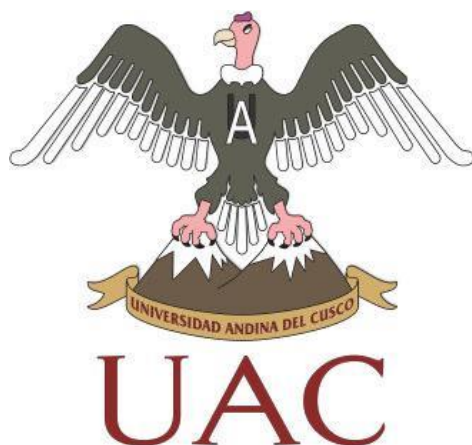




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ZONIFICACIÓN GEOTECNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO
DE YANAOCA – PROVINCIA DE CANAS – CUSCO”**

PRESENTADO POR:

BACH. EDISON QUISPE HUANCA.

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

ASESOR:

ING. JOSÉ ALBERTO MONTESINOS

CERVANTES.

CUSCO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios, por mostrarme el camino correcto para alcanzar este punto importante de mi formación profesional y a mis padres. Nicolás Quispe Ccoto y +Pascuala Huanca Zarate que en paz descanse en la gloria del señor,

A mis Hermanos Sonia, Lilia, Nicolás, Eduar y Percy por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A mis Cuñados Leoncio, Daniel y Olga, por estar siempre en los momentos más difíciles que uno requería en su formación profesional.

A mis Sobrinos por darme las alegrías después de haber trabajado la tesis.

Amigos que siempre me estuvieron dando alegría para conseguir el objetivo final.



AGRADECIMIENTOS:

A nuestro Dios, por enseñarme el sendero correcto de la vida y fortaleciéndome en mis Decisiones.

A la Universidad Andina del Cusco y a la Carrera Profesional de Ingeniería Civil por darme una formándome, orientándome y sabiduría en sus aulas, para llegar a ser un buena profesional.

A los docentes de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, quienes han contribuido en mi formación profesional, en especial al Ing. JOSÉ ALBERTO MONTESINOS por su apoyo incondicional durante la ejecución de esta tesis.

Un agradecimiento muy especial a mi querida familia, por su amor, confianza, motivación y brindarme su apoyo incondicional para lograr esta meta.



RESUMEN

El presente trabajo tiene el propósito de presentar un mapa de “Zonificación Geotécnica del Casco Monumental del Distrito de Yanaoca - Provincia de Canas- Cusco”, delimitando zonas de características geotécnicas y propiedades mecánicas del suelo.

Se realizó una revisión del contexto geológico sobre el cual se ubica el área estudiado, luego se obtuvo los resultados de la investigación geotécnica, teniendo en cuenta la información realizada en este estudio. El procesamiento de la información geotécnica se ejecutó en forma estadística. Finalmente, se indica la “Zonificación Geotécnica del Casco Monumental del Distrito de Yanaoca - Provincia de Canas- Cusco” se divide en dos zonas a nivel superficial, intermedio y de cimentación. También se muestra el mapa de la zona, donde se indica las características del suelo de la Zona de estudio.

En este documento se realizó descripción, de los conceptos fundamentales que se deben tener, para comprender los fenómenos que afectan a la masa de suelo y de las medidas orientadas a reducir los efectos negativos de la zona de estudio.

Palabras claves: Determinar las propiedades físicas, mecánicas y características Geotécnicas similares a partir de la variedad de suelos existentes en el casco monumental del distrito de Yanaoca.



ABSTRACT

The present work has the purpose of presenting a map of “Geotechnical Zoning of the Monumental Helmet of the District of Yanaoca - Province of Canas-Cusco”, delimiting areas of geotechnical characteristics at surface, intermediate and subsoil levels of the sector for surface foundation purposes, as well as indicate the critical and habitable condition.

First, a review of the geological context on which the studied area is located was carried out, then the results of the geotechnical investigation were obtained, taking into account the information made in this study. The processing of geotechnical information was executed statistically. Finally, the “Geotechnical Zoning of the Monumental Town of the District of Yanaoca - Province of Canas - Cusco” is divided into two areas at the surface, intermediate and foundation level. The map of the area is also shown, indicating the soil characteristics of the Study Area.

In this document, a description was made of the fundamental concepts that must be taken to understand the phenomena that affect the soil mass and the measures aimed at reducing the negative effects of the study area.

Keywords: Determine the physical, mechanical and similar Geotechnical characteristics from the variety of soils in the monumental district of the Yanaoca district.



INTRODUCCIÓN

El distrito de Yanaoca en estos últimos años, por ser capital de la provincia de Canas, experimenta una expansión urbana, que se manifiesta en edificaciones nuevas e infraestructura, producto de la demanda de viviendas por el crecimiento poblacional. Tiende a ser necesario un estudio de las características y propiedades del suelo y de esta manera ver los parámetros de solución a posibles problemas en cimentaciones superficiales fundamentalmente.

Sin embargo ese crecimiento de la ciudad, muchas veces puede resultar desordenado e inseguro; el ente que regula un crecimiento urbano de acuerdo a un plan de desarrollo y a su vez está obligado a asegurar que las edificaciones que se construyen sean seguras, son los Municipios; por lo cual el presente trabajo de investigación está dirigido a ser parte de ese plan de desarrollo.

La zonificación es uno de los diversos dispositivos legales empleados para implementar las propuestas de urbanización establecidas en un plan urbano. La intensidad de usos suelos es generalizada, constituyendo un pre requisito para la zonificación.



