	20	20	20	91.23			
53	1	900	895	20	20	20	92.98			
54	1	920	915	20	20	20	94.74			
55	1	940	935	20	20	20	96.49			
56	1	960	955	20	20	20	98.25			
57	1	980	975	20	20	20	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C5
Progresiva: 2+000

Coord. Este : 581142
Coord. Norte : 8776714

CURVA PDC

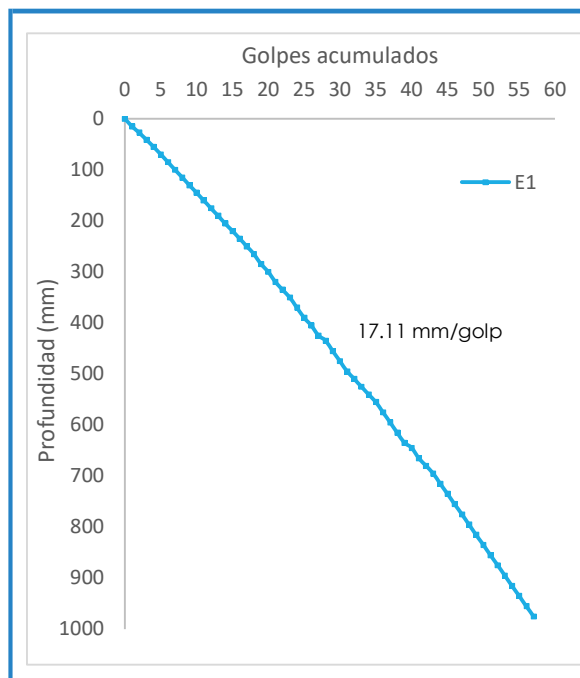
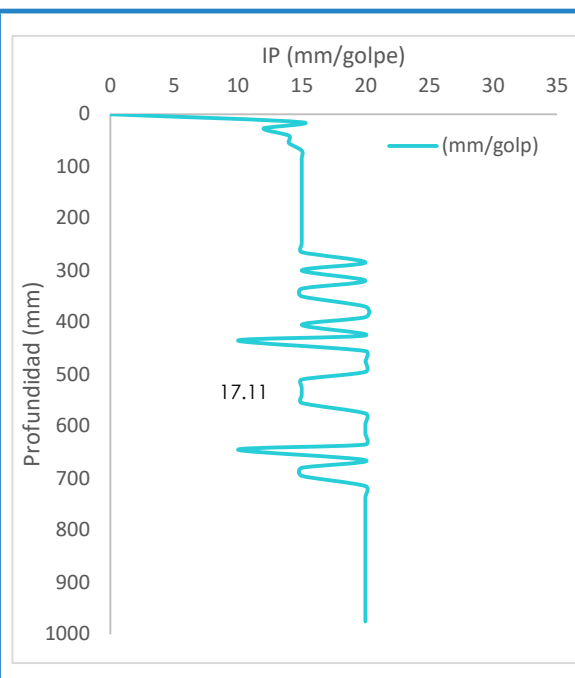
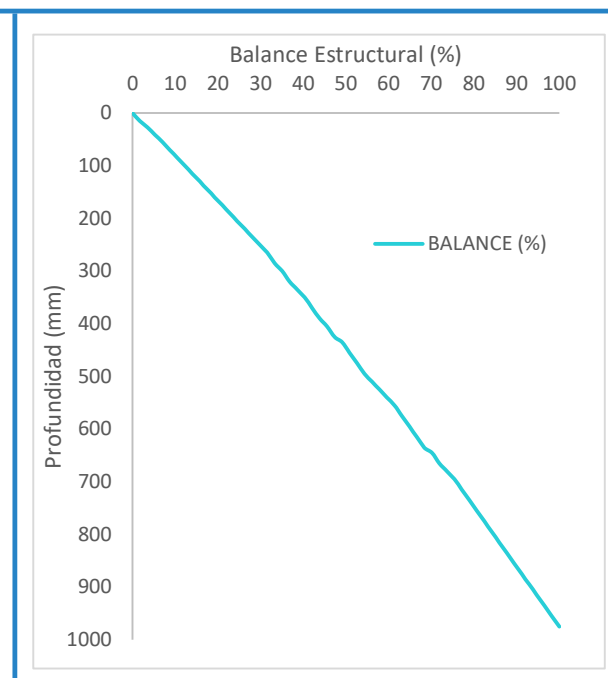


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	17.11

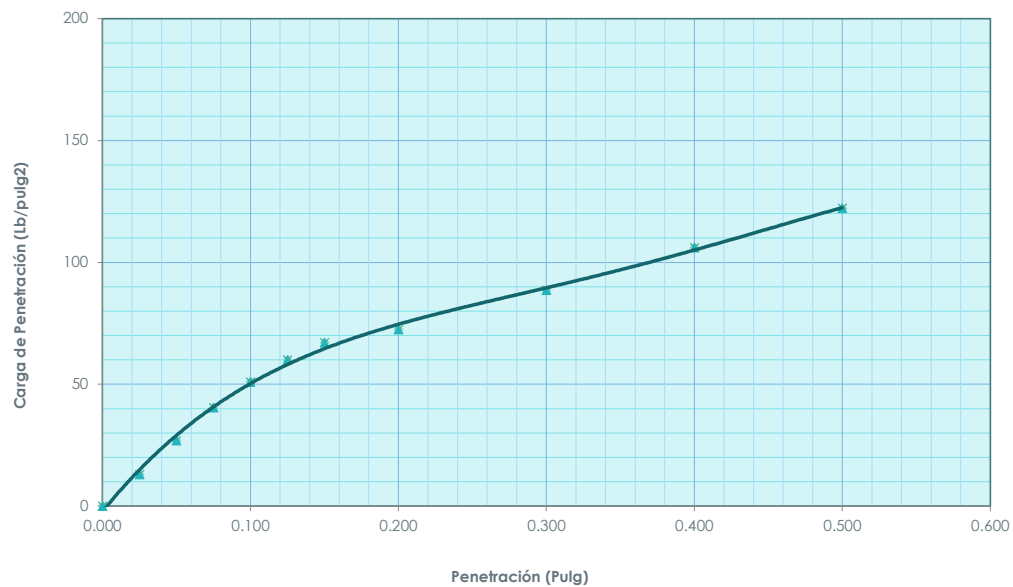
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 29/11/2019
Progresiva	:2+500	FECHA DE EMISION	: 29/11/2019
Calicata	: C-6	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	18.5	40.7925	
1	1.270	0.050	38.2	84.231	
1.5	1.905	0.075	57.5	126.7875	
2	2.540	0.100	72.4	159.642	5.08
2.5	3.180	0.125	85.4	188.307	
3	3.810	0.150	95.5	210.5775	
4	5.080	0.200	103.2	227.556	4.83
6	7.620	0.300	126.2	278.271	
8	10.160	0.400	151.1	333.1755	
10	12.700	0.500	174.1	383.8905	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetracion	5.08
C.B.R. 0.2" de Penetracion	4.83

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA : C-6

PROGRESIVA : 2+500

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : 29/11/2019

FECHA EMISION : 29/11/2019

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7093.00
Peso del frasco + arena que queda	g	3220.00
Peso de arena empleada	g	3873.00
Peso de arena en el cono	g	1355.00
Peso de arena en la excavación	g	2518.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1689.93
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2616.00
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2616.00
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2616.00
Volumen de finos	cm ³	1689.93
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.55
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	19.00

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-6
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 0+000

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISIÓN : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1"	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00	67.89	24.46	24.46	75.54
	Nº 020	0.85	19.84	7.15	31.61	68.39
	Nº 040	0.43	10.93	3.94	35.55	64.45
	Nº 060	0.25	5.50	1.98	37.53	62.47
	Nº 140	0.15	4.85	1.75	39.28	60.72
	Nº 200	0.08	14.40	5.19	44.47	55.53

D10 (mm): NP
D30 (mm): NP
D60 (mm): 0.14
Cu: NP
Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) **CL**

Descripción:

ARCILLA LIGERA ARENOSA

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) **A-4 (2)**

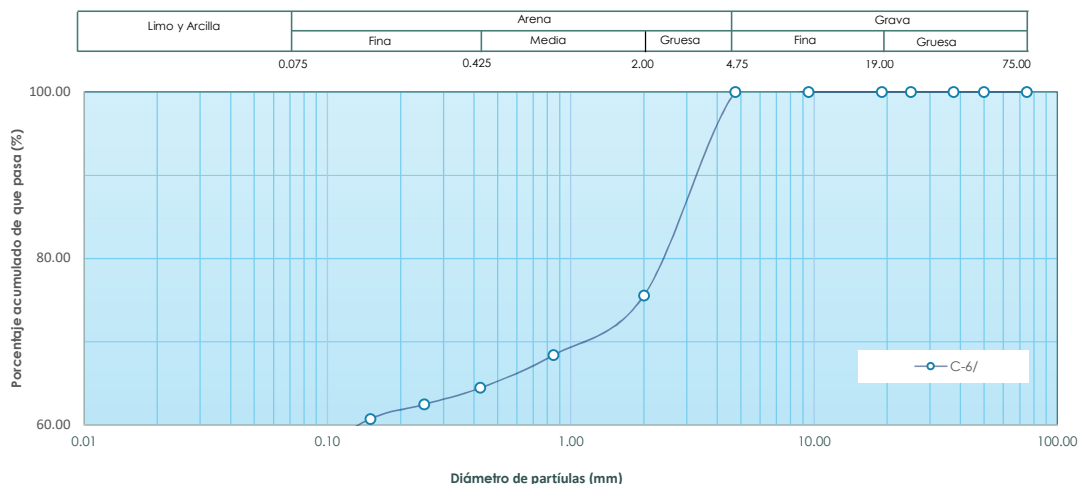
Descripción: **Mediano a pobre**

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	135.85
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	465.24
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	413.93
Peso del agua (gr)	:	51.31
Contenido de humedad (%)	:	18.45

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	44.47	Gruesa	24.46
		Media	11.09
		Fina	8.92
% Finos	55.53	Finos	55.53

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-6
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 0+000

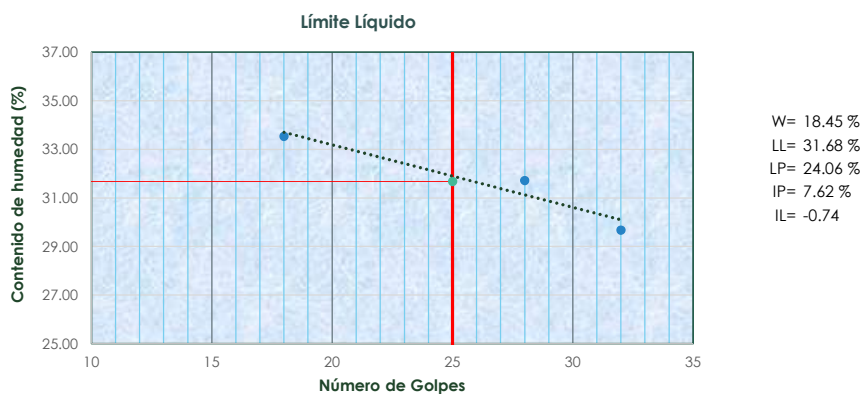
FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	32	28	18		
Peso de tara (gr)	56.68	56.27	56.52		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	82.11	86.38	81.09		
Peso tara + suelo seco (gr)	76.29	79.13	74.92		
Contenido de humedad (%)	29.68	31.71	33.53		
Límite Líquido (%)	31.68				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	53.49	59.78			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	56.38	62.15			
Peso tara + suelo seco (gr)	55.82	61.69			
Contenido de humedad (%)	24.03	24.08			
Límite Plástico (%)	24.06				



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C6

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 2+500

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 581024

Lectura Inicial: 5

Coord. Norte : 8777047

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	5	0	0	0	0	0.00	27	361	13.37
1	1	22	17	17	17	17	0.91			
2	1	35	30	13	13	13	1.82			
3	1	48	43	13	13	13	2.73			
4	1	63	58	15	15	15	3.64			
5	1	82	77	19	19	19	4.55			
6	1	91	86	9	9	9	5.45			
7	1	101	96	10	10	10	6.36			
8	1	112	107	11	11	11	7.27			
9	1	126	121	14	14	14	8.18			
10	1	134	129	8	8	8	9.09			
11	1	146	141	12	12	12	10.00			
12	1	158	153	12	12	12	10.91			
13	1	175	170	17	17	17	11.82			
14	1	190	185	15	15	15	12.73			
15	1	205	200	15	15	15	13.64			
16	1	220	215	15	15	15	14.55			
17	1	240	235	20	20	20	15.45			
18	1	258	253	18	18	18	16.36			
19	1	270	265	12	12	12	17.27			
20	1	290	285	20	20	20	18.18			
21	1	301	296	11	11	11	19.09			
22	1	315	310	14	14	14	20.00			
23	1	326	321	11	11	11	20.91			
24	1	336	331	10	10	10	21.82			
25	1	347	342	11	11	11	22.73			
26	1	356	351	9	9	9	23.64			
27	1	366	361	10	10	10	24.55			
28	1	374	369	8	8	8	25.45			
29	1	381	376	7	7	7	26.36			
30	1	383	378	2	2	2	27.27			
31	1	385	380	2	2	2	28.18			
32	1	390	385	5	5	5	29.09			
33	1	400	395	10	10	10	30.00			
34	1	405	400	5	5	5	30.91			
35	1	410	405	5	5	5	31.82			
36	1	415	410	5	5	5	32.73			
37	1	417	412	2	2	2	33.64			
38	1	420	415	3	3	3	34.55			
39	1	423	418	3	3	3	35.45			
40	1	425	420	2	2	2	36.36			
41	1	430	425	5	5	5	37.27			
42	1	435	430	5	5	5	38.18			
43	1	438	433	3	3	3	39.09			
44	1	442	437	4	4	4	40.00			
45	1	446	441	4	4	4	40.91			
46	1	450	445	4	4	4	41.82			
47	1	453	448	3	3	3	42.73			
48	2	456	451	3	3	3	43.64			
49	3	459	454	3	3	3	44.55			
50	4	462	457	3	3	3	45.45			
51	5	466	461	4	4	4	46.36			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C6

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 2+500

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 581024

Lectura Inicial: 5

Coord. Norte : 8777047

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
52	6	469	464	3	3	3	47.27	60	249	4.15
53	7	472	467	3	3	3	48.18			
54	8	475	470	3	3	3	49.09			
55	9	480	475	5	5	5	50.00			
56	10	482	477	2	2	2	50.91			
57	11	484	479	2	2	2	51.82			
58	12	487	482	3	3	3	52.73			
59	13	490	485	3	3	3	53.64			
60	14	493	488	3	3	3	54.55			
61	15	496	491	3	3	3	55.45			
62	16	498	493	2	2	2	56.36			
63	17	500	495	2	2	2	57.27			
64	18	503	498	3	3	3	58.18			
65	19	506	501	3	3	3	59.09			
66	20	510	505	4	4	4	60.00			
67	21	512	507	2	2	2	60.91			
68	22	514	509	2	2	2	61.82			
69	23	516	511	2	2	2	62.73			
70	24	520	515	4	4	4	63.64			
71	25	526	521	6	6	6	64.55			
72	26	530	525	4	4	4	65.45			
73	27	536	531	6	6	6	66.36			
74	28	541	536	5	5	5	67.27	23	365	15.87
75	29	547	542	6	6	6	68.18			
76	30	552	547	5	5	5	69.09			
77	31	556	551	4	4	4	70.00			
78	32	563	558	7	7	7	70.91			
79	33	568	563	5	5	5	71.82			
80	34	572	567	4	4	4	72.73			
81	35	580	575	8	8	8	73.64			
82	36	586	581	6	6	6	74.55			
83	37	590	585	4	4	4	75.45			
84	38	595	590	5	5	5	76.36			
85	39	600	595	5	5	5	77.27			
86	40	610	605	10	10	10	78.18			
87	41	615	610	5	5	5	79.09			
88	42	630	625	15	15	15	80.00			
89	43	650	645	20	20	20	80.91			
90	44	680	675	30	30	30	81.82			
91	45	700	695	20	20	20	82.73			
92	46	720	715	20	20	20	83.64			
93	47	740	735	20	20	20	84.55			
94	48	750	745	10	10	10	85.45			
95	49	760	755	10	10	10	86.36			
96	50	770	765	10	10	10	87.27			
97	51	780	775	10	10	10	88.18			
98	52	790	785	10	10	10	89.09			
99	53	815	810	25	25	25	90.00			
100	54	825	820	10	10	10	90.91			
101	55	840	835	15	15	15	91.82			
102	56	850	845	10	10	10	92.73			
103	57	860	855	10	10	10	93.64			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C6

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 2+500

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 581024

Lectura Inicial: 5

Coord. Norte : 8777047

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/g olpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
104	58	870	865	10	10	10	94.55			
105	59	880	875	10	10	10	95.45			
106	60	900	895	20	20	20	96.36			
107	61	915	910	15	15	15	97.27			
108	62	940	935	25	25	25	98.18			
109	63	960	955	20	20	20	99.09			
110	64	980	975	20	20	20	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C6
Progresiva: 2+500