INDICE GENERAL

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Identificación del problema.....	1
1.1.1 Descripción del problema.....	1
1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema.....	6
1.1.2.1 Formulación Interrogativa del Problema General.....	6
1.1.2.1 Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos	6
1.2 Justificación e Importancia del problema.....	6
1.2.1 Justificación técnica	6
1.2.2 Justificación social	6
1.2.3 Justificación por viabilidad	7
1.2.4 Justificación por relevancia.....	7
1.3. Limitación de la investigación.	7
1.3.1. Limitaciones geográficas.....	7
1.3.2. Limitaciones de estudio.....	9
1.4 Objetivo de la Investigación.....	9
1.4.1 Objetivo General	9
1.4.2 Objetivos Específicos	9
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	10
2.1 Antecedentes de la tesis o investigación actual.....	10
2.1.1 Antecedentes a Nivel Nacional	10
2.1.2 Antecedentes a Nivel Internacional.....	10
2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes	11
2.2.1. Peligro Geológico Estructural	11
2.2.2. Peligro Geotécnico	12
2.2.3. Prevención	12
2.2.4. Zonificación	12
2.2.4.1. Concepto.....	12
2.2.4.2. Principios Básicos	13
2.2.4.3. El Método.....	13
2.2.4.4. Importancia.....	14
2.2.5. Clasificación de Suelos	15
2.2.5.1. Sistema de Clasificación AASHTO	15
2.2.6. Resistencia Cortante del Suelo.....	21
2.2.6.1. Ecuación de Falla de Coulomb.....	21
2.2.6.2. Criterio de Falla de Mohr – Coulomb	22
2.2.7. Ensayos de Suelos Insitu	23
2.2.7.1. Ensayo de Penetración Dinámica Continúo	23
2.2.7.2. Descripción de los Equipos.....	24
2.2.7.3. Ventajas y Aplicaciones	26
2.2.7.4. Número de Golpes vs Profundidad:	26
2.2.7.5. Ensayo de penetración estandar	29
2.2.7.6. Ensayo de penetración dinámica PDL	38
2.2.7.7. Correlaciones geotécnicas terrenos sin cohesión	40
2.2.7.8 Correlaciones geotécnicas en terrenos cohesivos.....	42
2.2.7.9. Etapas del ensayo torvane	43
2.2.8. Aspectos geológicos.....	44
2.2.8.1. Grupo San Jerónimo.....	44
2.2.8.2. Formación kayra.....	44



2.2.8.3. Formación Soncco.....	45
2.2.8.4. Grupo San Sebastian	45
2.2.8.5. Formación Paucartambo.....	46
2.2.9. Teoría de capacidad portante.....	46
2.2.9.1. Modos de ruptura.	46
2.2.9.2. Factores de capacidad de carga de Terzaghi.	48
2.2.9.3. Fórmula de Meyerhof.....	48
2.2.9.4. Influencia del nivel freático en el suelo	49
2.2.9.5. Capacidad portante admisible.	50
2.2.10. Criterios de Asentamiento	50
2.2.10.1 Asentamientos para cargas estáticas.	51
2.2.11. Método de Poligonación de Thiessen.....	53
2.2.12 Técnicas de investigación.....	55
2.2.12.1 técnicas de investigación de campo	55
2.2.13 tipos de muestras	56
2.2.14. ensayos de laboratorio.....	58
2.2.14.1 contenido de humedad.....	59
2.2.14.3 índice de plasticidad	62
2.2.14.4 curva granulométrica.....	64
2.2.14.5 compatibilización de perfiles estratigráficos.....	66
2.2.14.6. Programa de investigación	67
2.2.14.7 planos y perfiles de suelos.....	68
2.3. Hipótesis.....	70
2.3.1 Hipótesis general	70
2.3.2 Sub Hipótesis.....	70
2.4 Definición de variables.....	71
2.4.1 Variable Independiente:	71
2.4.2 Variable Dependiente:.....	71
2.4.3 Cuadro de Operacionalizacion de Variables	72
CAPITULO III METODOLOGIA.....	73
3.1 Metodología de la Investigación	73
3.1.1 Enfoque de la Investigación.	73
3.1.2 Nivel o alcance de la investigación	73
3.1.3. Método de investigación	73
3.2 Diseño de la investigación.....	73
3.2.1. Diseño Metodología	73
3.2.2. Diseño de Ingeniería.....	74
3.3. Población y Muestra.....	75
3.3.1. Población.....	75
3.3.1.1. Descripción de la población	75
3.3.1.2. Cuantificación de la población	75
3.3.2. Muestra.....	76
3.3.2.1. Descripción de la muestra	76
3.3.2.2. Cuantificación de la muestra	76
3.3.2.3. Método de muestreo	76
3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra	78
3.3.3. Criterios de inclusión	78
3.4. Instrumentos.....	78
3.4.1. Instrumentos metodológicos o Instrumentos de recolección de datos	78
3.4.1.1 Fichas de recolección de datos de campo.....	78



3.4.1.3 Información de apoyo.....	83
3.4.2. Instrumentos de Ingeniería	83
3.4.2.1. Equipo de campo	83
3.4.2.3. Software de ingeniería.....	83
3.5. Procedimientos de recolección de datos.....	84
3.5.1. Determinación del Perfil de suelos.....	84
3.5.2 perfil subsuperficial.....	85
3.5.3 Muestras representativas en laboratorio	87
3.5.4 Conservación y transporte de muestras de suelos	89
3.5.5. Análisis granulométrico de suelos por tamizado mtc e 107- 2000	91
3.5.6. Análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (n° 200).....	94
3.5.7 Ensayo de límites de consistencia MTC E 110 – 2000	99
3.5.8. Determinacion del contenido de humedad de un suelo.....	108
3.5.9. Metodo de Ensayo de Penetracion Estandar SPT MTC E 119	112
3.6. Procedimientos de Análisis de Datos.	119
3.6.1. Análisis granulométrico de suelos por tamizado MTC E 107- 2000	119
3.6.2 determinación del límite líquido de los suelos MTC E 110 – 2000.....	121
3.6.3 determinación del límite plástico e índice de plasticidad MTC E 111 – 2000.....	122
3.6.4 determinación del contenido de humedad	123
3.6.5 metodo de ensayo de penetracion estandar SPT MTC E 119	124
3.6.6 Clasificación de suelos	127
CAPITULO IV: RESULTADOS.....	134
CAPITULO V	137
DISCUSIÓN.....	137
GLOSARIO.....	140
CONCLUSIONES.	143
RECOMENDACIONES.	145
REFERENCIAS.	145
ANEXOS.....	146
MATRIZ DE CONSISTENCIA “ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL CASCO MUNUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO”	147
DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA.....	146
ENSAYOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC-107-99	197
ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA.....	254
ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD	282
ENSAYO DE PENETRACION STANDAR.....	310
PLANOS DE ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CASCO MUNUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - CANAS-CUSCO.....	315
PANEL FOTOGRAFICO “ZONIFICACIÓN GEOTECNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA – PROVINCIA DE CANAS – CUSCO”	322



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de Suelos Método AASHTO (Material Granular)	16
Tabla 2. Clasificación de suelos método AASHTO (material limo-arcilloso)	16
Tabla 3. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	18
Tabla 4. Sistema unificado de clasificación de suelos (suelo fino).....	19
Tabla 5. Tabla del Cálculo en Gabinete	36
Tabla 6. Clasificación Issmfe de los Penetrómetros Dinámicos.	39
Tabla 7. Factores de Capacidad de carga de Terzagui	48
Tabla 8. Métodos de Cálculos de Asentamientos	50
Tabla 9. Tipo de Suelo	52
Tabla 10. Tipo de Suelo	52
Tabla 11. Forma de la Zapata y Valores	53
Tabla 12. Técnicas de Investigación de Campo	55
Tabla 13. tipos de muestras	57
Tabla 14. Ensayos de Laboratorio.....	58
Tabla 15. Tablas de Medidas.....	61
Tabla 16. Tabla de Estimados de Precisión.....	61
Tabla 17. Análisis Típicos de Laboratorio En que se Muestra el LL, LP y el IP medios	62
Tabla 18. Tabla de la cantidad de muestra necesaria y tamaño máximo	64
Tabla 19. Cantidades Mínimas de Muestra Para ensayos	64
Tabla 20. Número de Puntos de Investigación.....	68
Tabla 21. Técnicas de Investigación	69
Tabla 22. Simbología de Suelos (Referencial).....	70
Tabla 23. Cuadro de Operacionalización de Variables	72
Tabla 24. Puntos de Prospección Geofísica del Casco Monumental del Distrito de Yanaoca - Provincia de Canas- Cusco.....	77
Tabla 25. Formato para Recolección de Datos en Campo, Para los Ensayos de Granulometría	79
Tabla 26. Formato para Recolección de Datos En Campo, Para Los Ensayos Contenido de Humedad	80
Tabla 27. Formato para recolección de datos en campo, para los ensayos de límites de consistencia	81
Tabla 28. Formato para recolección de datos en campo, para los ensayos de spt.....	82
Tabla 29. Tamices de malla cuadrada	92
Tabla 30. Tamices de malla cuadrada	92
Tabla 31. tablas de tamaños máximos de las partículas	93
Tabla 32. análisis granulométrico de suelos por tamizado mtc e 107- 2000	94
Tabla 33. Tamices de malla cuadrada	95
Tabla 34. Tamices de malla cuadrada	95
Tabla 35. Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado MTC E 107- 2000	98
Tabla 36. toma de datos limite liquido	104
Tabla 37. Toma de datos de límite plástico.....	108
Tabla 38. La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total.....	109
Tabla 39. toma de datos de contenido de humedad.....	112
Tabla 40. toma de datos de SPT	118
Tabla 41. Ensayo de análisis granulométrico por tamizado	120
Tabla 42. Ensayo de límites líquido	121
Tabla 43. Ensayo de limites plasticos	122



Tabla 44. Ensayos de Contenido de Humedad.....	124
Tabla 45. Ensayo de Penetración Estándar	126
Tabla 46. Resumen general de los puntos evaluados, con sus parámetros y su clasificación SUCS	128
Tabla 47. resumen de ensayos obtenidos con equipo SPT1	131
Tabla 48. Resumen de ensayos obtenidos con equipo SPT2	132
Tabla 49. Resumen de ensayos obtenidos con equipo SPT3	132
Tabla 50. Resumen de ensayo obtenidos con equipo SPT4.....	133
Tabla 51. Resumen de ensayos obtenidos con equipo SPT5	133
Tabla 52. Capacidad portante de los ensayos SPT ZONA I	134
Tabla 53. Capacidad portante de los ensayos SPT ZONA II	135
Tabla 54. Resumen de criterio geológico por pendiente	136
Tabla 55. Resumen zonificación por habitabilidad	136
Tabla 56. Variación geológica en la zona de estudio	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cambio de Vivienda de Adobe por Concreto	2
Figura 2. Mapa política de la provincia de canas.	3
Figura 3. Mapa Geomorfológico del distrito de Yanaoca	4
Figura 4. Plano Catastral de Yanaoca	5
Figura 5. Plano de Estudio de la Zonificación geotécnica del casco Monumental del Distrito de Yanaoca – Canas	8
Figura 6. Límites de Atterberg	20
Figura 7. Criterio de Falla de Mohr – Coulomb.....	22
Figura 8. Criterios de Falla de Mohr – Coulomb, Angulo de fricción interna.....	23
Figura 9. Ensayo Incito con PDC ligero	24
Figura 10. Equipo de Penetración Dinámica de Cono	26
Figura 11. Números de Golpes vs Profundidad	27
Figura 12. Elaboraciones del Diagrama Estructural.....	28
Figura 13. Curva de Balance Estructural	29
Figura 14. Esquema de la Masa que Realizara los Golpes.....	30
Figura 15. Esquema de la Masa que Realizara los Golpes.....	30
Figura 16. Esquema de Trabajo con SPT	31
Figura 17. Vista del Dispositivo de Perforación	32
Figura 18. Vista de la Cabeza de Golpeo	33
Figura 19. Realización del Ensayo SPT	35
Figura 20. Gráfica que se puede obtener del Ensayo	37
Figura 21. Procedimiento de Ensayo con Equipo Torvane	44
Figura 22. Ruptura General	46
Figura 23. Ruptura Local	47
Figura 24. Ruptura por Punzonamiento o Penetración	47
Figura 25. Modificación de Ecuaciones de Capacidad de Carga por el Nivel de Agua	49
Figura 26. Cimentación Flexible y Rígida.	51
Figura 27. Polígonos de Thiessen	54
Figura 29. Aparato manual para límite líquido	60