Coord. Este : 581024
Coord. Norte : 8777047

CURVA PDC

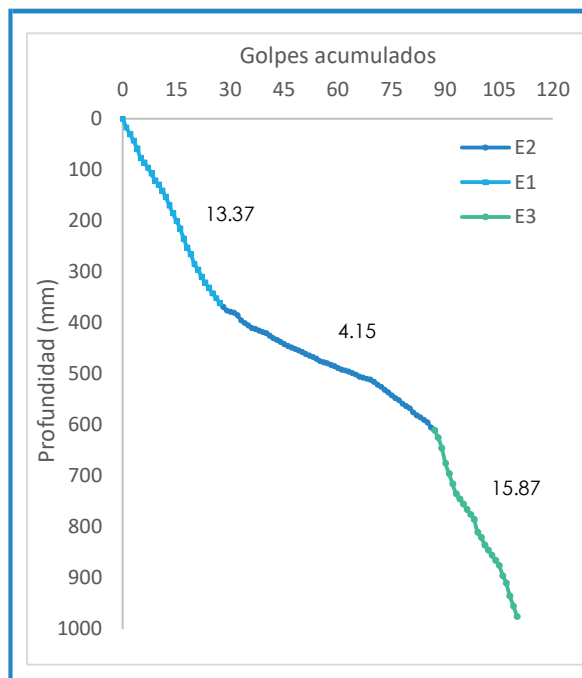
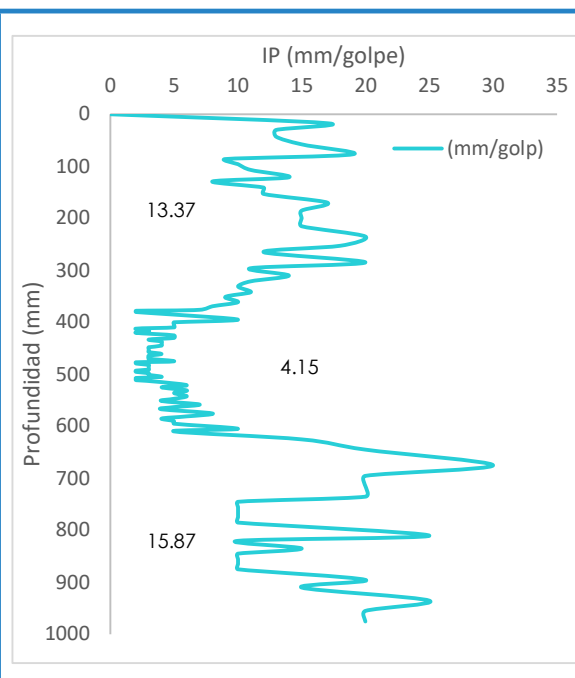
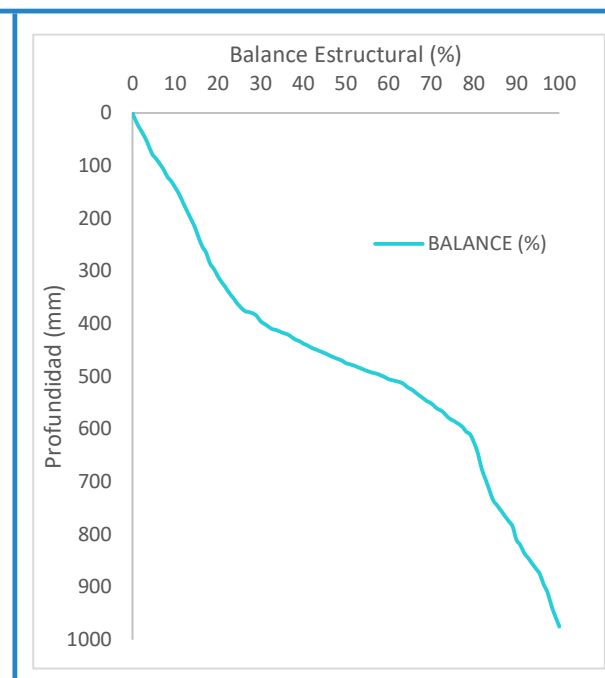


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	13.37
ESTRATO 2	4.15
ESTRATO 3	15.87

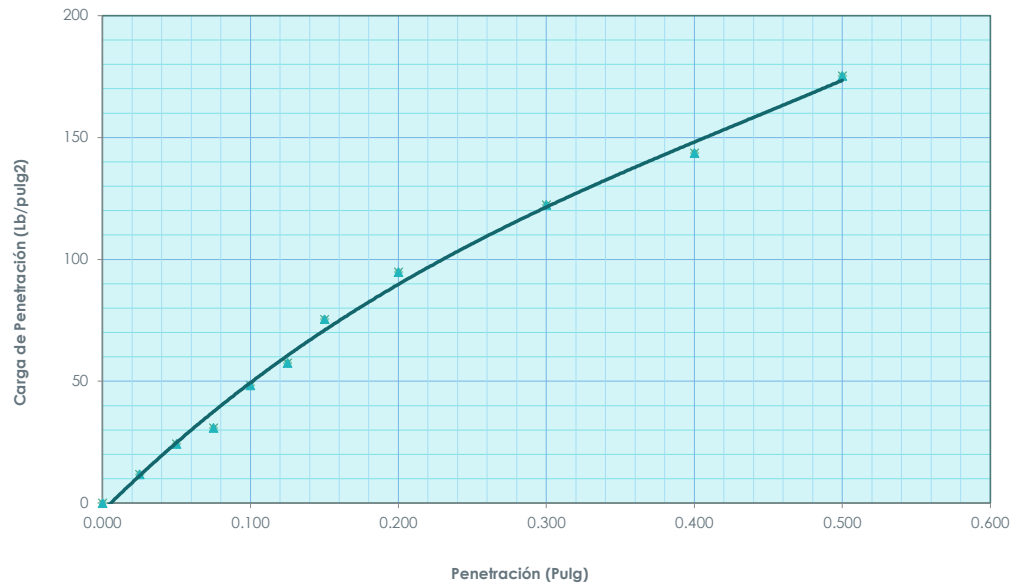
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 29/11/2019
Progresiva	:3+000	FECHA DE EMISION	: 29/11/2019
Calicata	: C-7	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	16.8	37.044	
1	1.270	0.050	34.6	76.293	
1.5	1.905	0.075	43.8	96.579	
2	2.540	0.100	68.9	151.9245	4.84
2.5	3.180	0.125	81.9	180.5895	
3	3.810	0.150	107.4	236.817	
4	5.080	0.200	135.1	297.8955	6.32
6	7.620	0.300	174.3	384.3315	
8	10.160	0.400	204.6	451.143	
10	12.700	0.500	249.7	550.5885	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetracion	4.84
C.B.R. 0.2" de Penetracion	6.32

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA : C-7

PROGRESIVA : 3+000

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : 29/11/2018

FECHA EMISION : 29/11/2018

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7109.00
Peso del frasco + arena que queda	g	3310.00
Peso de arena empleada	g	3799.00
Peso de arena en el cono	g	1371.00
Peso de arena en la excavación	g	2428.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1629.53
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2624.00
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2624.00
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2624.00
Volumen de finos	cm ³	1629.53
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.61
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	32.00

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-7
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 0+000

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISIÓN : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1 "	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00	5.32	1.45	1.45	98.55
	Nº 020	0.85	7.58	2.06	3.51	96.49
	Nº 040	0.43	11.02	2.99	6.50	93.50
	Nº 060	0.25	16.89	4.59	11.09	88.91
	Nº 140	0.15	25.67	6.98	18.06	81.94
	Nº 200	0.08	52.61	14.30	32.36	67.64

D10 (mm): NP
D30 (mm): NP
D60 (mm): NP
Cu: NP
Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) **CL**

Descripción:

ARCILLA LIGERA ARENOSA

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) **A-4 (6)**

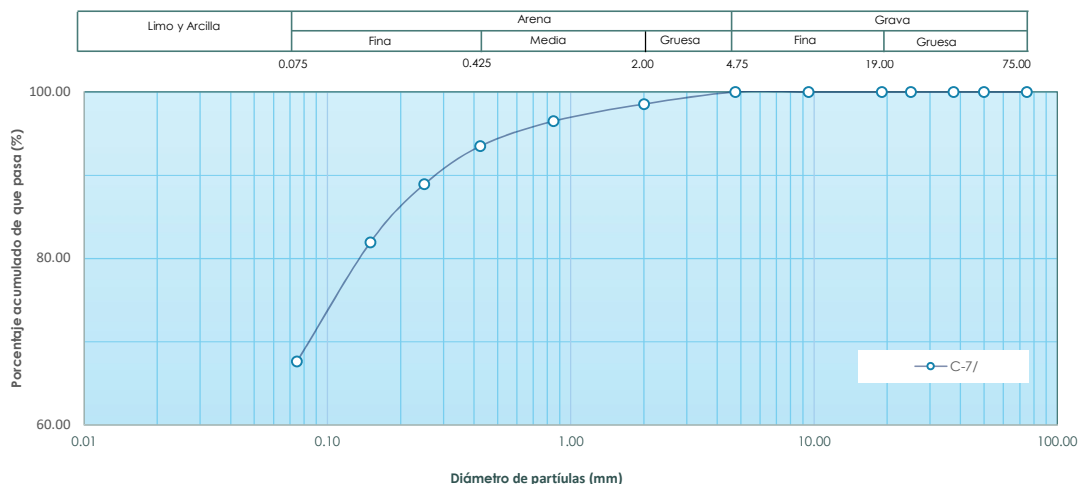
Descripción: **Mediano a pobre**

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	32.36	Gruesa	1.45
		Media	5.05
		Fina	25.86
% Finos	67.64	Finos	67.64

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	142.86
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	630.01
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	511.12
Peso del agua (gr)	:	118.89
Contenido de humedad (%)	:	32.28

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-7
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 0+000

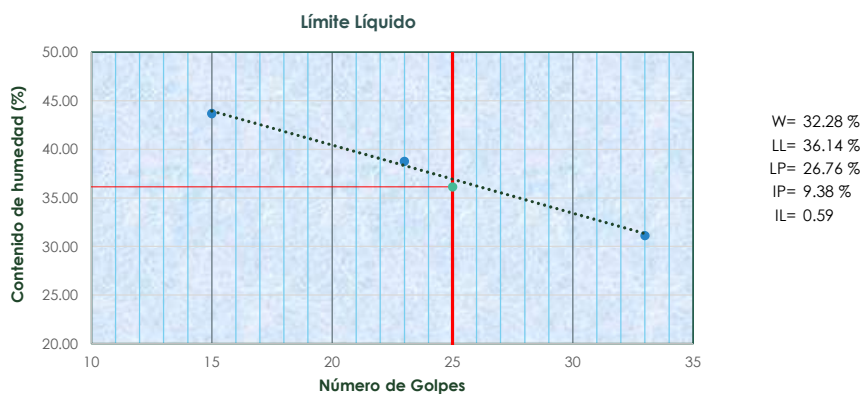
FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	33	23	15		
Peso de tara (gr)	54.5	57.78	59.21		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	74.17	84.23	82.46		
Peso tara + suelo seco (gr)	69.5	76.84	75.39		
Contenido de humedad (%)	31.13	38.77	43.70		
Límite Líquido (%)	36.14				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	59.31	58.83			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	63.11	63.81			
Peso tara + suelo seco (gr)	62.33	62.73			
Contenido de humedad (%)	25.83	27.69			
Límite Plástico (%)	26.76				



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C7

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 3+000

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580697

Lectura Inicial: 2

Coord. Norte : 8777372

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/g golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	2	0	0	0	0	0.00	14	179	12.79
1	1	11	9	9	9	9	2.50			
2	1	21	19	10	10	10	5.00			
3	1	31	29	10	10	10	7.50			
4	1	42	40	11	11	11	10.00			
5	1	52	50	10	10	10	12.50			
6	1	63	61	11	11	11	15.00			
7	1	80	78	17	17	17	17.50			
8	1	91	89	11	11	11	20.00			
9	1	106	104	15	15	15	22.50			
10	1	116	114	10	10	10	25.00			
11	1	132	130	16	16	16	27.50			
12	1	148	146	16	16	16	30.00			
13	1	162	160	14	14	14	32.50			
14	1	181	179	19	19	19	35.00			
15	1	202	200	21	21	21	37.50	26	799	30.73
16	1	220	218	18	18	18	40.00			
17	1	240	238	20	20	20	42.50			
18	1	263	261	23	23	23	45.00			
19	1	290	288	27	27	27	47.50			
20	1	310	308	20	20	20	50.00			
21	1	335	333	25	25	25	52.50			
22	1	360	358	25	25	25	55.00			
23	1	390	388	30	30	30	57.50			
24	1	420	418	30	30	30	60.00			
25	1	458	456	38	38	38	62.50			
26	1	495	493	37	37	37	65.00			
27	1	530	528	35	35	35	67.50			
28	1	570	568	40	40	40	70.00			
29	1	608	606	38	38	38	72.50			
30	1	641	639	33	33	33	75.00			
31	1	670	668	29	29	29	77.50			
32	1	710	708	40	40	40	80.00			
33	1	748	746	38	38	38	82.50			
34	1	780	778	32	32	32	85.00			
35	1	821	819	41	41	41	87.50			
36	1	850	848	29	29	29	90.00			
37	1	880	878	30	30	30	92.50			
38	1	920	918	40	40	40	95.00			
39	1	960	958	40	40	40	97.50			
40	1	980	978	20	20	20	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C7
Progresiva: 3+000

Coord. Este : 580697
Coord. Norte : 8777372

CURVA PDC

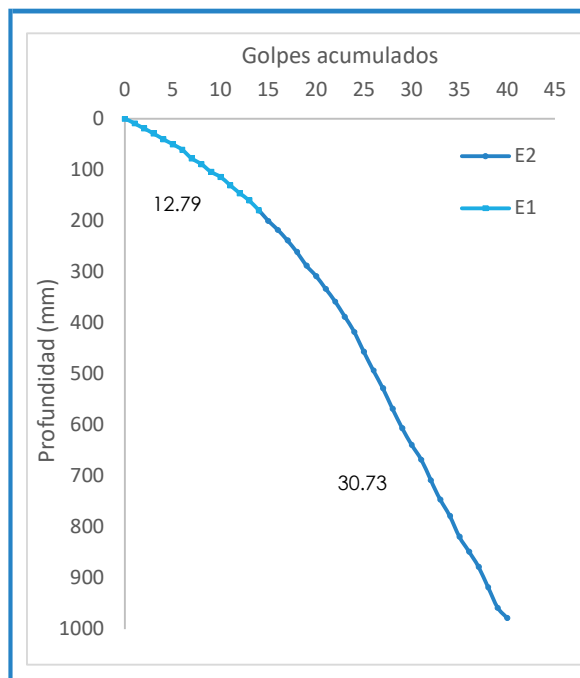
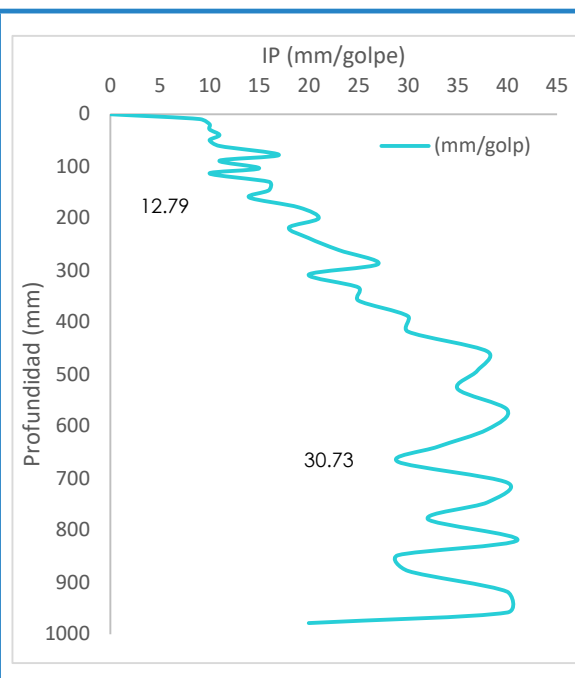
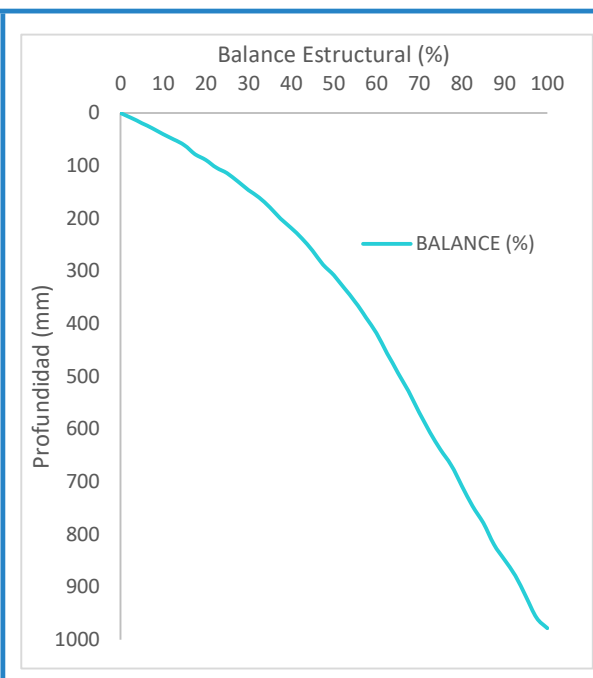


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	12.79
ESTRATO 2	30.73

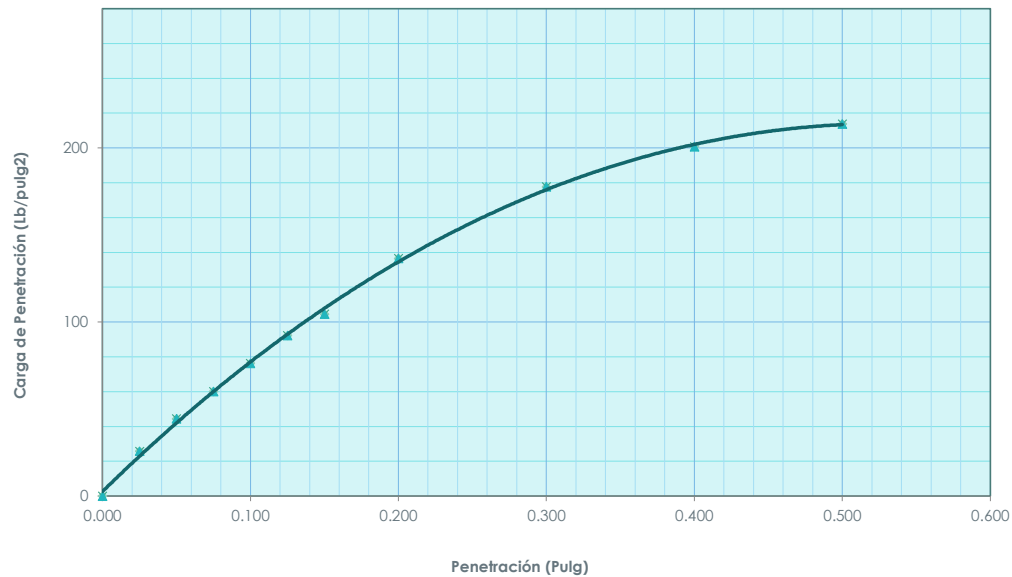
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 28/11/2019
Progresiva	:3+500	FECHA DE EMISION	: 28/11/2019
Calicata	: C-8	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	36.7	80.9235	
1	1.270	0.050	63.2	139.356	
1.5	1.905	0.075	85.6	188.748	
2	2.540	0.100	108.7	239.6835	7.63
2.5	3.180	0.125	131.5	289.9575	
3	3.810	0.150	148.8	328.104	
4	5.080	0.200	194.5	428.8725	9.10
6	7.620	0.300	253.1	558.0855	
8	10.160	0.400	285.9	630.4095	
10	12.700	0.500	304.5	671.4225	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetración	7.63
C.B.R. 0.2" de Penetración	9.10