Figura 30. Análisis Granulométrico por Tamizado.....	63
Figura 31. Curva Granulométrica.....	65
Figura 32. Estatigrafía	85
Figura 33. Realización de excavaciones a cielo abierto.....	86
Figura 34. Lavado de la muestra en el tamiz N° 200	96
Figura 35. Colocación de las muestras en el horno antes del tamizado.....	97
Figura 36. Tamizado para la obtención de la granulometría, realizada en el laboratorio	97
Figura 37. Pesaje de las proporciones obtenidas después del tamizado.....	98
Figura 38. Proceso de mezcla en el recipiente de porcelana	101
Figura 39. División del Suelo.....	102
Figura 40. Muestra de los Golpes.....	103
Figura 41. Registro de los Pesos Obtenidos	104
Figura 42. Mesclado de Muestra	106
Figura 43. Molde de muestra en forma elicoidal	106
Figura 44. El cilindro queda dividido en trozos.....	107
Figura 45. Toma de datos para el contenido de humedad.....	111
Figura 46. Instalación del SPT	115
Figura 47. Proceso de perforación.....	116



CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

El problema en que centra la investigación de la presente tesis, al que se ha denominado: **“ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO”**, abarca solo el casco Monumental del Distrito de Yanaoca, en la cual existe actualmente una tendencia de expansión y de inversión de bienes raíces, que se extiende hacia todas las latitudes del distrito, a esta situación contribuye la carretera asfaltada bicapa **INTEGRACIÓN “KANA” CUSCO-YANAOCA-ESPINAR** que se encuentra atravesando la zona urbana del distrito de Yanaoca donde se ha identificado mayor crecimiento poblacional, esta zona corresponde al sector Urbano del Distrito Yanaoca.

1.1.1 Descripción del problema

La problemática radica en el crecimiento desordenado e inseguro de la zona urbana y de las nuevas áreas de expansión urbana del distrito de Yanaoca, que poseen cimentaciones superficiales inadecuadas, por la falta de asistencia e información técnica sobre la presencia de variedad de suelos de la zona de estudio, que sumado la presencia latente de fenómenos naturales (sísmicos, atmosféricos, licuación de suelos, suelo blando...) y los reportes de daños severos en muchas edificaciones, especialmente de adobe.

En el casco monumental del distrito de Yanaoca no cuenta con una zonificación geotécnica, donde se indique las características y propiedades de los suelos, que se deben adaptar antes de la ejecución de un proyecto.

La construcción de viviendas esta en base a adobe en mayor cantidad, con la presencia de construcciones de concreto que están reemplazando a las construcciones existentes de adobe.



Figura 1. Cambio de Vivienda de Adobe por Concreto
Fuente: Elaboración Propia



Se ubica en el sector urbano del distrito de Yanaoca comprendida en las coordenadas geográficas: Latitud: 14° 13' S, Longitud: 71° 25' W, Altitud de 390 m.s.n.m.



Figura 2. Mapa política de la provincia de canas.
Fuente: INEI



Figura 3. Mapa Geomorfológico del distrito de Yanaoca
Fuente: INEI

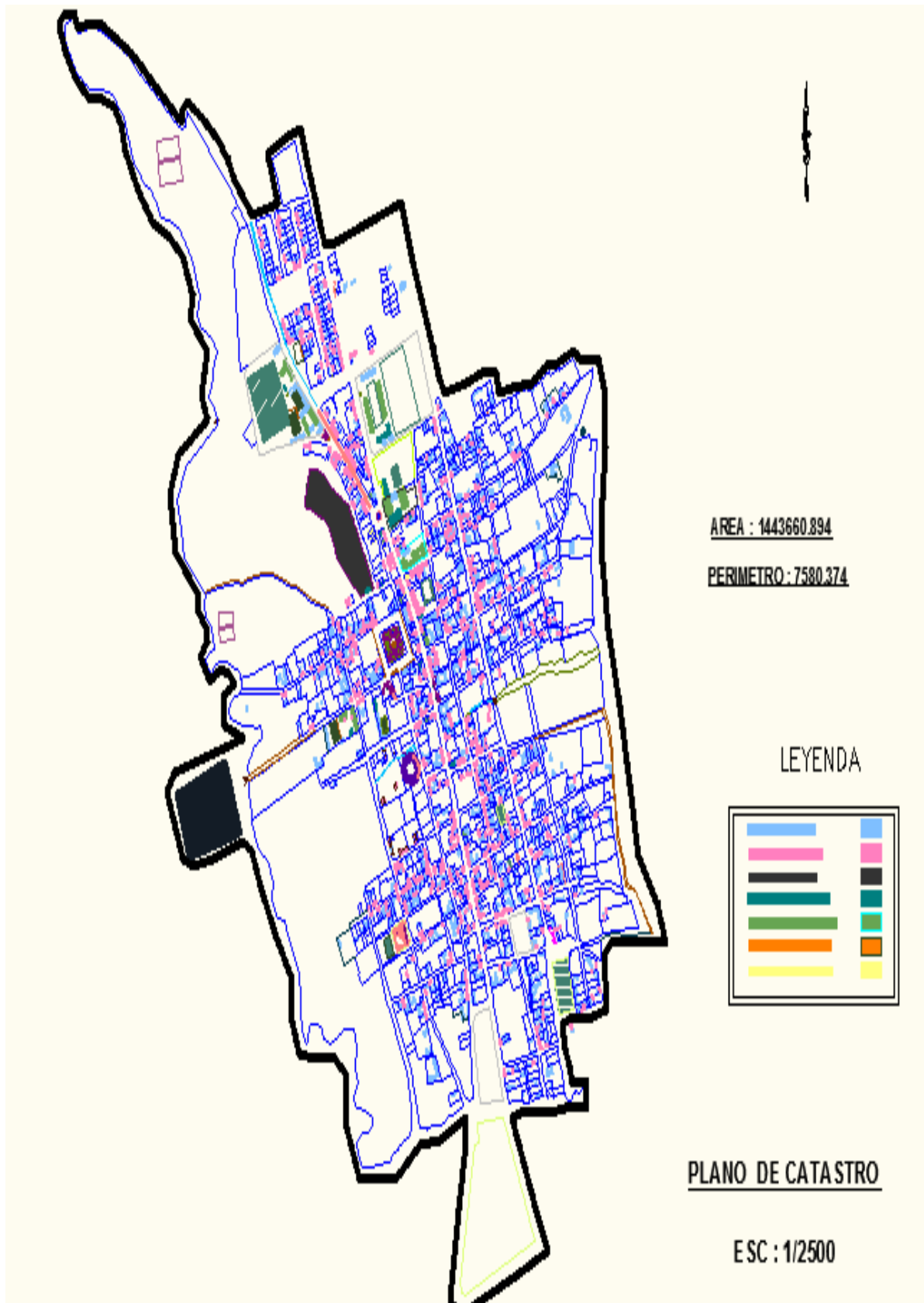


Figura 4. Plano Catastral de Yanaoca
Fuente: Municipalidad Provincial Canas



1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema

1.1.2.1 Formulación Interrogativa del Problema General

¿Cuál será la zonificación geotécnica en función de la clasificación de suelos según el método de SUCS y la capacidad portante del suelo para fines de cimentaciones superficiales en el casco monumental del distrito Yanaoca?