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA : C-8

PROGRESIVA : 3+500

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : 29/11/2019

FECHA EMISION : 29/11/2019

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7101.00
Peso del frasco + arena que queda	g	3612.00
Peso de arena empleada	g	3489.00
Peso de arena en el cono	g	1363.00
Peso de arena en la excavación	g	2126.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1426.85
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2325.00
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2325.00
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2325.00
Volumen de finos	cm ³	1426.85
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.63
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	12.60

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-8
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 0+000

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISIÓN : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1 "	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00	87.89	24.70	24.70	75.30
	Nº 020	0.85	19.84	5.57	30.27	69.73
	Nº 040	0.43	10.93	3.07	33.34	66.66
	Nº 060	0.25	5.50	1.55	34.89	65.11
	Nº 140	0.15	4.85	1.36	36.25	63.75
	Nº 200	0.08	14.40	4.05	40.30	59.70

D10 (mm): NP
D30 (mm): NP
D60 (mm): 0.08
Cu: NP
Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) **CL**

Descripción:

ARCILLA LIGERA ARENOSA

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) **A-4 (3)**

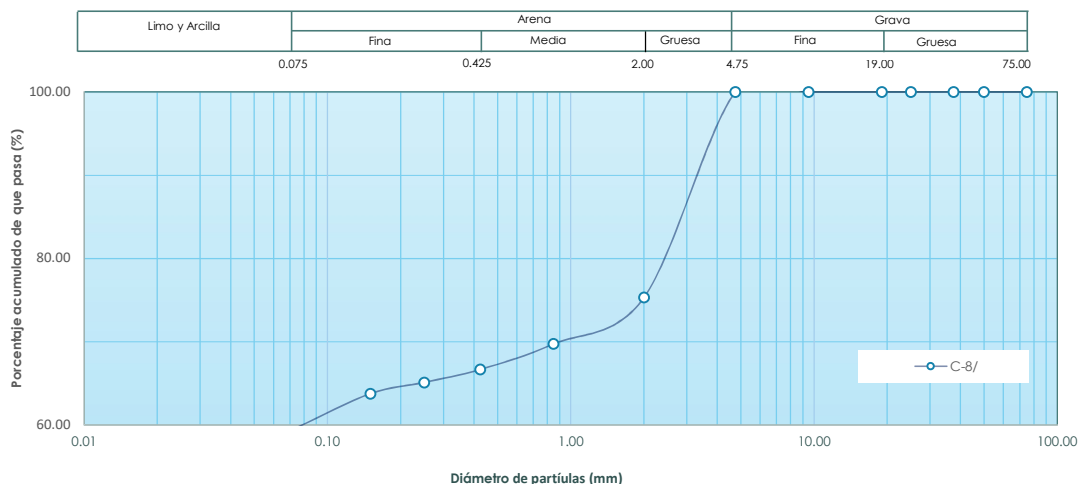
Descripción: **Mediano a pobre**

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	135.85
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	535.63
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	492.31
Peso del agua (gr)	:	43.32
Contenido de humedad (%)	:	12.15

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	40.30	Gruesa	24.70
		Media	8.65
		Fina	6.95
% Finos	59.70	Finos	59.70

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-8
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 0+000

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

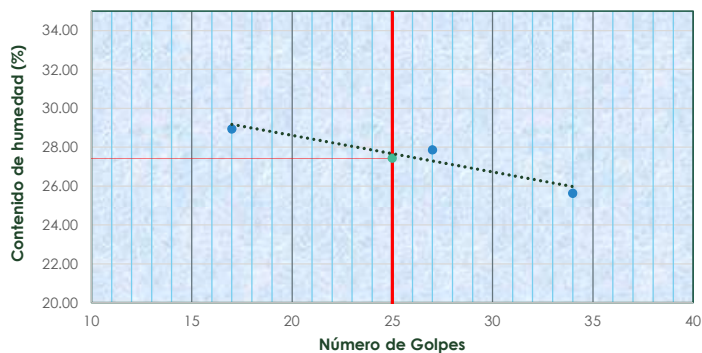
LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	34	27	17		
Peso de tara (gr)	59.37	53.58	59.42		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	79.07	74.46	81.03		
Peso tara + suelo seco (gr)	75.05	69.91	76.18		
Contenido de humedad (%)	25.64	27.86	28.94		
Límite Líquido (%)	27.44				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	53.62	56.75			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	61.52	63.05			
Peso tara + suelo seco (gr)	60.21	62.13			
Contenido de humedad (%)	19.88	17.10			
Límite Plástico (%)	18.49				

Límite Líquido



W= 12.15 %
 LL= 27.44 %
 LP= 18.49 %
 IP= 8.95 %
 IL= -0.71

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C8

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 3+500

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580421

Lectura Inicial: 5

Coord. Norte : 8777502

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/g golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	5	0	0	0	0	0.00	33	265	8.03
1	1	12	7	7	7	7	1.37			
2	1	23	18	11	11	11	2.74			
3	1	31	26	8	8	8	4.11			
4	1	39	34	8	8	8	5.48			
5	1	49	44	10	10	10	6.85			
6	1	55	50	6	6	6	8.22			
7	1	65	60	10	10	10	9.59			
8	1	75	70	10	10	10	10.96			
9	1	85	80	10	10	10	12.33			
10	1	94	89	9	9	9	13.70			
11	1	102	97	8	8	8	15.07			
12	1	110	105	8	8	8	16.44			
13	1	115	110	5	5	5	17.81			
14	1	123	118	8	8	8	19.18			
15	1	131	126	8	8	8	20.55			
16	1	136	131	5	5	5	21.92			
17	1	142	137	6	6	6	23.29			
18	1	150	145	8	8	8	24.66			
19	1	156	151	6	6	6	26.03			
20	1	165	160	9	9	9	27.40			
21	1	170	165	5	5	5	28.77			
22	1	179	174	9	9	9	30.14			
23	1	185	180	6	6	6	31.51			
24	1	191	186	6	6	6	32.88			
25	1	198	193	7	7	7	34.25			
26	1	202	197	4	4	4	35.62			
27	1	211	206	9	9	9	36.99			
28	1	220	215	9	9	9	38.36			
29	1	230	225	10	10	10	39.73			
30	1	235	230	5	5	5	41.10			
31	1	249	244	14	14	14	42.47			
32	1	260	255	11	11	11	43.84			
33	1	270	265	10	10	10	45.21	25	445	17.80
34	1	288	283	18	18	18	46.58			
35	1	310	305	22	22	22	47.95			
36	1	331	326	21	21	21	49.32			
37	1	352	347	21	21	21	50.68			
38	1	375	370	23	23	23	52.05			
39	1	396	391	21	21	21	53.42			
40	1	415	410	19	19	19	54.79			
41	1	432	427	17	17	17	56.16			
42	1	446	441	14	14	14	57.53			
43	1	460	455	14	14	14	58.90			
44	1	472	467	12	12	12	60.27			
45	1	485	480	13	13	13	61.64			
46	1	500	495	15	15	15	63.01			
47	1	512	507	12	12	12	64.38			
48	1	530	525	18	18	18	65.75			
49	1	555	550	25	25	25	67.12			
50	1	570	565	15	15	15	68.49			
51	1	584	579	14	14	14	69.86			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C8

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 3+500

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580421

Lectura Inicial: 5

Coord. Norte : 8777502

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
52	1	592	587	8	8	8	71.23			
53	1	600	595	8	8	8	72.60			
54	1	612	607	12	12	12	73.97			
55	1	622	617	10	10	10	75.34			
56	1	646	641	24	24	24	76.71			
57	1	680	675	34	34	34	78.08			
58	1	715	710	35	35	35	79.45			
59	1	720	715	5	5	5	80.82			
60	1	722	717	2	2	2	82.19	15	48	3.20
61	1	724	719	2	2	2	83.56			
62	1	726	721	2	2	2	84.93			
63	1	730	725	4	4	4	86.30			
64	1	735	730	5	5	5	87.67			
65	1	740	735	5	5	5	89.04			
66	1	742	737	2	2	2	90.41			
67	1	746	741	4	4	4	91.78			
68	1	750	745	4	4	4	93.15			
69	1	755	750	5	5	5	94.52			
70	1	757	752	2	2	2	95.89			
71	1	759	754	2	2	2	97.26			
72	1	761	756	2	2	2	98.63			
73	1	763	758	2	2	2	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C8
Progresiva: 3+500

Coord. Este : 580421
Coord. Norte : 8777502

CURVA PDC

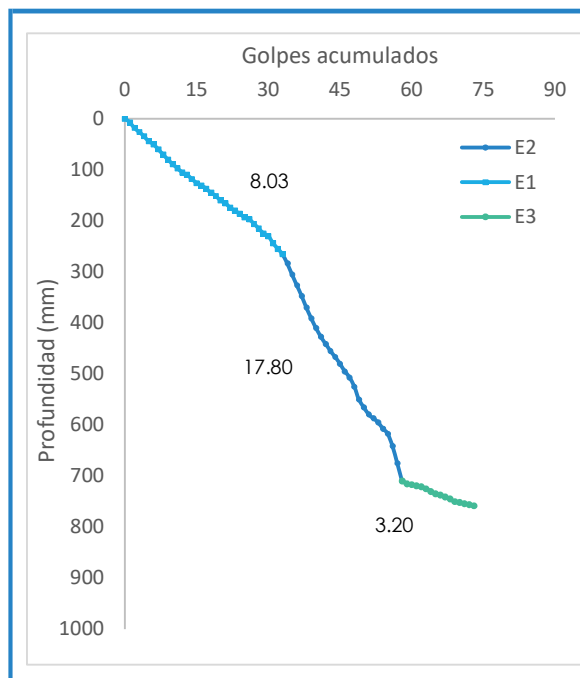
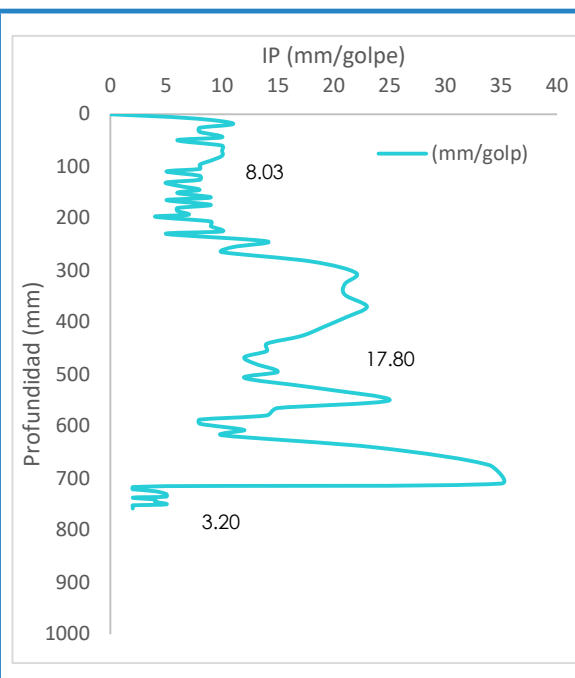
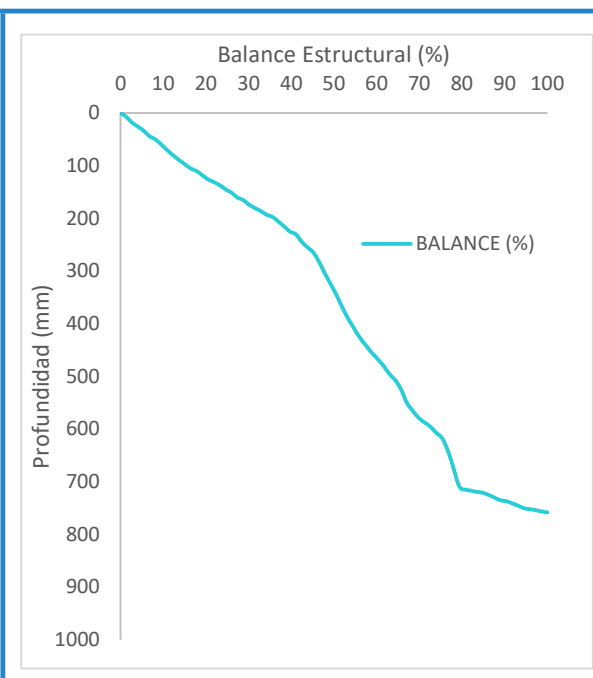


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	8.03
ESTRATO 2	17.80
ESTRATO 3	3.20

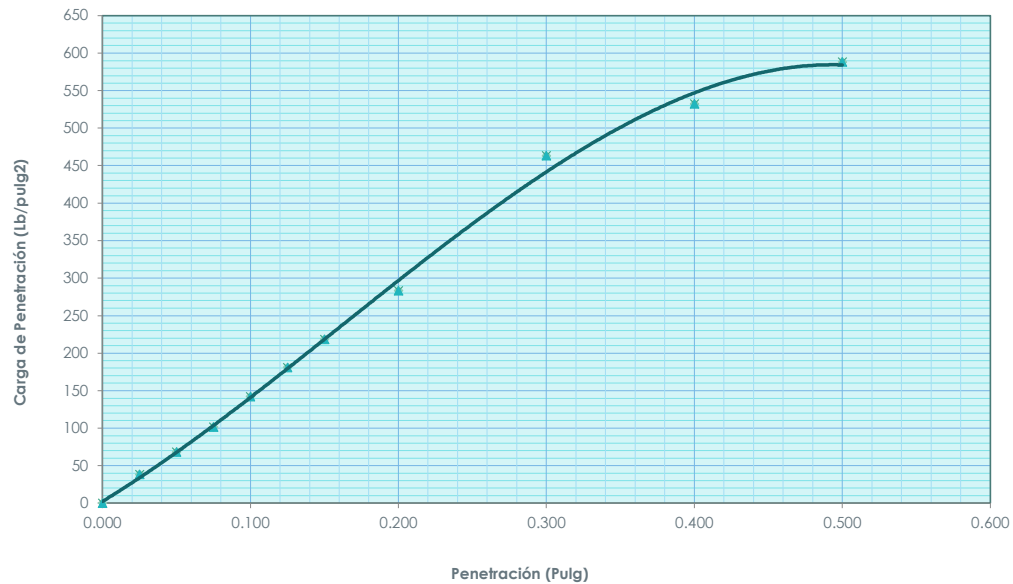
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 29/11/2019
Progresiva	: 4+000	FECHA DE EMISION	: 29/11/2019
Calicata	: C-9	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	54.7	120.6135	
1	1.270	0.050	96.9	213.6645	
1.5	1.905	0.075	144.5	318.6225	
2	2.540	0.100	202.5	446.5125	14.21
2.5	3.180	0.125	257.6	568.008	
3	3.810	0.150	311.4	686.637	
4	5.080	0.200	403.4	889.497	18.88
6	7.620	0.300	660.1	1455.5205	
8	10.160	0.400	758.4	1672.272	
10	12.700	0.500	837.9	1847.5695	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetración	14.21
C.B.R. 0.2" de Penetración	18.88

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA : C-9

PROGRESIVA : 4+000

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : 29/11/2019

FECHA EMISION : 29/11/2019

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7100.00
Peso del frasco + arena que queda	g	4126.00
Peso de arena empleada	g	2974.00
Peso de arena en el cono	g	1362.00
Peso de arena en la excavación	g	1612.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1081.88
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2114.00
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2114.00
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2114.00
Volumen de finos	cm ³	1081.88
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.95
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	13.50

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-9
Profundidad : 0.00-1.00
Progresiva: : 4+000

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
FECHA DE EMISIÓN : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1 "	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00	5.32	2.10	2.10	97.90
	Nº 020	0.85	10.05	3.97	6.08	93.92
	Nº 040	0.43	11.51	4.55	10.62	89.38
	Nº 060	0.25	21.45	8.48	19.10	80.90
	Nº 140	0.15	33.07	13.07	32.18	67.82
	Nº 200	0.08	96.85	38.28	70.46	29.54

D10 (mm): NP
D30 (mm): 0.08
D60 (mm): 0.13
Cu: NP
Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) **SM**

Descripción:

ARENA LIMOSA

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) **A-2-4 (0)**

Descripción:

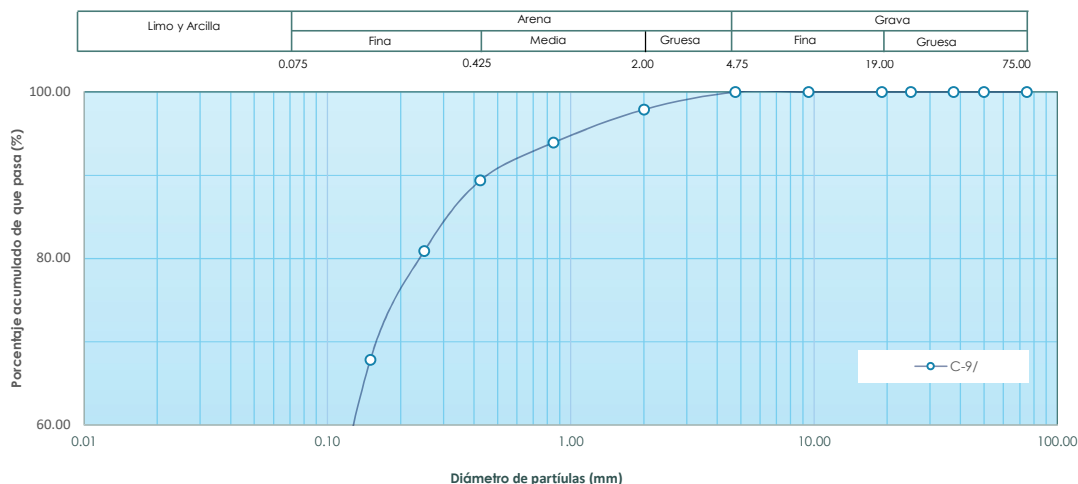
Excelente a bueno

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	138.8
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	425.29
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	392.6
Peso del agua (gr)	:	32.69
Contenido de humedad (%)	:	12.88

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	70.46	Gruesa	2.10
		Media	8.52
		Fina	59.83
% Finos	29.54	Finos	29.54

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-9
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 4+000

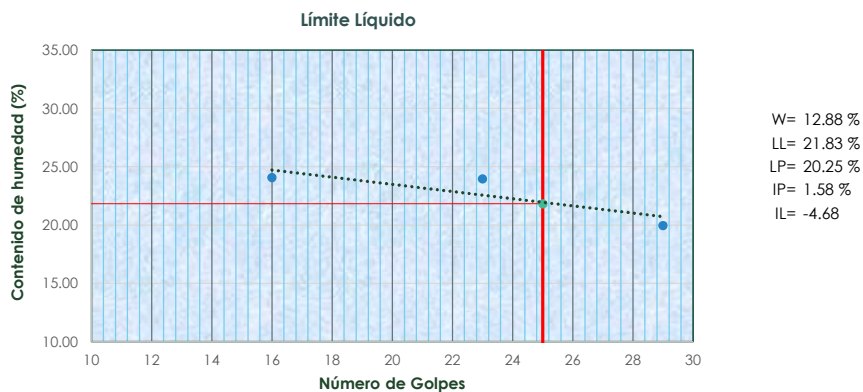
FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	29	23	16		
Peso de tara (gr)	59.37	53.58	59.42		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	84.36	72.72	86.27		
Peso tara + suelo seco (gr)	80.2	69.02	81.06		
Contenido de humedad (%)	19.97	23.96	24.08		
Límite Líquido (%)	21.83				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	53.62	56.75			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	64.05	67.04			
Peso tara + suelo seco (gr)	62.24	65.36			
Contenido de humedad (%)	21.00	19.51			
Límite Plástico (%)	20.25				



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C9

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 4+000

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580103

Lectura Inicial: 6

Coord. Norte : 8777680

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	6	0	0	0	0	0.00	61	296	4.85
1	1	10	4	4	4	4	1.64			
2	1	16	10	6	6	6	3.28			
3	1	20	14	4	4	4	4.92			
4	1	30	24	10	10	10	6.56			
5	1	40	34	10	10	10	8.20			
6	1	52	46	12	12	12	9.84			
7	1	60	54	8	8	8	11.48			
8	1	70	64	10	10	10	13.11			
9	1	78	72	8	8	8	14.75			
10	1	85	79	7	7	7	16.39			
11	1	90	84	5	5	5	18.03			
12	1	95	89	5	5	5	19.67			
13	1	100	94	5	5	5	21.31			
14	1	105	99	5	5	5	22.95			
15	1	111	105	6	6	6	24.59			
16	1	116	110	5	5	5	26.23			
17	1	121	115	5	5	5	27.87			
18	1	126	120	5	5	5	29.51			
19	1	130	124	4	4	4	31.15			
20	1	134	128	4	4	4	32.79			
21	1	136	130	2	2	2	34.43			
22	1	140	134	4	4	4	36.07			
23	1	142	136	2	2	2	37.70			
24	1	145	139	3	3	3	39.34			
25	1	150	144	5	5	5	40.98			
26	1	155	149	5	5	5	42.62			
27	1	160	154	5	5	5	44.26			
28	1	165	159	5	5	5	45.90			
29	1	170	164	5	5	5	47.54			
30	1	175	169	5	5	5	49.18			
31	1	180	174	5	5	5	50.82			
32	1	185	179	5	5	5	52.46			
33	1	190	184	5	5	5	54.10			
34	1	193	187	3	3	3	55.74			
35	1	195	189	2	2	2	57.38			
36	1	200	194	5	5	5	59.02			
37	1	204	198	4	4	4	60.66			
38	1	208	202	4	4	4	62.30			
39	1	211	205	3	3	3	63.93			
40	1	215	209	4	4	4	65.57			
41	1	219	213	4	4	4	67.21			
42	1	221	215	2	2	2	68.85			
43	1	225	219	4	4	4	70.49			
44	1	229	223	4	4	4	72.13			
45	1	233	227	4	4	4	73.77			
46	1	238	232	5	5	5	75.41			
47	1	241	235	3	3	3	77.05			
48	1	243	237	2	2	2	78.69			
49	1	246	240	3	3	3	80.33			
50	1	250	244	4	4	4	81.97			
51	1	255	249	5	5	5	83.61			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C9

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 4+000

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580103

Lectura Inicial: 6

Coord. Norte : 8777680

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
52	1	259	253	4	4	4	85.25			
53	1	264	258	5	5	5	86.89			
54	1	270	264	6	6	6	88.52			
55	1	276	270	6	6	6	90.16			
56	1	280	274	4	4	4	91.80			
57	1	285	279	5	5	5	93.44			
58	1	290	284	5	5	5	95.08			
59	1	293	287	3	3	3	96.72			
60	1	298	292	5	5	5	98.36			
61	1	302	296	4	4	4	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C9
Progresiva: 4+000

Coord. Este : 580103
Coord. Norte : 8777680

CURVA PDC

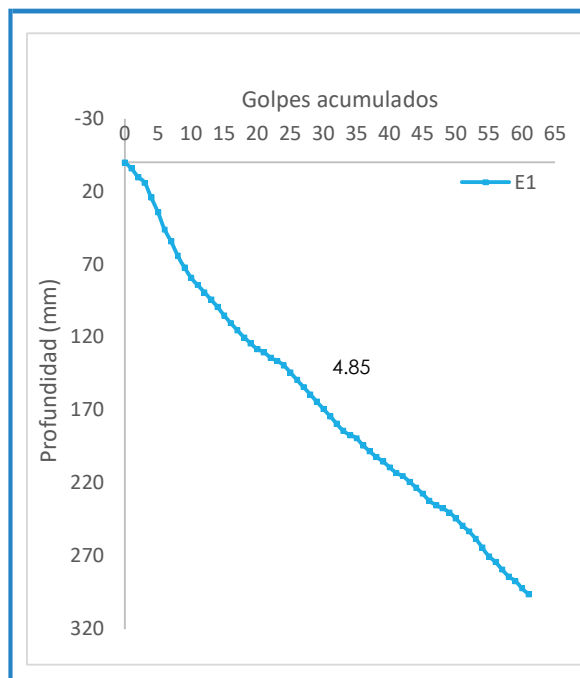
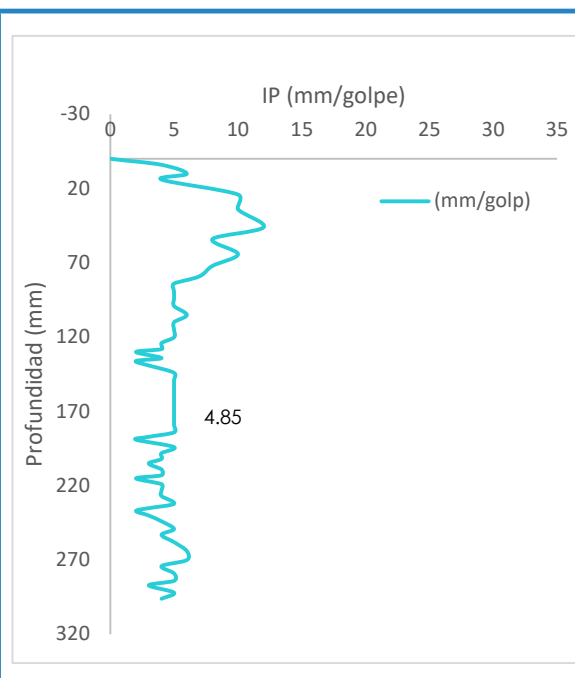
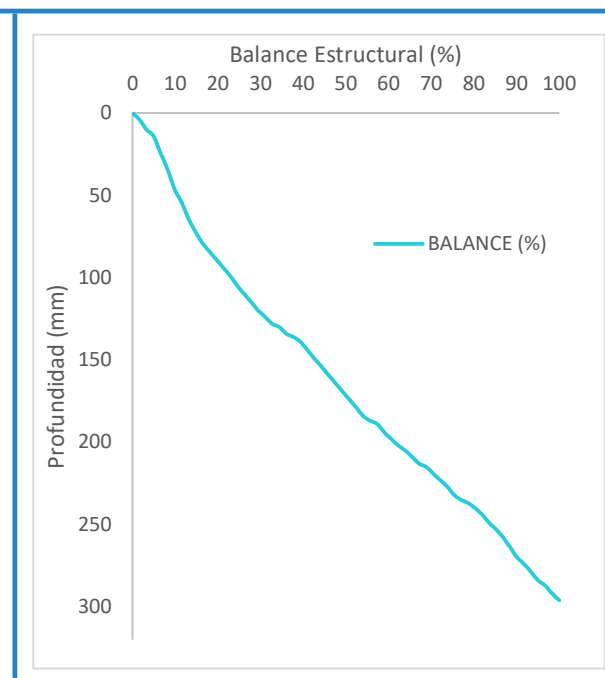


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	4.85

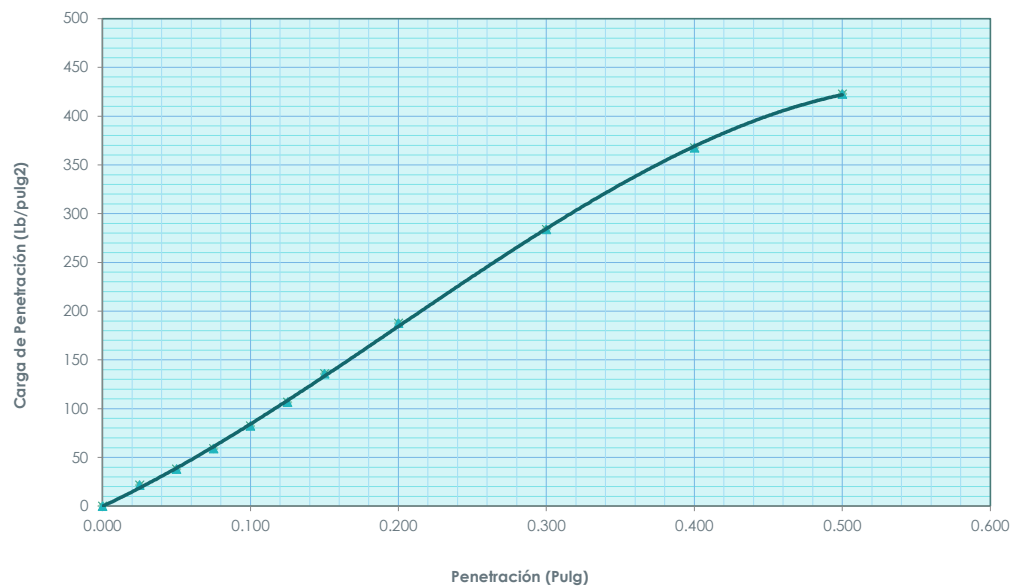
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 28/11/2019
Progresiva	: 4+500	FECHA DE EMISION	: 28/11/2019
Calicata	: C-10	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0.0	
0.5	0.635	0.025	30.5	67.3	
1	1.270	0.050	53.8	118.6	
1.5	1.905	0.075	83.9	185.0	
2	2.540	0.100	117.2	258.4	8.23
2.5	3.180	0.125	151.7	334.5	
3	3.810	0.150	193.5	426.7	
4	5.080	0.200	267.3	589.4	12.51
6	7.620	0.300	404.5	891.9	
8	10.160	0.400	523.9	1155.2	
10	12.700	0.500	602.1	1327.6	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetración	8.23
C.B.R. 0.2" de Penetración	12.51

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA : C-10

PROGRESIVA : 4+500

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : 29/11/2019

FECHA EMISION : 29/11/2019

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7095.00
Peso del frasco + arena que queda	g	3788.00
Peso de arena empleada	g	3307.00
Peso de arena en el cono	g	1357.00
Peso de arena en la excavación	g	1950.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1308.72
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2157.00
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2157.00
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2157.00
Volumen de finos	cm ³	1308.72
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.65
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	10.00

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-10
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 4+500

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1"	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00				100.00
	Nº 020	0.85				100.00
	Nº 040	0.43	0.14	0.05	0.05	99.95
	Nº 060	0.25	0.16	0.05	0.10	99.90
	Nº 140	0.15	0.67	0.22	0.31	99.69
	Nº 200	0.08	103.69	33.57	33.89	66.11

D10 (mm): NP
 D30 (mm): NP
 D60 (mm): NP
 Cu: NP
 Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) **ML**

Descripción:

LIMO ARENOSO

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) **A-4 (0)**

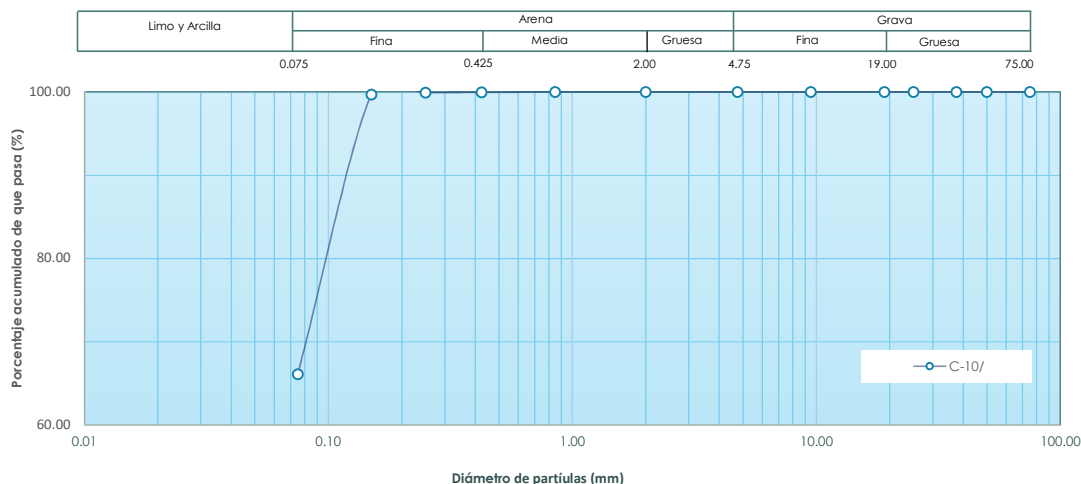
Descripción: **Mediano a pobre**

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	33.89	Gruesa	0.00
		Media	0.05
		Fina	33.84
% Finos	66.11	Finos	66.11

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	82.37
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	425.32
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	391.4
Peso del agua (gr)	:	33.92
Contenido de humedad (%)	:	10.98

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-10
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 4+500

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

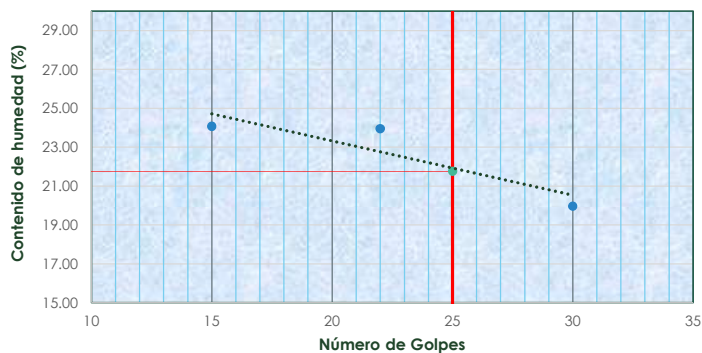
LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	30	22	15		
Peso de tara (gr)	59.37	53.58	59.42		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	84.36	72.72	86.27		
Peso tara + suelo seco (gr)	80.2	69.02	81.06		
Contenido de humedad (%)	19.97	23.96	24.08		
Límite Líquido (%)	21.77				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	53.62	56.75			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	64.05	67.04			
Peso tara + suelo seco (gr)	62.24	65.36			
Contenido de humedad (%)	21.00	19.51			
Límite Plástico (%)	20.25				