1.1.2.1 Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos

Formulación Interrogativa N°01

¿Cuál es la estratigrafía y características de los suelos estudiados en el casco monumental del distrito de yanaoca de acuerdo a la NTP?

Formulación Interrogativa N°02

¿Cuál es el Estudio de Zonificación Geotécnica para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en el casco monumental del distrito Yanaoca?

Formulación Interrogativa N°03

¿Cuál será la capacidad portante de los diferentes puntos ensayados de acuerdo al RNE E050?

Formulación Interrogativa N°04

¿Cuál será la zonificación del área del casco monumental según los ensayos realizados?

1.2 Justificación e Importancia del problema.

1.2.1 Justificación técnica

Los ensayos de laboratorio tiene el propósito de presentar un mapa de zonificación geotécnica de áreas que presentes similares características geotécnicas del casco monumental del distrito de Yanaoca. Así como también indicar las características del suelo de fundación para fines de cimentación adecuada de estructuras, con el propósito de brindar información geotécnica relevante a las autoridades competentes y se realizara una propuesta de urbanización adecuada a los resultados de este estudio, para que de esa manera puedan restringir el uso suelos de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

1.2.2 Justificación social

Esta investigación será de gran aporte para el casco monumental del distrito de Yanaoca, ya que existe mayor proyección para el crecimiento del distrito, por la gran cantidad de áreas verdes y recurso hídrico que tiene disponibles, sin embargo el crecimiento desordenado e inseguro de estas áreas pone en peligro a los habitantes de este sector.



1.2.3 Justificación por viabilidad

Es viable por tratarse de una investigación netamente a estudios de ensayos de laboratorio y verificaciones en situ con materiales y equipos que nos permitan definir con facilidad la determinación de las características y propiedades del suelo, para efectos de cimentaciones superficiales y tener una estimación del tipo de suelo y su profundidad.

1.2.4 Justificación por relevancia

- La importancia del estudio, está en el aporte que brindará al ser culminado, ya que esta se pondrá en disposición de las autoridades competentes, con el fin de que se tomen medidas preventivas, en zonas que se identifiquen como peligrosas o inhabitables dentro del mapa de zonificación.
- Como resultado de estos estudios se podrá contar con instrumentos técnicos y propuestas que pueden ser tomadas en cuenta, al definir las políticas y prioridades a nivel de Municipalidad y autoridades locales.
- Sin embargo, falta implementar las alternativas propuestas y existen aún muchas zonas de la provincia de canas que no han sido investigadas bajo esta metodología, por lo que, el primer paso es, fomentar los estudios para nuestra localidad.

1.3. Limitación de la investigación.

1.3.1. Limitaciones geográficas

El alcance del estudio de la Tesis fundamentalmente está orientada al casco monumental del distrito de Yanaoca, provincia de Canas, departamento del Cusco, con un área geográfica de 20 Ha, comprendida en las coordenadas geográficas: Latitud: 14° 13' S, Longitud: 71° 25' W, Altitud de 3980 m.s.n.m., Todo el sector urbano del distrito de Yanaoca, está conformado principalmente por tres comunidades: COMUNIDAD DE YANAOCA, COMUNIDAD JILAYHUA y COMUNIDAD DE LAYME.

Una limitación también es el área de la zona de estudio, ya que ésta es una zona urbana que cuenta con viviendas construidas e inaccesibles en algunos sectores.



Figura 5. Plano de Estudio de la Zonificación geotécnica del casco Monumental del Distrito de Yanaoca – Canas
Fuente: Municipalidad distrital de yanaoca



1.3.2. Limitaciones de estudio

La investigación se limita a encontrar las características físico mecánicas de los diversos suelos existentes, la cual está limitada a la información recopilada en Campo, a la cantidad (60 Puntos de investigación) y calidad de exploración de la zona (geología y Geotécnica) y los resultados obtenidos en laboratorio, del casco monumental del distrito.

El estudio se limita a determinar la estratigrafía de los pozos a cielo abierto excavados para la investigación.

La investigación se limita a investigar, analizar y proponer zonas seguras e inseguras para proponer las diferentes características de cimentaciones.

La investigación se limita en el tiempo del trabajado de campo que duro los meses Julio, Agosto y el Trabajo de Gabinete entre agosto y setiembre.

1.4 Objetivo de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

Determinar la zonificación geotécnica en función de la clasificación de suelos según metodo SUCS y la capacidad portante del suelo para fines de cimentaciones superficiales en el casco monumental del distrito Yanaoca?

1.4.2 Objetivos Especificos

Objetivo N°01

Determinar la estratigrafía y características de los suelos estudiados de acuerdo a la NTP.

Objetivo N°02

Determinar los las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en el casco monumental del distrito Yanaoca.

Objetivo N°03

Determinar la capacidad portante de los diferentes puntos de observación de acuerdo al RNE E050).

Objetivo N°04

Determinar la zonificación del área según los ensayos realizados y representar en planos en planta.



CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la tesis o investigación actual.

2.1.1 Antecedentes a Nivel Nacional

En la década del 1980 a 1990 se han realizado diversas Tesis de Grado y Estudios de Riesgo en muchas partes del país tales como: Zonificación geotécnica sísmica de la ciudad de Moquegua (Realizado por el laboratorio geotécnico de CISMID-FIC-UNI), Zonificación Geotécnica Sísmica de 42 distritos de Lima y Callao (Realizado por el laboratorio geotécnico de CISMID-UNI), Estudio de Microzonificación Geotécnica de la ciudad de Pisco (Realizado por el laboratorio geotécnico de CISMID-UNI, con participación del ing. Jorge Alva Hurtado), Estudio de Microzonificación de la ciudad de Ica (Realizado por el Centro Peruano Japones de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, con la participación de los Ing. Jorge Alva Hurtado y Grover Mitma Montes), Microzonificación Geotécnica Sísmica de la ciudad de Arequipa (Realizado por el laboratorio geotécnico de CISMID-UNI).