Límite Líquido



W= 10.98 %
 LL= 21.77 %
 LP= 20.25 %
 IP= 1.52 %
 IL= -6.12

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C10

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 4+500

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580143

Lectura Inicial: 3

Coord. Norte : 8777852

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	3	0	0	0	0	0.00	26	227	8.73
1	1	22	19	19	19	19	1.69			
2	1	43	40	21	21	21	3.39			
3	1	51	48	8	8	8	5.08			
4	1	63	60	12	12	12	6.78			
5	1	72	69	9	9	9	8.47			
6	1	79	76	7	7	7	10.17			
7	1	85	82	6	6	6	11.86			
8	1	90	87	5	5	5	13.56			
9	1	96	93	6	6	6	15.25			
10	1	103	100	7	7	7	16.95			
11	1	110	107	7	7	7	18.64			
12	1	116	113	6	6	6	20.34			
13	1	124	121	8	8	8	22.03			
14	1	130	127	6	6	6	23.73			
15	1	136	133	6	6	6	25.42			
16	1	142	139	6	6	6	27.12			
17	1	152	149	10	10	10	28.81			
18	1	160	157	8	8	8	30.51			
19	1	166	163	6	6	6	32.20			
20	1	171	168	5	5	5	33.90			
21	1	180	177	9	9	9	35.59			
22	1	190	187	10	10	10	37.29			
23	1	198	195	8	8	8	38.98			
24	1	205	202	7	7	7	40.68			
25	1	215	212	10	10	10	42.37			
26	1	230	227	15	15	15	44.07			
27	1	256	253	26	26	26	45.76	33	750	22.73
28	1	278	275	22	22	22	47.46			
29	1	300	297	22	22	22	49.15			
30	1	331	328	31	31	31	50.85			
31	1	360	357	29	29	29	52.54			
32	1	389	386	29	29	29	54.24			
33	1	410	407	21	21	21	55.93			
34	1	438	435	28	28	28	57.63			
35	1	481	478	43	43	43	59.32			
36	1	516	513	35	35	35	61.02			
37	1	554	551	38	38	38	62.71			
38	1	587	584	33	33	33	64.41			
39	1	621	618	34	34	34	66.10			
40	1	641	638	20	20	20	67.80			
41	1	661	658	20	20	20	69.49			
42	1	690	687	29	29	29	71.19			
43	1	705	702	15	15	15	72.88			
44	1	720	717	15	15	15	74.58			
45	1	732	729	12	12	12	76.27			
46	1	751	748	19	19	19	77.97			
47	1	770	767	19	19	19	79.66			
48	1	790	787	20	20	20	81.36			
49	1	810	807	20	20	20	83.05			
50	1	832	829	22	22	22	84.75			
51	1	847	844	15	15	15	86.44			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C10

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 4+500

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580143

Lectura Inicial: 3

Coord. Norte : 8777852

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/g olpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
52	1	866	863	19	19	19	88.14			
53	1	880	877	14	14	14	89.83			
54	1	890	887	10	10	10	91.53			
55	1	915	912	25	25	25	93.22			
56	1	930	927	15	15	15	94.92			
57	1	947	944	17	17	17	96.61			
58	1	962	959	15	15	15	98.31			
59	1	980	977	18	18	18	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C10
Progresiva: 4+500

Coord. Este : 580143
Coord. Norte : 8777852

CURVA PDC

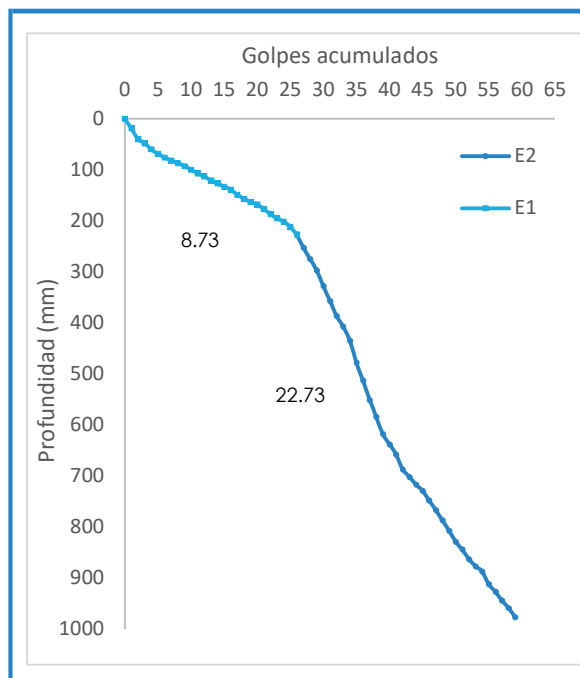
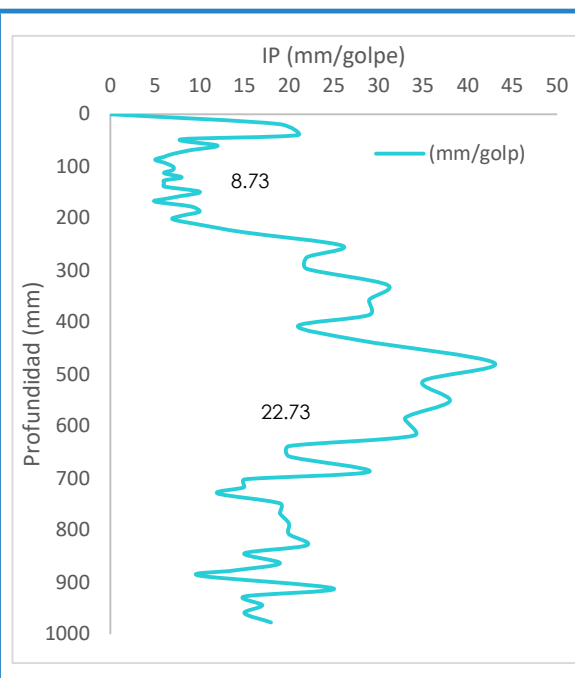
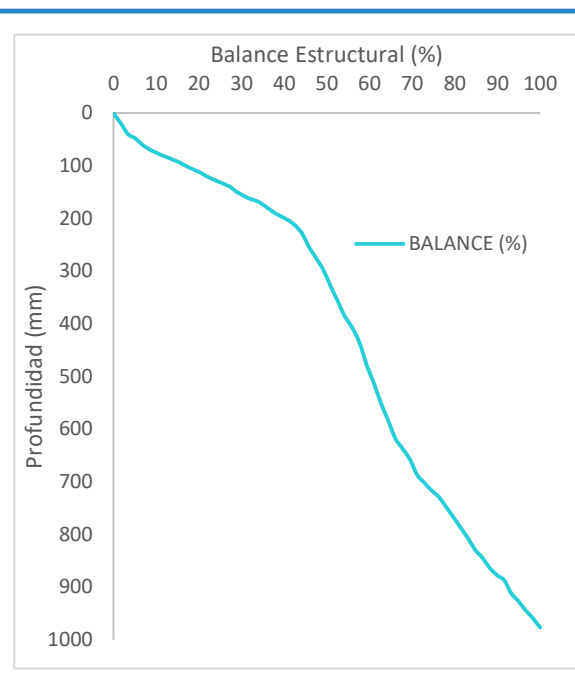


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	8.73
ESTRATO 2	22.73

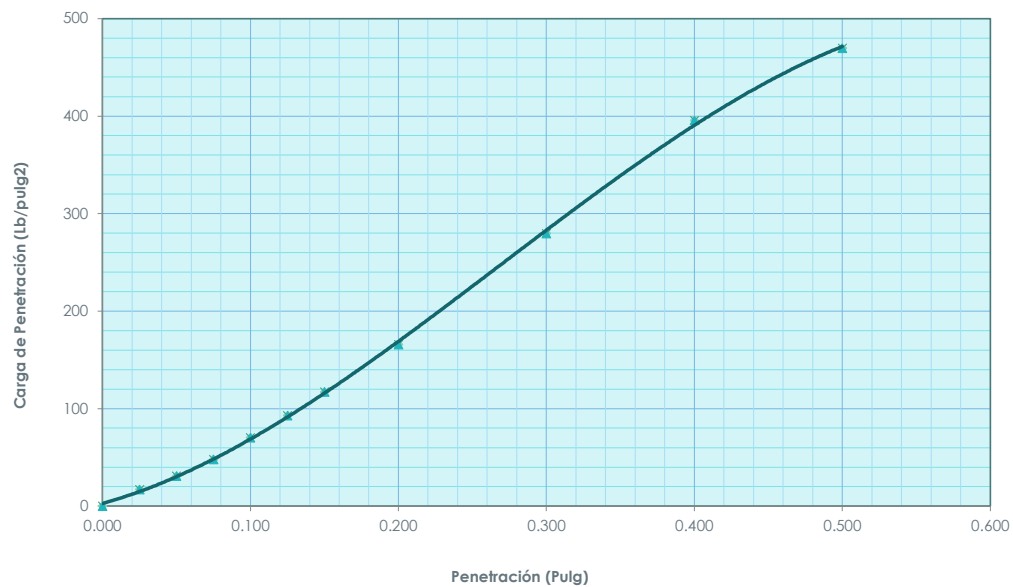
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 28/11/2019
Progresiva	:5+000	FECHA DE EMISION	: 28/11/2019
Calicata	: C-11	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	24.4	53.802	
1	1.270	0.050	43.9	96.7995	
1.5	1.905	0.075	67.9	149.7195	
2	2.540	0.100	100.1	220.7205	7.03
2.5	3.180	0.125	132.5	292.1625	
3	3.810	0.150	166.7	367.5735	
4	5.080	0.200	236.2	520.821	11.05
6	7.620	0.300	398.3	878.2515	
8	10.160	0.400	563.5	1242.5175	
10	12.700	0.500	669.3	1475.8065	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetración	7.03
C.B.R. 0.2" de Penetración	11.05

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA : C-11

PROGRESIVA : 5+000

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : 29/11/2019

FECHA EMISION : 29/11/2019

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7077.00
Peso del frasco + arena que queda	g	3637.00
Peso de arena empleada	g	3440.00
Peso de arena en el cono	g	1339.00
Peso de arena en la excavación	g	2101.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1410.07
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2197.00
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2197.00
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2197.00
Volumen de finos	cm ³	1410.07
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.56
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	14.00

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-11
Profundidad : 0.00-1.00
Progresiva: : 5+000

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
FECHA DE EMISIÓN : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1 "	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00	9.30	4.12	4.12	95.88
	Nº 020	0.85	5.80	2.57	6.69	93.31
	Nº 040	0.43	5.34	2.36	9.05	90.95
	Nº 060	0.25	7.90	3.50	12.55	87.45
	Nº 140	0.15	18.62	8.25	20.80	79.20
	Nº 200	0.08	54.98	24.35	45.14	54.86

D10 (mm): NP
D30 (mm): NP
D60 (mm): 0.09
Cu: NP
Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) : **ML**

Descripción:

LIMO ARENOSO

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) : **A-4 (0)**

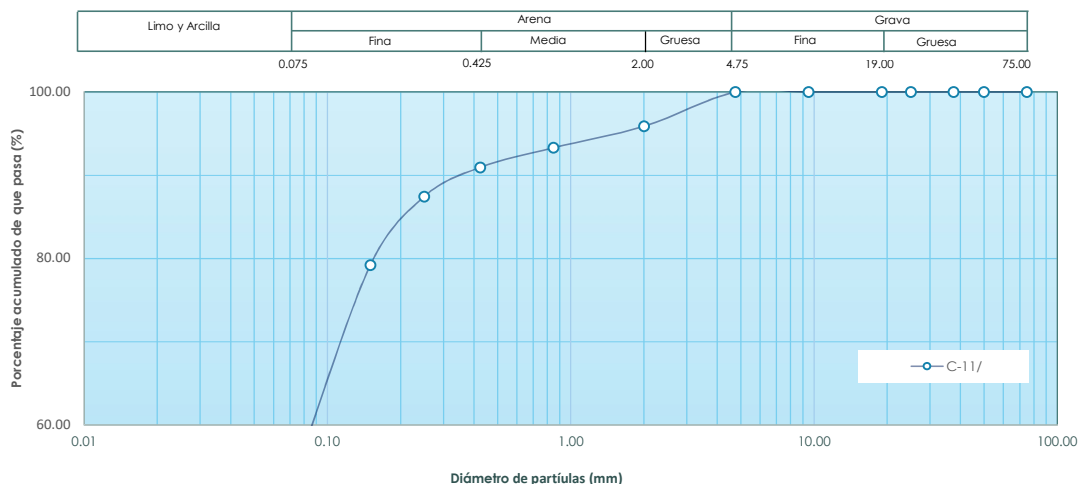
Descripción: **Mediano a pobre**

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	141.08
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	396.12
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	366.99
Peso del agua (gr)	:	29.13
Contenido de humedad (%)	:	12.89

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	45.14	Gruesa	4.12
		Media	4.93
		Fina	36.09
% Finos	54.86	Finos	54.86

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-11
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 5+000

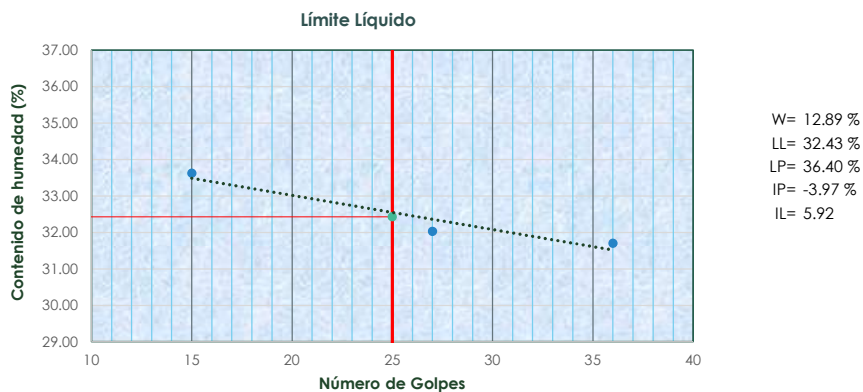
FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	27	15	36		
Peso de tara (gr)	59.37	53.58	59.42		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	86.41	73.45	79.07		
Peso tara + suelo seco (gr)	79.85	68.45	74.34		
Contenido de humedad (%)	32.03	33.62	31.70		
Límite Líquido (%)	32.43				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	53.62	56.75			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	63.85	68.87			
Peso tara + suelo seco (gr)	61.15	65.6			
Contenido de humedad (%)	35.86	36.95			
Límite Plástico (%)	36.40				



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C11

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 5+000

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580443

Lectura Inicial: 11

Coord. Norte : 8777925

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/g golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	11	0	0	0	0	0.00	65	516	7.94
1	1	20	9	9	9	9	1.54			
2	1	31	20	11	11	11	3.08			
3	1	46	35	15	15	15	4.62			
4	1	62	51	16	16	16	6.15			
5	1	78	67	16	16	16	7.69			
6	1	91	80	13	13	13	9.23			
7	1	106	95	15	15	15	10.77			
8	1	120	109	14	14	14	12.31			
9	1	132	121	12	12	12	13.85			
10	1	149	138	17	17	17	15.38			
11	1	158	147	9	9	9	16.92			
12	1	161	150	3	3	3	18.46			
13	1	178	167	17	17	17	20.00			
14	1	186	175	8	8	8	21.54			
15	1	192	181	6	6	6	23.08			
16	1	200	189	8	8	8	24.62			
17	1	210	199	10	10	10	26.15			
18	1	215	204	5	5	5	27.69			
19	1	222	211	7	7	7	29.23			
20	1	230	219	8	8	8	30.77			
21	1	236	225	6	6	6	32.31			
22	1	247	236	11	11	11	33.85			
23	1	253	242	6	6	6	35.38			
24	1	268	257	15	15	15	36.92			
25	1	273	262	5	5	5	38.46			
26	1	281	270	8	8	8	40.00			
27	1	296	285	15	15	15	41.54			
28	1	310	299	14	14	14	43.08			
29	1	330	319	20	20	20	44.62			
30	1	345	334	15	15	15	46.15			
31	1	358	347	13	13	13	47.69			
32	1	361	350	3	3	3	49.23			
33	1	372	361	11	11	11	50.77			
34	1	379	368	7	7	7	52.31			
35	1	384	373	5	5	5	53.85			
36	1	393	382	9	9	9	55.38			
37	1	400	389	7	7	7	56.92			
38	1	409	398	9	9	9	58.46			
39	1	415	404	6	6	6	60.00			
40	1	420	409	5	5	5	61.54			
41	1	423	412	3	3	3	63.08			
42	1	430	419	7	7	7	64.62			
43	1	433	422	3	3	3	66.15			
44	1	435	424	2	2	2	67.69			
45	1	441	430	6	6	6	69.23			
46	1	445	434	4	4	4	70.77			
47	1	456	445	11	11	11	72.31			
48	1	460	449	4	4	4	73.85			
49	1	466	455	6	6	6	75.38			
50	1	470	459	4	4	4	76.92			
51	1	474	463	4	4	4	78.46			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C11

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 5+000

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580443

Lectura Inicial: 11

Coord. Norte : 8777925

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
52	1	478	467	4	4	4	80.00			
53	1	483	472	5	5	5	81.54			
54	1	487	476	4	4	4	83.08			
55	1	492	481	5	5	5	84.62			
56	1	499	488	7	7	7	86.15			
57	1	507	496	8	8	8	87.69			
58	1	510	499	3	3	3	89.23			
59	1	512	501	2	2	2	90.77			
60	1	514	503	2	2	2	92.31			
61	1	516	505	2	2	2	93.85			
62	1	518	507	2	2	2	95.38			
63	1	521	510	3	3	3	96.92			
64	1	524	513	3	3	3	98.46			
65	1	527	516	3	3	3	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C11
Progresiva: 5+000

Coord. Este : 580443
Coord. Norte : 8777925

CURVA PDC

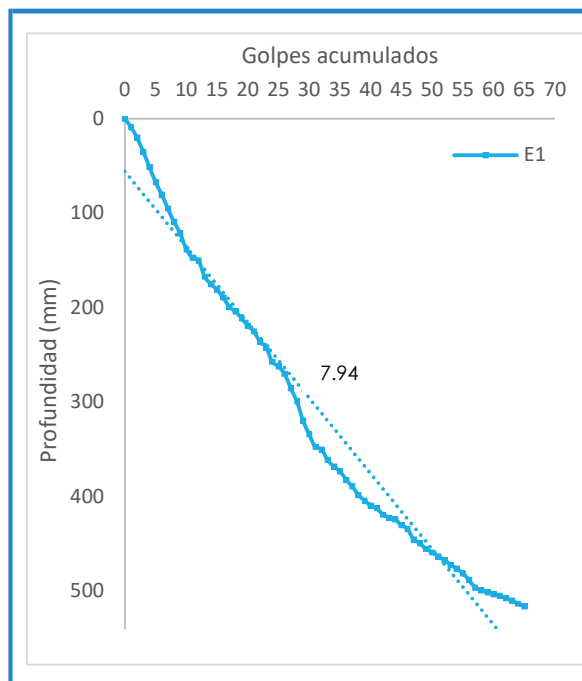
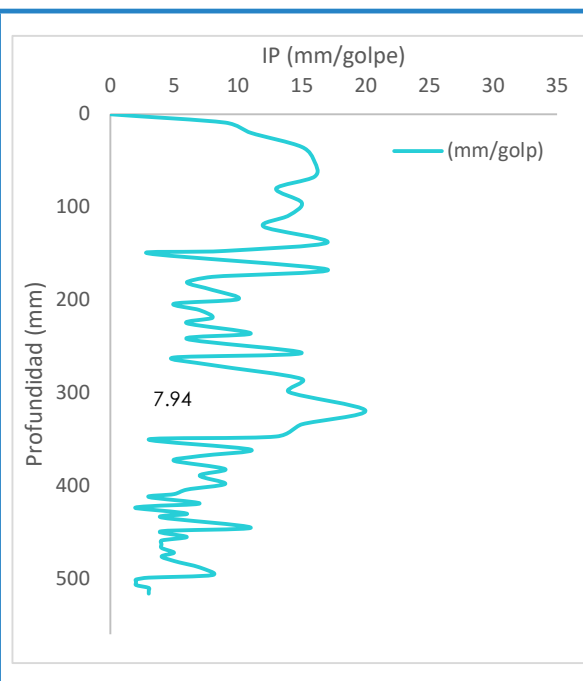
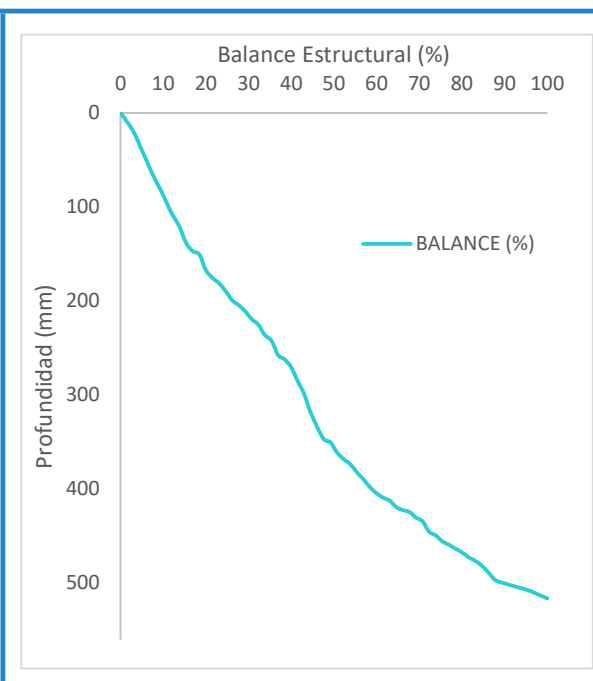


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	7.94

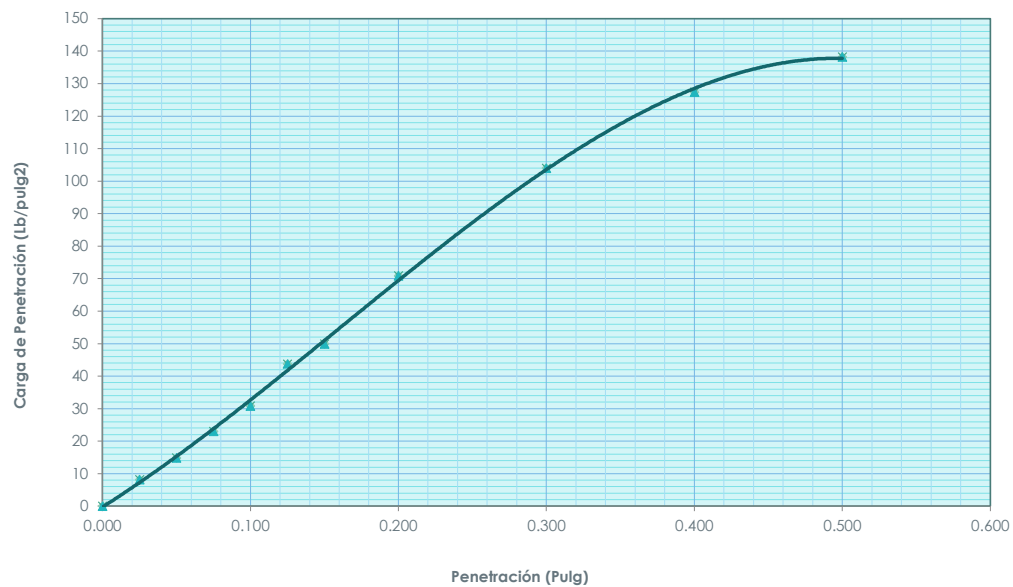
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 28/11/2019
Progresiva	:5+500	FECHA DE EMISION	: 28/11/2019
Calicata	: C-12	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	11.6	25.578	
1	1.270	0.050	21.1	46.5255	
1.5	1.905	0.075	32.8	72.324	
2	2.540	0.100	43.9	96.7995	3.08
2.5	3.180	0.125	62.3	137.3715	
3	3.810	0.150	71.1	156.7755	
4	5.080	0.200	100.9	222.4845	4.72
6	7.620	0.300	148.2	326.781	
8	10.160	0.400	181.5	400.2075	
10	12.700	0.500	196.9	434.1645	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetración	3.08
C.B.R. 0.2" de Penetración	4.72

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA : C-12

PROGRESIVA : 5+500

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : 29/11/2019

FECHA EMISION : 29/11/2019

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7106.00
Peso del frasco + arena que queda	g	3546.00
Peso de arena empleada	g	3560.00
Peso de arena en el cono	g	1368.00
Peso de arena en la excavación	g	2192.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1471.14
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2444.00
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2444.00
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2444.00
Volumen de finos	cm ³	1471.14
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.66
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	24.60

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-12
Profundidad : 0.00-1.00
Progresiva: : 5+500

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
FECHA DE EMISIÓN : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1 "	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00	6.55	3.25	3.25	96.75
	Nº 020	0.85	12.14	6.02	9.27	90.73
	Nº 040	0.43	19.30	9.57	18.85	81.15
	Nº 060	0.25	8.36	4.15	22.99	77.01
	Nº 140	0.15	8.22	4.08	27.07	72.93
	Nº 200	0.08	18.60	9.23	36.30	63.70

D10 (mm): NP
D30 (mm): NP
D60 (mm): NP
Cu: NP
Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) : **ML**

Descripción:

LIMO ARENOSO

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) : **A-4 (0)**

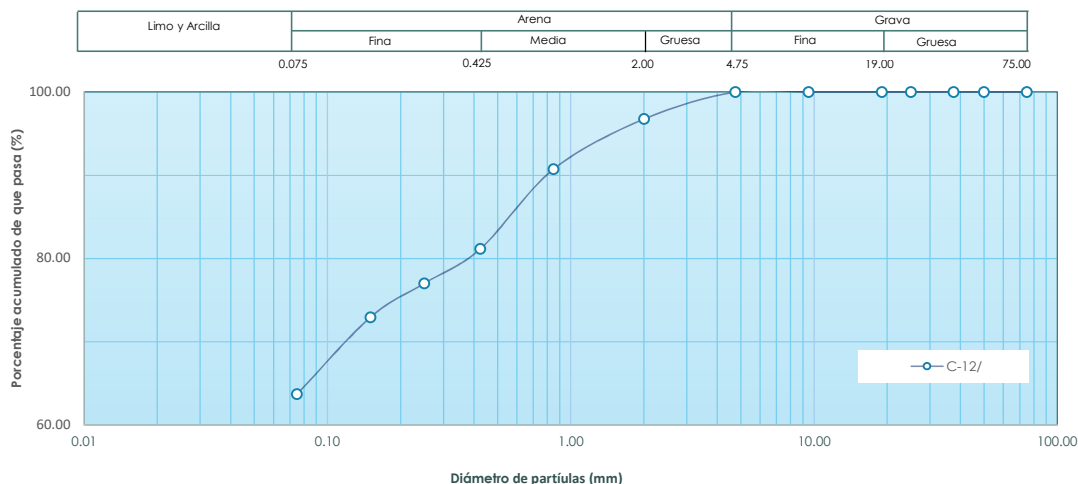
Descripción: **Mediano a pobre**

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	135.35
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	384.35
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	336.93
Peso del agua (gr)	:	47.42
Contenido de humedad (%)	:	23.52

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	36.30	Gruesa	3.25
		Media	15.60
		Fina	17.45
% Finos	63.70	Finos	63.70

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-12
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 5+500

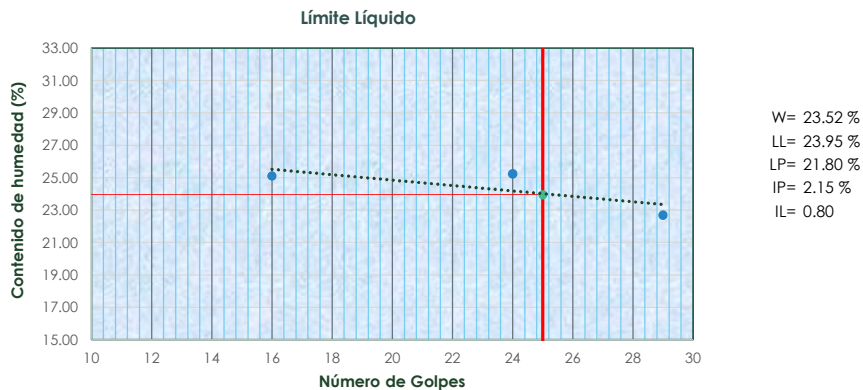
FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	29	24	16		
Peso de tara (gr)	53.45	53.57	53.1		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	74.03109	68.717292	64.313592		
Peso tara + suelo seco (gr)	70.224336	65.66406	62.062812		
Contenido de humedad (%)	22.69	25.25	25.11		
Límite Líquido (%)	23.95				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	56.73	59.44			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	70.66176	72.19199			
Peso tara + suelo seco (gr)	68.1824	69.896645			
Contenido de humedad (%)	21.65	21.95			
Límite Plástico (%)	21.80				



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C12

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 5+500

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580828

Lectura Inicial: 6

Coord. Norte : 8778188

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/g golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	6	0	0	0	0	0.00	33	974	29.52
1	1	26	20	20	20	20	3.03			
2	1	47	41	21	21	21	6.06			
3	1	68	62	21	21	21	9.09			
4	1	99	93	31	31	31	12.12			
5	1	131	125	32	32	32	15.15			
6	1	171	165	40	40	40	18.18			
7	1	211	205	40	40	40	21.21			
8	1	235	229	24	24	24	24.24			
9	1	271	265	36	36	36	27.27			
10	1	297	291	26	26	26	30.30			
11	1	318	312	21	21	21	33.33			
12	1	347	341	29	29	29	36.36			
13	1	386	380	39	39	39	39.39			
14	1	421	415	35	35	35	42.42			
15	1	444	438	23	23	23	45.45			
16	1	481	475	37	37	37	48.48			
17	1	518	512	37	37	37	51.52			
18	1	557	551	39	39	39	54.55			
19	1	592	586	35	35	35	57.58			
20	1	623	617	31	31	31	60.61			
21	1	651	645	28	28	28	63.64			
22	1	692	686	41	41	41	66.67			
23	1	731	725	39	39	39	69.70			
24	1	760	754	29	29	29	72.73			
25	1	783	777	23	23	23	75.76			
26	1	801	795	18	18	18	78.79			
27	1	818	812	17	17	17	81.82			
28	1	850	844	32	32	32	84.85			
29	1	880	874	30	30	30	87.88			
30	1	915	909	35	35	35	90.91			
31	1	940	934	25	25	25	93.94			
32	1	962	956	22	22	22	96.97			
33	1	980	974	18	18	18	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C12
Progresiva: 5+500

Coord. Este : 580828
Coord. Norte : 8778188

CURVA PDC

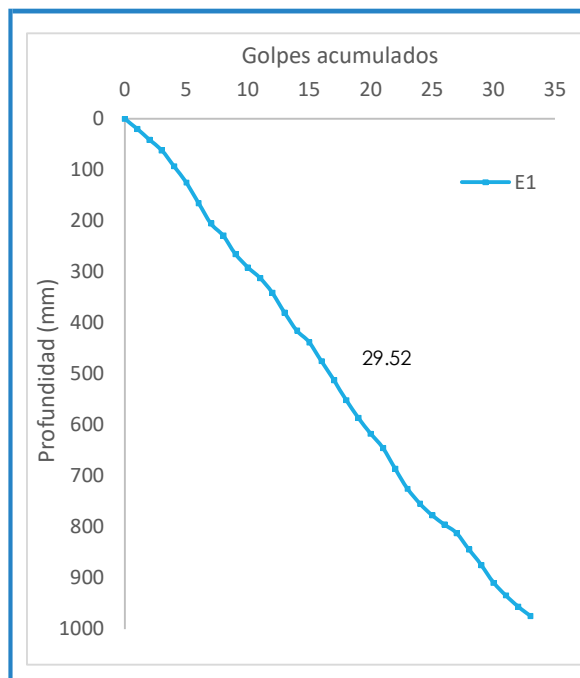
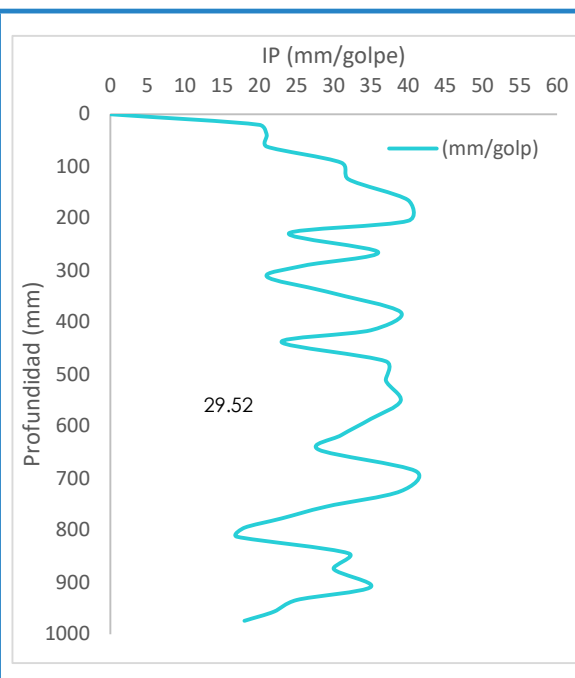
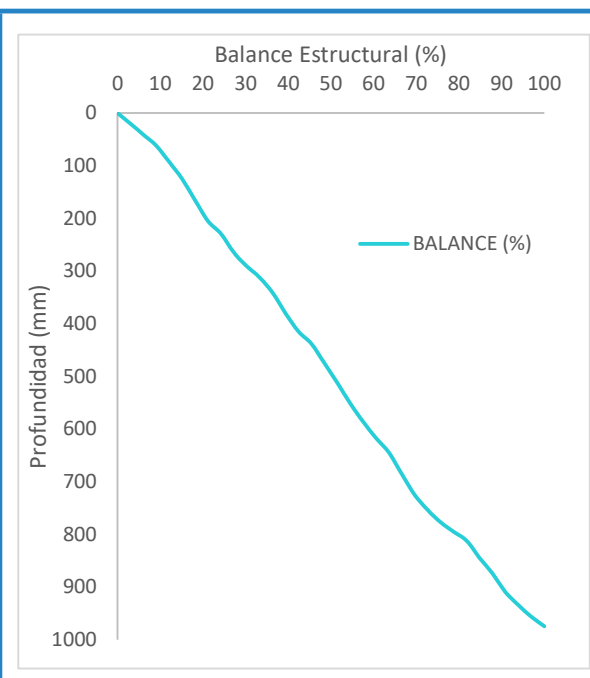


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	29.52

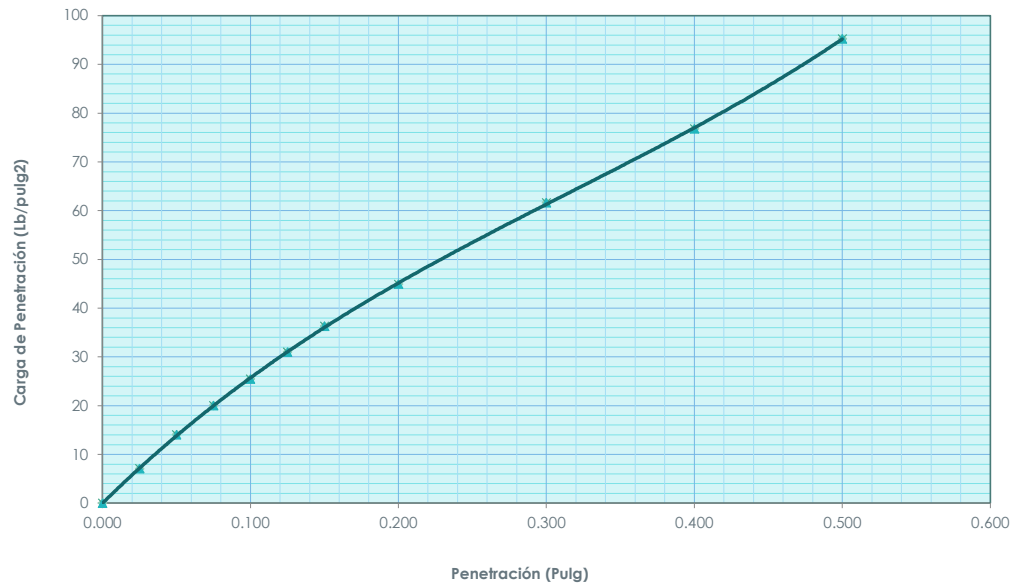
CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