Una tesis de edición reciente fue realizada en el año 2012, en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna, titulada **“Zonificación Geotécnica para cimentaciones superficiales en la zona urbana del distrito de Mazocruz, el Collao, Dpto. de Puno”**, realizada por el B. Edwin Yhony Tarqui Montalico; esta tesis tiene como objetivos: Establecer un mapa de zonificación, en la localidad de Mazocruz, mediante clasificación SUCS, capacidad portante admisible y asentamiento inmediato de suelo, por consiguiente identificar sectores más o menos habitables, analizar la condición de los suelos para cimentaciones superficiales, proyectar la exploración geotécnica y ensayos de laboratorio requeridos para realizar el diseño de la cimentación de estructuras tales como: hospital, centros educativos, viviendas, reservorios, etc.

2.1.2 Antecedentes a Nivel Internacional

Se cuenta con una tesis realizada en la Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá – Colombia, realizada en el año 2007, por los Bs. Lorena Vanessa Lopez Florez, Fabio Andres Robayo Gonzales y lleva como título **“Zonificación Geotécnica preliminar del casco urbano del Municipio de Barrancabermeja, Santander”**. El sector elegido para la realización de este trabajo presento problemas críticos de carácter geotécnico como consecuencia de actividades humanas no controladas, principalmente prácticas inconvenientes en el uso y el manejo del suelo y falta de un plan de ordenamiento territorial adecuado, según información de la comunidad. Por ello, la prevención en la planificación urbanística en el plan



de ordenamiento 16 territorial de un municipio en crecimiento es esencial, por lo que es conveniente que las entidades competentes de este Municipio utilicen y socialicen los resultados que serán obtenidos de este proyecto y en términos específicos, las zonas que serán delimitadas en la zonificación geotécnica que se obtuvo en el informe final.

2.2 Aspectos Teóricos Pertinentes

Grado de pérdida: Significa las consecuencias negativas que pueden producirse debido a la ocurrencia de un fenómeno natural (Propuesta por un grupo de expertos de la UNDRO – Organización de las Naciones Unidas para la prevención de desastres).

Elementos en riesgo: Son la población, edificios, obras públicas, actividades económicas, servicios públicos, utilidades, infraestructura, etc; susceptibles de ser afectados por un fenómeno natural en un área determinada (Propuesta por un grupo de expertos de la UNDRO).

Peligrosidad natural: Significa la probabilidad de ocurrencia, dentro de un período específico de tiempo y dentro de un área dada, de un fenómeno natural potencialmente dañino (Decenio Internacional para la reducción de los desastres naturales y el Perú).

Vulnerabilidad: Significa el grado de pérdida de un elemento en riesgo o de un conjunto de tales elementos resultante de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada. Se tienen diferentes tipos de vulnerabilidad tales como: vulnerabilidad estructural, vulnerabilidad geotécnica, vulnerabilidad sísmica, vulnerabilidad no estructural, vulnerabilidad funcional, entre otros (Decenio Internacional para la reducción de los desastres naturales y el Perú).

Riesgo específico: Es la probabilidad esperada de pérdidas debidas a un fenómeno natural expresado como una función de la peligrosidad y de la vulnerabilidad (Decenio Internacional para la reducción de los desastres naturales y el Perú).

Riesgo: Es el grado esperado de pérdidas debidas a un fenómeno natural expresado como una función del riesgo específico y del valor de los elementos en riesgo (Decenio Internacional para la reducción de los desastres naturales y el Perú).

$$\text{RIESGO} = \text{PELIGRO} * \text{VULNERABILIDAD}$$

2.2.1. Peligro Geológico Estructural

Los fenómenos de la geodinámica interna que se manifiestan en la corteza terrestre en forma de Plegamientos, Fallas y Contactos producen discontinuidades en el material rocoso por



efecto mecánico, químico o térmico presentando sectores de material de baja resistencia y, en el caso de fallas activas, zonas donde pueden producirse desplazamientos relativos (fallas sísmo tectónicas) que originan algunos de los sismos de características más perjudiciales en la región (Ing. Benavente V. e Ing. Fernández B.).

2.2.2. Peligro Geotécnico

Corresponde al riesgo que representan los suelos de baja calidad a la ocupación urbana y obras complementarias. El fenómeno que más frecuentemente produce daños es el de asentamientos ocasionados por falla del suelos bajo las presiones de la cimentación y la presencia de suelos orgánicos, no se tiene referencia de suelos expansivos, colapsables o licuables en la zona del Cusco (Ing. Benavente V. e Ing. Fernández B.).

2.2.3. Prevención

Para reducir los riesgos de desastres es necesario tomar en cuenta dos factores importantes: las amenazas y la vulnerabilidad de la zona, ya que éstos son elementos básicos para la condición de riesgo. Sin embargo, no debemos olvidar que para la reducción de los riesgos de desastres, también es importante tomar en cuenta las capacidades de la población, para enfrentar estas situaciones adversas.

Las principales amenazas en el país están relacionadas con la ocurrencia de sismos, huaycos, inundaciones, aluviones, sequías y heladas; en menor grado las erupciones volcánicas y tsunamis.

No obstante, estas amenazas no son las mismas en cada región; por ejemplo, los sismos son más frecuentes en la costa central y sur, las inundaciones en la costa, las heladas y sequías en la sierra, y las inundaciones y deslizamientos en la selva.