MTC E 132 / ASTM D - 1833

PROYECTO	TESIS	FECHA DE RECEPCION	: 29/07/2019
Progresiva	:5+900	FECHA DE EMISION	: 18/08/2019
Calicata	: C-13	Realizado	: bach. Axel Yohann Montes Mondalgo
Muestra	: Inalterada	Revisado	: Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

PENETRACION					
TIEMPO	PENETRACION		CARGA		CBR
min	mm	plg	kg	lb	(%)
0	0.000	0.000	0	0	
0.5	0.635	0.025	10.1	22.2705	
1	1.270	0.050	20	44.1	
1.5	1.905	0.075	28.5	62.8425	
2	2.540	0.100	36.3	80.0415	2.55
2.5	3.180	0.125	44.1	97.2405	
3	3.810	0.150	51.7	113.9985	
4	5.080	0.200	64	141.12	2.99
6	7.620	0.300	87.8	193.599	
8	10.160	0.400	109.4	241.227	
10	12.700	0.500	135.7	299.2185	

Curvas de Penetración



C.B.R.	
C.B.R. 0.1" de Penetracion	2.55
C.B.R. 0.2" de Penetracion	2.99

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Celular : 980618332 982011341

idriscontratistas@gmail.com

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO ASTM-D1556

PROYECTO : Tesis

UBICACIÓN : Gallito de las Rocas-Los Olivos

CALICATA : C-13

PROGRESIVA : 5+900

REALIZADO : Bach. Axel Yohann Montes Mondalgo

REVISADO : Ing. Cesar Augusto Montes Mondalgo

FECHA ENSAYO : 29/11/2019

FECHA EMISION : 29/11/2019

DESCRIPCION	Unidad de Medida	PUNTOS DE CONTROL
		D-1
Profundidad de Ensayo	m	0.10
Peso del frasco + arena	g	7108.00
Peso del frasco + arena que queda	g	3688.00
Peso de arena empleada	g	3420.00
Peso de arena en el cono	g	1370.00
Peso de arena en la excavación	g	2050.00
Densidad de la arena	g/cm ³	1.490
Volumen del material extraído	cm ³	1375.84
Peso del recipiente + suelo + grava	g	2407.00
Peso del recipiente	g	0.00
Peso del suelo + grava	g	2407.00
Peso retenido en la malla 3/4"	g	0.000
Peso específico de la grava	g/cm ³	2.70
Volumen de la grava	cm ³	0.00
Peso de finos	gr	2407.00
Volumen de finos	cm ³	1375.84
Densidad Húmeda	g/cm ³	1.75
CONTENIDO DE HUMEDAD		
Contenido de humedad (Speedy)	%	30.20

OBSERVACIONES

Los puntos donde se realizaron las pruebas de compactación han sido ubicadas por el solicitante.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000 / ASTM D-422

PROYECTO : TESIS
UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-13
Profundidad : 0.00-1.00
Progresiva: : 5+900

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
FECHA DE EMISIÓN : 02/12/2019

Norma ASTM D-422	MALLA	ABERTURA (mm)	Peso Retenido (gr)	% Parcial retenido (gr)	Acumulado %	
					Retenido	Que pasa
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3	75.00				100.00
	2 "	50.00				100.00
	1 1/2 "	37.50				100.00
	1 "	25.00				100.00
	3/4 "	19.00				100.00
	3/8 "	9.50				100.00
	Nº 004	4.75				100.00
	Nº 010	2.00	0.02	0.01	0.01	99.99
	Nº 020	0.85	3.18	1.73	1.74	98.26
	Nº 040	0.43	6.24	3.39	5.14	94.86
	Nº 060	0.25	10.54	5.73	10.87	89.13
	Nº 140	0.15	17.42	9.48	20.35	79.65
	Nº 200	0.08	35.24	19.17	39.52	60.48

D10 (mm): NP
D30 (mm): NP
D60 (mm): NP
Cu: NP
Cc: NP

Norma ASTM D 2487

Clasificación (S.U.C.S.) : **ML**

Descripción:

LIMO ARENOSO

Norma AASTHO M-145

Clasificación (AASHTO) : **A-4 (0)**

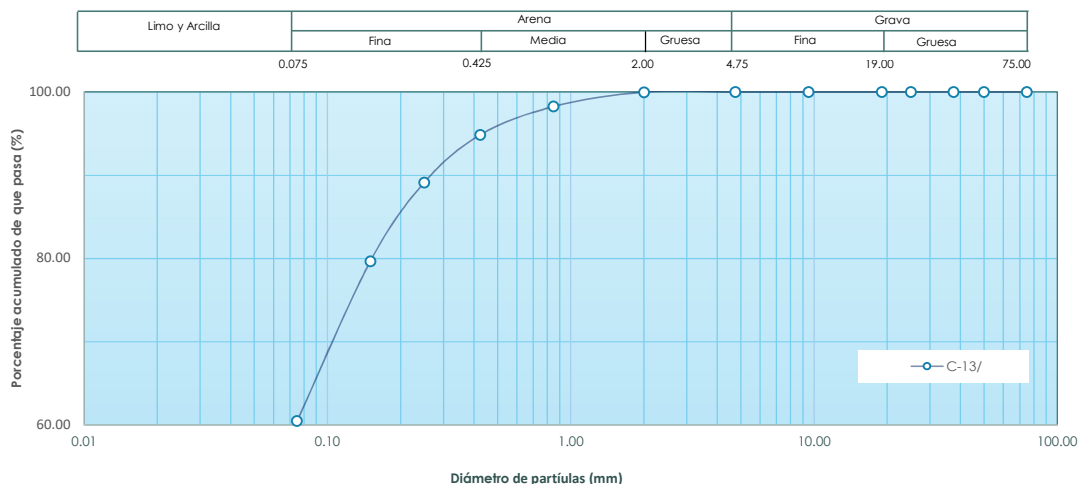
Descripción: **Mediano a pobre**

Norma ASTM D 2216

Nº del recipiente	:	0
Peso del recipiente (gr)	:	142.89
Peso del recip.+ suelo húmedo (gr)	:	378.76
Peso del recip.+ suelo seco (gr)	:	326.71
Peso del agua (gr)	:	52.05
Contenido de humedad (%)	:	28.32

% Grava	0.00	Gruesa	0.00
		Fina	0.00
% Arena	39.52	Gruesa	0.01
		Media	5.12
		Fina	34.38
% Finos	60.48	Finos	60.48

Curva Granulométrica



OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : TESIS
 UBICACIÓN : GALLITO DE LAS ROCAS-LOS OLIVOS

Realizado : Bach. Axel Y. Montes Mondalgo
 Revisado : Ing. Cesar A. Montes Mondalgo

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

Calicata : C-13
 Profundidad : 0.00-1.00
 Progresiva: : 5+900

FECHA DE RECEPCION : 01/12/2019
 FECHA DE ENSAYO : 01/12/2019
 FECHA DE EMISION : 02/12/2019

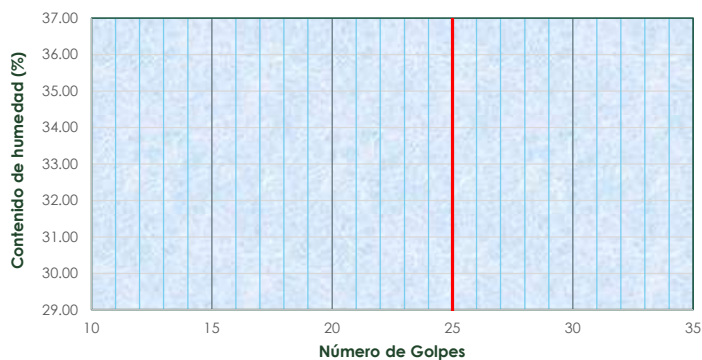
LÍMITE LÍQUIDO MTC E 110-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite líquido				
Nº de Golpes	30	22	16		
Peso de tara (gr)	59.37	53.58	59.42		
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	84.46	72.72	86.27		
Peso tara + suelo seco (gr)	80.2	70.02	81.06		
Contenido de humedad (%)	20.45	16.42	24.08		
Límite Líquido (%)	19.68				

LÍMITE PLÁSTICO MTC E 111-2000/ASTM D-4318

Límites de consistencia	Límite plástico				
Número de tara					
Peso de tara (gr)	53.62	56.75			
Peso de tara + suelo húmedo (gr)	64.05	67.04			
Peso tara + suelo seco (gr)	62.24	65.36			
Contenido de humedad (%)	21.00	19.51			
Límite Plástico (%)	20.25				

Límite Líquido



W= 28.32 %
 LL= 19.68 %
 LP= 20.25 %
 IP= -0.57 %
 IL= -14.03

OBSERVACIÓN:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEX 17025-2006).

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis

Calicata: C13

Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Progresiva: 5+900

Fecha: 27-112019

Coord. Este : 580979

Lectura Inicial: 0

Coord. Norte : 8778391

total golpes	cantidad de golpes	Penetración		Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Indice PDC (mm/golpe)	% Balance Estructural	Cantidad de golpes	Penetración entre lecturas (mm)	Indice de PDC (mm/golpe)
		Lectura Inicial (mm)	Lectura Corregida (mm)							
0	0	0	0	0	0	0	0.00	29	982	33.86
1	1	35	35	35	35	35	3.45			
2	1	64	64	29	29	29	6.90			
3	1	93	93	29	29	29	10.34			
4	1	119	119	26	26	26	13.79			
5	1	151	151	32	32	32	17.24			
6	1	188	188	37	37	37	20.69			
7	1	222	222	34	34	34	24.14			
8	1	256	256	34	34	34	27.59			
9	1	288	288	32	32	32	31.03			
10	1	322	322	34	34	34	34.48			
11	1	354	354	32	32	32	37.93			
12	1	392	392	38	38	38	41.38			
13	1	432	432	40	40	40	44.83			
14	1	473	473	41	41	41	48.28			
15	1	511	511	38	38	38	51.72			
16	1	543	543	32	32	32	55.17			
17	1	586	586	43	43	43	58.62			
18	1	619	619	33	33	33	62.07			
19	1	660	660	41	41	41	65.52			
20	1	698	698	38	38	38	68.97			
21	1	731	731	33	33	33	72.41			
22	1	762	762	31	31	31	75.86			
23	1	802	802	40	40	40	79.31			
24	1	838	838	36	36	36	82.76			
25	1	871	871	33	33	33	86.21			
26	1	906	906	35	35	35	89.66			
27	1	937	937	31	31	31	93.10			
28	1	968	968	31	31	31	96.55			
29	1	982	982	14	14	14	100.00			

Ensayo para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono

Proyecto: Tesis
Ubicación: Gallito de las Rocas-Los Olivos

Calicata: C13
Progresiva: 5+900

Coord. Este : 580979
Coord. Norte : 8778391

CURVA PDC

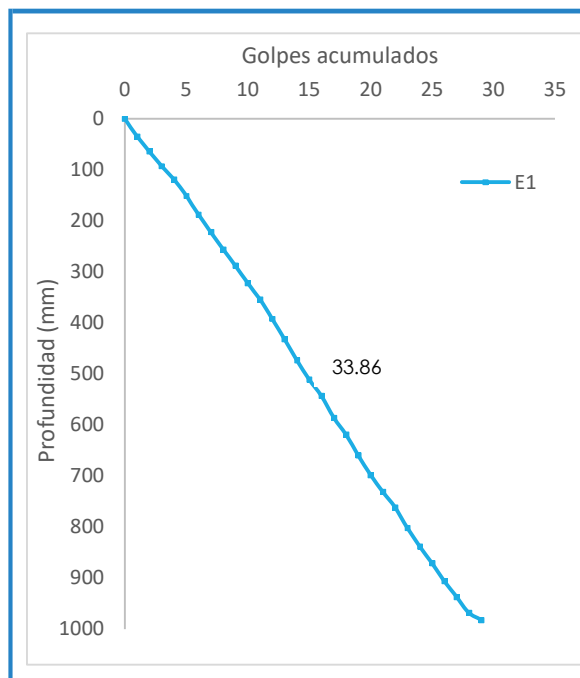
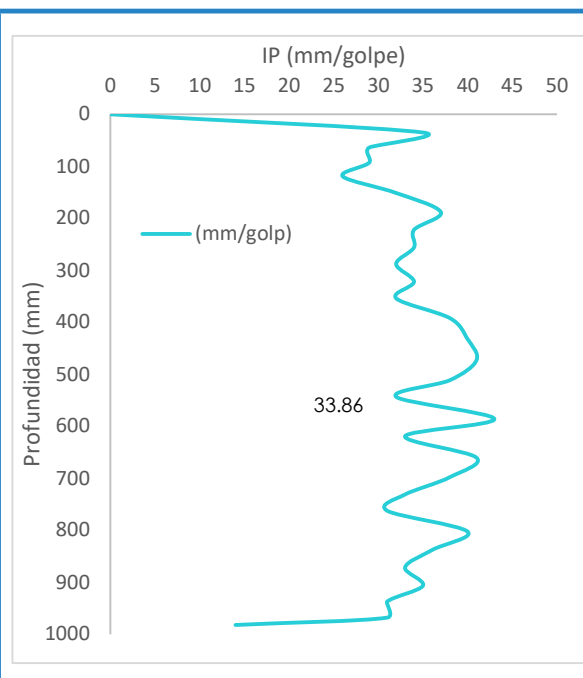
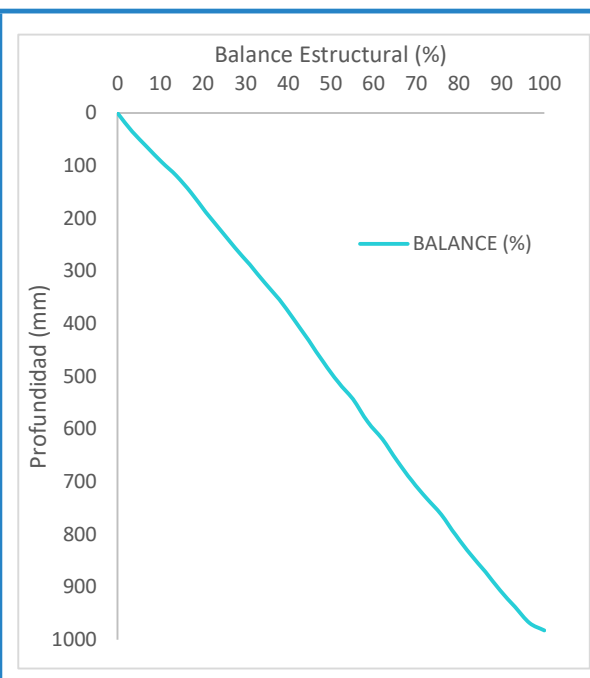


DIAGRAMA ESTRUCTURAL



BALANCE ESTRUCTURAL



	IPDC (mm/golpe)
ESTRATO 1	33.86

Anexo D. Certificados de calibración.



Metrotest

RUC: 20506382271

E.I.R.L.



CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-171-2019

Expediente

00165-2019

Solicitante

EDYFICORP E.I.R.L.

Dirección

JR. MICAELA BASTIDAS NRO. 783
A.H. JUSTICIA PAZ Y VIDA - JUNIN -
HUANCAYO - EL TAMBO

Equipo de Medición

BALANZA NO AUTOMÁTICA

Marca

OHAUS

Modelo

R31P30

Serie

8338500151

Identificación

NO INDICA

Procedencia

NO INDICA

Capacidad Máxima

30000 g

División de escala (d)

1 g

División de verificación (e)

10 g

Tipo

ELECTRONICA

Ubicación

Lab. Masa de Metrotest E.I.R.L.

Fecha de Calibración

2019-03-06

Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,3 °C
Humedad Relativa	54 %	48 %

Misión:

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.

Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Sello

Fecha de emisión

Jefe de Metrología



2019-03-06

Luiggi Asenjo G.

Página 1 de 4
FM035-01





Metrotest

RUC: 20506382271

E.I.R.L.



CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-171-2019

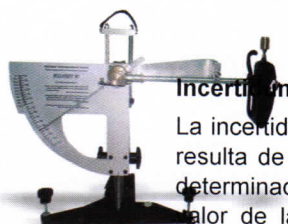


Observaciones

Automático; el límite inferior (capacidad mínima) de medida para esta balanza no debe ser menor a 20 g

Los Errores Máximos Permitidos (emp) mostrados en este documento corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III según NMP:003:2009 - 2da Edición

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento

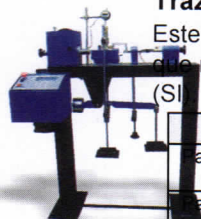


Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades



Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de Metrotest E.I.R.L.	Pesa de 10 kg (exactitud M1)	CMM-396-2018
Patrones de referencia de Metrotest E.I.R.L.	Pesa de 20 kg (exactitud M1)	CMM-397-2018
Patrones de referencia de Metrotest E.I.R.L.	Juego de pesas (exactitud F1)	CMM-394-2018
Patrones de referencia de INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	LM-415-2018 / LM-416-2018





Metrotest

RUC: 20506382271

E.I.R.L.



CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-171-2019

Resultados de la Medición

Fecha de Calibración	2019-03-06
Identificación de la balanza	NO INDICA
Ubicación de la balanza	LAB. MASA DE METROTEST E.I.R.L. Jr. Aristides Sologuren N°484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero	TIENE	Escala	NO TIENE
Oscilación Libre	TIENE	Cursor	NO TIENE
Plataforma	TIENE	Nivelación	TIENE
Sistema de traba	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Carga L1= 15 000 g			Carga L2= 30 000 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
15.000	0,6	-0,1	30.000	0,6	-0,1
15.000	0,6	-0,1	30.000	0,6	-0,1
15.000	0,6	-0,1	30.000	0,6	-0,1
15.000	0,6	-0,1	30.000	0,6	-0,1
15.000	0,6	-0,1	30.000	0,6	-0,1
15.000	0,6	-0,1	30.000	0,6	-0,1
15.000	0,6	-0,1	30.000	0,6	-0,1
15.000	0,6	-0,1	30.000	0,6	-0,1
15.000	0,6	-0,1	30.000	0,6	-0,1
15.000	0,6	-0,1	30.000	0,6	-0,1
$\Delta E_{\max}$ (g)		0,0	$\Delta E_{\max}$ (g)		0,0
emp (g)		20	emp (g)		30

ENSAYO DE PESAJE

Carga (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				emp $\pm$ (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E_c (g)	
10	10	0,6	-0,1						
20	20	0,6	-0,1	0,0	20	0,5	0,0	0,1	10
100	100	0,6	-0,1	0,0	100	0,5	0,0	0,1	10
500	500	0,6	-0,1	0,0	500	0,5	0,0	0,1	10
1 000	1 000	0,6	-0,1	0,0	1.000	0,5	0,0	0,1	10
5 000	5.000	0,6	-0,1	0,0	5.000	0,5	0,0	0,1	10
10 000	10.000	0,6	-0,1	0,0	10.000	0,5	0,0	0,1	20
15 000	15.000	0,5	0,0	0,1	14.999	0,5	-1,0	-0,9	20
20.000	20.000	0,5	0,0	0,1	19.999	0,5	-1,0	-0,9	20
25.000	25.000	0,5	0,0	0,1	25.000	0,5	0,0	0,1	30
30 000	30.000	0,5	0,0	0,1	30.000	0,5	0,0	0,1	30



Metrotest

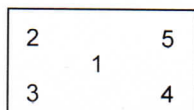
RUC: 20506382271

E.I.R.L.



CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-171-2019

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



VISTA FRONTAL

N°	Determinación del Eo				Determinación del Error corregido Ec					
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	emp (g)
1	10	10	0,6	-0,1	10 000	10.000	0,6	-0,1	0,0	20
2		10	0,6	-0,1		10.001	0,5	1,0	1,1	
3		10	0,5	0,0		10.000	0,6	-0,1	-0,1	
4		10	0,6	-0,1		10.000	0,6	-0,1	0,0	
5		10	0,6	-0,1		10.001	0,5	1,0	1,1	

emp Error Máximo Permitido
I Indicación del instrumento
E Error encontrado
Ec Error corregido
Eo Error en cero
ΔL Carga incrementada

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\text{Lectura corregida} = R - 0,0000039 \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{0,25 \text{ g}^2 + 0,0000000013 \times R^2}$$

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración.

Los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de Capacidad Máxima: 30000 g, División de verificación (e): 10 g y clase de exactitud III, según Norma Metrológica: Instrumento de Funcionamiento No Automático NMP:003:2009 - 2da Edición, es:

Intervalo			emp
0 g	a	5000 g	10 g
5000 g	a	20000 g	20 g
20000 g	a	30000 g	30 g



Metrotest

RUC: 20506382271

E.I.R.L.



CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-170-2019



Expediente

00165-2019

Solicitante

EDYFICORP E.I.R.L.

Dirección

JR. MICAELA BASTIDAS NRO. 783 A.H.
JUSTICIA PAZ Y VIDA - JUNIN -
HUANCAYO - EL TAMBO

Equipo de Medición

BALANZA NO AUTOMÁTICA

Marca

OHAUS

Modelo

YA501

Serie

NO INDICA

Identificación

BM-063-18

Procedencia

NO INDICA

Capacidad Máxima

500 g

División de escala (d)

0,1 g

División de verificación (e)

1 g

Tipo

ELECTRONICA

Ubicación

Lab. Masa de Metrotest E.I.R.L.

Fecha de Calibración

2019-03-06

Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	52 %	52 %

Misión:

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.

Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.



Sello

Fecha de emisión

Jefe de Metrología



2019-03-06

Luigi Asenjo G.

Página 1 de 4
FM035-01





Metrotest

RUC: 20506382271

E.I.R.L.



CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-170-2019

Observaciones



Automático; el límite inferior (capacidad mínima) de medida para esta balanza no debe ser menor a 2 g

Los Errores Máximos Permitidos (emp) mostrados en este documento corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III según NMP:003:2009 - 2da Edición

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento (*)Código asignado por Metrotest E.I.R.L.

Incertidumbre



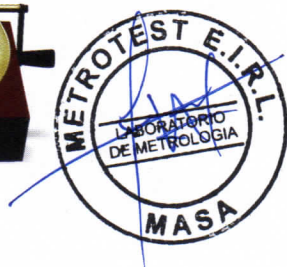
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Trazabilidad



Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de INACAL-DM	Juego de pesas (Clase E2)	LM-597-2018





Metrotest

RUC: 20506382271

E.I.R.L.



CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-170-2019

Resultados de la Medición

Fecha de Calibración	2019-03-06
Identificación de la balanza	BM-063-18
Ubicación de la balanza	LAB. MASA DE METROTEST E.I.R.L. Jr. Aristides Sologuren N°484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos

INSPECCIÓN VISUAL

Ajuste de cero	TIENE	Escala	NO TIENE
Oscilación Libre	TIENE	Cursor	NO TIENE
Plataforma	TIENE	Nivelación	NO TIENE
Sistema de traba	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Carga L1= 300,0 g			Carga L2= 500,0 g		
I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
300,0	0,05	0,0	500,0	0,05	0,0
300,0	0,05	0,0	500,0	0,05	0,0
300,0	0,05	0,0	500,0	0,05	0,0
300,0	0,05	0,0	500,0	0,05	0,0
300,0	0,05	0,0	500,0	0,05	0,0
300,0	0,05	0,0	500,0	0,05	0,0
300,0	0,05	0,0	500,0	0,05	0,0
300,0	0,05	0,0	500,0	0,05	0,0
300,0	0,05	0,0	500,0	0,05	0,0
300,0	0,05	0,0	500,0	0,05	0,0
300,0	0,05	0,0	500,0	0,05	0,0
Δ Emáx (g)		0,0	Δ Emáx (g)		0,0
emp (g)		1	emp (g)		1

ENSAYO DE PESAJE

Carga (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				emp ±(g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,1	0,1	0,05	0,0						
0,2	0,2	0,05	0,0	0,0	0,2	0,04	0,0	0,0	1
1,0	1,0	0,05	0,0	0,0	1,0	0,04	0,0	0,0	1
5,0	5,0	0,05	0,0	0,0	5,0	0,04	0,0	0,0	1
20,0	20,0	0,05	0,0	0,0	20,0	0,04	0,0	0,0	1
50,0	50,0	0,05	0,0	0,0	50,0	0,04	0,0	0,0	1
100,0	100,0	0,05	0,0	0,0	100,0	0,04	0,0	0,0	1
200,0	199,9	0,05	-0,1	-0,1	199,9	0,05	-0,1	-0,1	1
300,0	300,0	0,05	0,0	0,0	300,0	0,05	0,0	0,0	1
400,0	400,0	0,05	0,0	0,0	400,0	0,06	0,0	0,0	1
500,0	500,0	0,05	0,0	0,0	500,0	0,05	0,0	0,0	1

Página 3 de 4
FM035-01



JR. A. SOLOGUREN 484 DPTO. 102 URB. PARQUES DE VILLA SOL - LOS OLIVOS - LIMA 39

Telf. 528-7898 Telefax: 528-3324 Cels.: 993239771/ 997045343 / 127*8069 / #068091

www.metrotesteirl.com

ventas@metrotesteirl.com



Metrotest

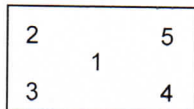
RUC: 20506382271

E.I.R.L.



CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-170-2019

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



VISTA FRONTAL

N°	Determinación del Eo				Determinación del Error corregido Ec					
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	emp (g)
1	0,1	0,1	0,05	0,0	200,0	200,0	0,06	0,0	0,0	1
2		0,1	0,05	0,0		200,0	0,06	0,0	0,0	
3		0,1	0,05	0,0		199,9	0,05	-0,1	-0,1	
4		0,1	0,06	0,0		200,0	0,06	0,0	0,0	
5		0,1	0,06	0,0		199,9	0,05	-0,1	-0,1	

emp Error Máximo Permitido
I Indicación del instrumento
E Error encontrado
Ec Error corregido
Eo Error en cero
ΔL Carga incrementada

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\text{Lectura corregida} = R + 0,00010 \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{0,0017 \text{ g}^2 + 0,000000020 \times R^2}$$

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración.

Los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de Capacidad Máxima: 500 g, División de verificación (e): 1 g y clase de exactitud III, según Norma Metrológica: Instrumento de Funcionamiento No Automático NMP:003:2009 - 2da Edición, es:

Intervalo			emp
0 g	a	500 g	1 g

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LL - 180 - 2019

Página 1 de 3

1. Expediente	190356
2. Solicitante	EDYFICORP E.I.R.L.
3. Dirección	Jr. Micaela Bastidas N° 783 A.H. Justicia Paz y Vida, El Tambo - Huancayo - JUNIN
4. Instrumento de Medición	DIAL
Alcance de indicación	0 mm a 25 mm
División de Escala / Resolución	0,01 mm
Marca	BAKER
Modelo	JO8A
Número de Serie	N6987
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
Tipo de indicación	ANALÓGICO
5. Fecha de Calibración	2019-04-22

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.

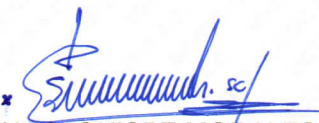
Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2019-04-22

Jefe del Laboratorio de Metrología


JUAN C. QUISPE MORALES

Sello



Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 180 - 2019

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,9 °C	23,9 °C
Humedad Relativa	65,3 %	65,1 %

**9. Patrones de Referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/Informe de calibración
Patrones del INDECOPI-SNM Bloques patrón (Grado K)	BLOQUES PATRÓN (Grado K) LA 01 021	DM - INACAL LLA-C-091-2018
Patrones del INDECOPI-SNM Comparador mecánico de bloques		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.

11. Resultados de Medición**ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)**

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μ m)
2,500	2,508	8
5,000	5,006	6
7,500	7,501	1
10,000	10,001	1
12,500	12,509	9
15,000	15,000	0
17,500	17,502	2
20,000	20,001	1
22,500	22,510	10
25,000	25,002	2

Alcance del error de indicación (f_e) : 10 μ mIncertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu$ m para ($k=2$)**ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)**

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μ m)
22,500	22,510	10
	22,510	10
	22,510	10
	22,510	10
	22,510	10

Error de Repetibilidad (f_w) : 0 μ mIncertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu$ m para ($k=2$)**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN	INFORME N° 004-19 PDC
------------------------------------	------------------------------

Solicitante : EDYFICORP E.I.R.L. Fecha.: 21/11/2019

Equipo : Penetrómetro Dinámico de Cono

Cantidad : 01 und.

Frecuencia de Verificación : 06 Meses

Fecha de Prox. Verificación : Mayo-2020

Equipo de Verificación usado : * Calibrador de 0 a 300 mm prec. 0.01 mm Mitutoyo / Japan
Mod. CD-12" CP,N/S 1002520 (Calibrado) F-0845-2019 - INACAL
: Balanza Digital Calibrada Cap. 30 kg, precisión 1 gr OHAUS.

Norma de Ensayo : ASTM D - 6951

Peso de la Masa : 7990 gr

Diámetro del Cono N° 1 : 19.75 mm Angulo del Cono N° 1 : 60°

Diámetro del Cono N° 2 : 19.75 mm Angulo del Cono N° 2 : 60°

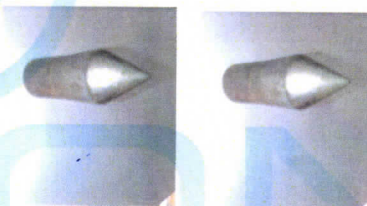
Altura de Caída de Masa : 575 mm

Diámetro Varilla Guía : 15.78 mm

Diámetro Varilla Sondaje : 15.78 mm

N° 1

N° 2



Acción Recomendada

Reparación y/o dar de baja NO

Equipo OK SI

Comentarios:

EQUIPO ACEPTABLE PARA SER USADO

RCP LABORATORIOS E.I.R.L.

Ing. Luis Taboada Palacios
JEFE DE LABORATORIO
CIP. 56551

GARANTIA DE 12 MESES POR DEFECTOS DE FABRICACIÓN

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN CUCHILLA PERIMETRAL	INFORME: 001 - 19 CP
---	----------------------

Solicitante: EDYFICORP E.I.R.L.

Fecha: 21/11/2019

Equipo : Cuchilla Perimetral

Frecuencia de Verificación: 06 Meses

Cant. : 01 Und.

Fecha de Prox. Verificación: Mayo - 2020

Equipo de Verificación usado : * Calibrador de 0 a 300 mm prec. 0.01 mm Mitutoyo / Japan
Mod. CD-12" CP,N/S 1002520 (Calibrado) F-0845-2019 -INACAL

Norma de Ensayo : AASHTO T-193-1993 / ASTM D1883

Diam. Interior Medido

152.4	152.4	152.4	152.4
-------	-------	-------	-------

 Diam. Promedio

152.4

 mm

Diametro Especificado 152.4 +/- 0.66 mm (6 +/- 0.026 in)

Altura Medido

38.0	38.0	38.0	38.0
------	------	------	------

 Altura Promedio

38.0

 mm

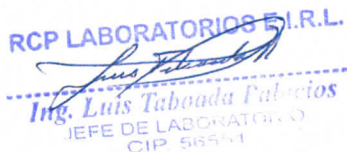
Acción Recomendada

Reparación y/o dar de baja NO

Equipo OK SI

Comentarios:

EQUIPO ACEPTABLE PARA SER USADO


Ing. Luis Taboada Palacios
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP 56554

GARANTIA DE 12 MESES POR DEFECTOS DE FABRICACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 169 - 2019*Área de Metrología*
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	190356
2. Solicitante	EDYFICORP E.I.R.L.
3. Dirección	Jr. Micaela Bastidas N° 783 A.H. Justicia Paz y Vida, El Tambo - Huancayo - JUNIN
4. Equipo	PRENSA CBR
Capacidad	5000 kgf
Marca	TECNICAS
Modelo	TCP051
Número de Serie	158
Identificación	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
Ubicación	NO INDICA
5. Indicador	DIGITAL
Marca	HIGHWEIGHT
Número de Serie	HIW0289
División de Escala / Resolución	0,1 kgf
6. Fecha de Calibración	2019-04-23

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

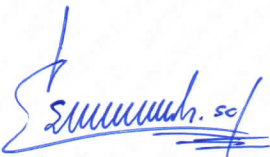
Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2019-04-23

Jefe del Laboratorio de Metrología

x 
JUAN C. QUISPE MORALES

Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 169 - 2019

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

7. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones de LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

8. Lugar de calibración

Laboratorio de Fuerza de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	24,6 °C	24,6 °C
Humedad Relativa	69 % HR	69 % HR



10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,5 %	LEDI-PUCP INF-LE 030-19B

11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 169 - 2019*Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza*

Página 3 de 3

12. Resultados de Medición

El equipo presenta CELDA DE CARGA con las siguientes características:

Capacidad : 5.0t

Marca : ZEMIC

Modelo : H3-C3-5,0t-6B

Nº de Serie : 5,0t P2C032626

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			Error de Exactitud q (%)	Incertidumbre U (k=2) (%)
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)		
10	500	501,0	500,5	500,3	-0,12	0,24
20	1000	1000,2	999,5	999,2	0,04	0,24
30	1500	1499,1	1498,3	1497,5	0,11	0,24
40	2000	1998,6	1996,5	1995,4	0,16	0,24
50	2500	2496,5	2495,5	2493,1	0,20	0,24
60	3000	2995,1	2995,0	2993,5	0,18	0,24
70	3500	3495,7	3493,5	3491,0	0,19	0,24
80	4000	3994,3	3992,5	3991,5	0,18	0,24
90	4500	4494,4	4492,0	4491,0	0,17	0,24
100	5000	4990,6	4990,5	4988,2	0,21	0,24

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)

0,00 %

**13. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del Documento



Metrotest

RUC: 20506382271

E.I.R.L.



Página 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CHM-064-2019

Solicitante

EDYFICORP E.I.R.L.

Dirección

JR. MICAELA BASTIDAS NRO. 783
A.H. JUSTICIA PAZ Y VIDA - JUNIN -
HUANCAYO - EL TAMBO

Instrumento de Medición

MEDIDOR DE HUMEDAD

Marca

METROTEST

Modelo

MS-15

Serie

MH-638

Identificación

NO INDICA

Procedencia

PERÚ

Alcance máximo

20 % HR

Tipo de indicación

Analógica

Lugar de Calibración

Lab. Humedad de Metrotest
E.I.R.L.

Fecha de Calibración

2019-03-06

Fecha de Emisión

2019-03-06

Misión:

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración Empleado

La calibración se efectuó con patrones que tienen trazabilidad al INACAL-DM agregado al método de comparación indirecta utilizando una muestra de humedad de referencia.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La calibración se realizó con 26 g de muestra.
- Se verificó y ajustó la balanza digital de 500 g (BM-063-18)

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de dos valores de un miso punto.

Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.

METROTEST EIRL no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documentos.

El usuario es responsable de la recalibracion de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

(*) Código asignado por METROTEST E.I.R.L.



Luigi Asenjo G.
Jefe de Metrologia



Metrotest

RUC: 20506382271

E.I.R.L.



Certificado de Calibración CHM-064-2019

Página 2 de 2

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología SNM – INDECOPI en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de
Patrones de referencia de INMETRO S.A.C.	Manómetro De Deformación Elástica	LPI-00365-2017
Patrones de referencia del DM-INACAL	Juego de Pesas (Exactitud F1)	LM-416-2018 LM-415-2018
METROTEST EIRL	Balanza Clase II	CMM-002-2019

Resultados:

Ensayo comparativo con muestra

Humedad Patrón %	Humedad de Indicación del Instrumento %	Humedad Error %	Humedad Incertidumbre %
5,0	5,2	0,2	0,2
10,0	10,4	0,4	0,2
15,0	15,2	0,2	0,2
18,0	18,4	0,4	0,2

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo

La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%



Luigi Asejo G.
Jefe de Metrología