2.2.4. Zonificación

2.2.4.1. Concepto

La zonificación geotécnica es la subdivisión de un territorio en áreas que aproximadamente tienen el mismo tipo y distribución espacial de materiales, cuyas propiedades de resistencia y deformación son similares y que por ende tendrían un comportamiento mecánico semejante ante un mismo tipo de sollicitación, como puede ser por ejemplo, el peso de una edificación o un sismo por su parte, el proceso que conduce a este tipo de zonificaciones incluye un componente empírico y subjetivo, ya que subdividir un área requiere el ingenio para escoger los factores más relevantes en el acto de clasificar y encontrar las relaciones ocultas entre estos factores, se debe establecer unos procedimientos claros, matemáticos y repetibles para



hacer la síntesis de los factores y obtener unos resultados que sean una aproximación adecuada de la realidad.

La zonificación geotécnica se basa en la clasificación de unidades geotécnicamente homogéneas, que pueden abarcar diferentes edades geológicas, a su vez, estas pueden dividirse en sub unidades según sus características físicas y propiedades mecánicas, con fines a la planificación y uso del territorio; además de aportar datos sobre las características del suelo y sub- suelo de una determinada zona para evaluar su comportamiento y prever los problemas Geológicos y Geotécnicos

La zonificación es un método de planeamiento urbano y rural, para la mitigación y prevención de desastres. Este método viene siendo utilizado en nuestro país y en muchos otros desde hace más de 15 años y viene siendo aplicado en distintas zonas de peligro (Decenio Internacional para la reducción de los desastres naturales y el Perú).

En nuestro país ya se ha aplicado anteriormente esta metodología con éxito en zonas afectadas por desastres geosísmicos como Ica, Moquegua, Ventanilla, entre otros.

Es un método esencialmente práctico, destinado a reducir los efectos, que puedan causar eventos; tanto de geodinámica interna como externa. Debería ser considerado como una herramienta de primer orden para todo proceso de rehabilitación, reconstrucción o reubicación de poblaciones.

Todo proyecto que contemple áreas destinadas para construcción de viviendas u otras infraestructuras, debe contener un conocimiento general de la realidad de los tipos de suelo que se encuentran en el subsuelo. Al punto de establecer una zonificación del terreno y de ser el caso, restringir la construcción de determinadas estructuras especiales, en zonas con suelos de bajas características o de condiciones especiales (Microzonificación contra desastres en el Perú).

2.2.4.2. Principios Básicos

La zonificación es un estudio multidisciplinario del entorno, identificando los diferentes peligros, de origen natural como humano a que están expuestas las poblaciones y las obras civiles. En la zonificación geotécnica se propone el establecimiento de zonas con características similares en cuanto a la estratigrafía, propiedades mecánicas de los suelos y condiciones de cimentación existentes (Microzonificación contra desastres en el Perú).

2.2.4.3. El Método.

Se necesita como base el plano topográfico del sector en estudio, incluyendo las zonas de posible expansión urbana. Se debe tratar de recopilar la mayor cantidad de información



disponible referida a estudios puntuales de mecánica de suelos con fines de cimentación, estudios geotécnicos de obras de importancia, entre otros; que se hayan realizado en el pasado dentro del sector en estudio. Con estos antecedentes, se diseña el programa de exploración de campo, dependiendo de los tipos de suelos existentes, incluirá: perforaciones, calicatas, ensayos de penetración estándar, ensayos de veleta, ensayos de carga, extracción de muestras alteradas e inalteradas (Microzonificación contra desastres en el Perú).

Los mapas relativos a esta zonificación deberán ser tratados no solo “bidimensionalmente” sino también en profundidad, presentando cortes del sector y presentando perfiles de los sondajes realizados e indicando la variación de las propiedades investigadas en cada uno de los estratos (Microzonificación contra desastres en el Perú).

La posición del nivel freático será de interés por cuanto su presencia cercana o alejada del nivel superficial del terreno incidirá en la respuesta sísmica del suelo. De existir suelos licuables, también se identifican los sitios donde puedan hallarse, colapsables o expansivos, proponiendo los rangos de capacidad portante para ciertas profundidades y los tipos de cimentación recomendados, de acuerdo a las edificaciones existentes en la ciudad donde se encuentra nuestro sector en estudio (Microzonificación contra desastres en el Perú)

2.2.4.4. Importancia

La investigación geotécnica permitirá conocer los diferentes estratos de suelo con sus distintas características, destacando de ser el caso zonas con presencia de agua, estableciendo una zonificación en toda el área a nivel de estrato, con valores de capacidad de carga del suelo de fundación, obteniendo una estimación del tipo de cimentación y su profundidad, según la zona en la que se proyecte la vivienda.

La razón de realizar un estudio de suelos preliminar, permite conocer las zonas más idóneas para la construcción, con valores destacados de capacidad de carga del suelo y permite descartar zonas específicas con suelos de pobres características y en su defecto asignarlos para áreas verdes o espacios recreacionales, en vista que en zonas de parques no se requiere valores importantes de capacidad de carga del suelo (Decenio Internacional para la reducción de los desastres naturales (DIRDN) y el Perú exp. José E. Alva Hurtado).

A más de ello, es importante que se distingan de ser el caso las zonas más vulnerables del terreno, principalmente en zona de taludes a fin de descartar posibles deslizamientos en masa que pongan en riesgo las viviendas. Naturalmente se debe incluir la ubicación de taludes con la topografía real del terreno. O en el caso más crítico es preferible no construir viviendas en zonas de laderas o taludes muy pronunciados, por el riesgo marcado que representa.



Naturalmente este estudio es general y se limita a determinar características del suelo de fundación, para definir si pueden ser urbanizadas de forma segura. Más adelante durante la construcción de cada vivienda se debe realizar un análisis más específico a fin de garantizar la estabilidad de la estructura (Decenio Internacional para la reducción de los desastres naturales (DIRDN) y el Perú, exp. José E. Alva Hurtado).

El estudio geotécnico previo a la construcción de una urbanización es fundamental y a más de lo expuesto anteriormente, se convertirá en una herramienta de apoyo para los diseños del resto de ingenierías: vial, hidráulica, sanitaria, estructural, etc. Y particularmente esta zonificación preliminar en el futuro debe ser complementada, con un estudio geotécnico a detalle a fin de conocer a precisión la realidad del subsuelo para efectos de cimentación segura de cada edificación. Puesto que la información geotécnica obtenida es indispensable para el diseño estructural sismo-resistente de cada estructura (José E. Alva Hurtado).

2.2.5. Clasificación de Suelos

Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada. Actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos. Estos son el sistema de clasificación AASHTO y el sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). El sistema AASHTO lo usan principalmente en caminos y carreteras, mientras que los ingenieros geotécnicos usualmente prefieren el Sistema Unificado (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).

2.2.5.1. Sistema de Clasificación AASHTO

Este sistema de clasificación fue desarrollado en 1929 como el Public Road Administration Classification System (Sistema De Clasificación de la Oficina de Caminos Públicos). Ha sufrido varias revisiones, con la versión actual propuesta por el Comité para la Clasificación de Materiales para Subrasantes y Caminos del Consejo de Investigaciones de Carreteras en 1945. El sistema de clasificación AASHTO actualmente en uso, se muestra en la tablas 1,2 De acuerdo con este, el suelo se clasifica en siete grupos mayores: A-1 al A-7 (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).

Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2, A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por la criba N° 200. Los suelos de los que más del 35% pasan



por la criba N° 200 son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6, A-7. La mayoría están formados materiales tipo limo y arcilla (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).

Tabla 1. Clasificación de Suelos Método AASHTO (Material Granular)

Clasificación general	Material Granular (35%o menos del total pasa No.200)						
Grupo de clasificación	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamices (porcentaje que pasa)							
No.10	50max						
No.40	30max	50max	50min				
No200	15max	25max	10max	35max	35max	35max	35max
características de la fracción que pasa No.40							
limite liquido				40max.	41min	40max.	41min.
Índice de plasticidad	6 max.		NP	10max.	10max.	11min.	11min.
Tipos usuales de materiales que consta	fragmento petreos, grava y arena		arena fina	Limo o gravas arcillosas y arena			
Valoración general del subgrupo	Excelente a bueno						

Fuente: Mecánica de suelos - Braja m. das, 1998

Tabla 2. Clasificación de suelos método AASHTO (material limo-arcilloso)

Clasificación general	Material Limo - arcilloso (mas del 35% del total pasa No.200)			
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7
				A-7-5 (a) A-7-6 (b)
análisis de tamices (porcentaje que pasa)				
No.10				
No.40				
No200	36min	35min	35min	35min
características de la fracción que pasa No.40				
limite liquido	40max.	41min	40max.	41min.
Índice de plasticidad	10max.	10max.	11min.	11min.
Tipos usuales de materiales que consta	Suelos limosos		Suelos arcillosos	



(a) para A-7-5, $IP \leq LL - 30$

(b) para A-7-6, $IP \geq LL - 30$

Fuente: Mecánica de suelos - Braja m. das, 1998

2.2.5.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Este sistema fue propuesto por Arturo Casagrande como una modificación y adaptación más general a su sistema de clasificación propuesto en el año 1942 para aeropuertos. Esta clasificación divide los suelos en:

Suelos de grano grueso.

Suelos de grano fino.

Suelos orgánicos.

Los suelos de granos grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz No. 200 (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).

Los suelos gruesos corresponden a los retenidos en dicho tamiz y los finos a los que lo pasan, de esta forma se considera que un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz No. 200 y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz. Los suelos se designan por símbolos de grupo. El símbolo de cada grupo consta de un prefijo y un sufijo. Los prefijos son las iniciales de los nombres en inglés de los seis principales tipos de suelos (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turbas), mientras que los sufijos indican subdivisiones en dichos grupos (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).

2.2.5.2.1. Suelos Gruesos

Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz No. 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz No. 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).

2.2.5.2.2. Suelos Finos

El sistema unificado considera los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas © y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es $LI = 50\%$. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (lo compresibilidad). Si es mayor de 50 se añade la letra H (higa compresibilidad). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:



Tabla 3. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES		
Suelos de grano grueso (mas del 50 % del material es mayor en tamaño que el tamiz No 200)	Gravas (mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	Gravas Limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningún fino	Cu > 4 1 < Cc < 3	
			GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradacion para GW	
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla grava- arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o Ip < 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezcla gravo-areno-arcillosas	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó Ip > 7	
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)	Arenas Limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	Cu > 6 1 < Cc < 3	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradacion para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A ó Ip < 4	Si el material está en la zona sombreada con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó Ip > 7	

Fuente: Mecánica de suelos - Braja m. das. 1998

ML: Limos Inorgánicos de baja compresibilidad. OL: Limos y arcillas orgánicas.

CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad. CH. Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad. MH: Limos inorgánicos de alta compresibilidad. OH: arcillas y limos orgánicas de alta compresibilidad (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).



Tabla 4. Sistema unificado de clasificación de suelos (suelo fino)

Suelos de grano fino (mas del 50 % del material pasa el tamiz No 200	limos y arcillas (Límite líquido $w_l < 50$)	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1, Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2, Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Mas del 12 % - GM, GC, SM, SC De 5 a 12 % - casos frontera que requieren doble símbolo
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.	
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
	limos y arcillas (Límite líquido $w_l > 50$)	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos.	
		CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos	
	Suelos Altamente orgánicos	Pt	Turba o otros suelos altamente orgánicos	

Fuente: Mecánica de suelos - Braja m. das.

Fracción Gruesa (FG)= 100% menos lo que pasa el tamiz No. 200.

Para que el suelo sea una grava debe cumplirse lo siguiente: Retiene el tamiz No. 4 $> \frac{1}{2}$ FG

Retiene el tamiz No. 4: 100 menos lo que pasa el tamiz No. 4

Para que el suelo sea una arena debe cumplirse lo siguiente: Retiene el tamiz No. 4 $< \frac{1}{2}$ FG

Las gravas con 5 a 12% de finos requieren el uso de símbolos dobles: GW-GM grava bien graduada con limo; GW-GC grava bien graduada con arcilla; GP-GM grava mal graduada con limo; GP-GC grava mal graduada con arcilla.

Las arenas con 5 a 12% de finos requieren el uso de símbolos dobles: SW-SM arenas bien graduada con limo; SW-SC arenas bien graduada con arcilla; SP-SM arena mal graduada con limo; SP-SC arena mal graduada con arcilla.



$C_u = D_{60}/D_{10}$ $C_c = D_{30}^2/D_{60} \cdot D_{10}$. C_u : Coeficiente de uniformidad. C_c : Coeficiente de curvatura.

Si los límites de Atterberg se sitúan en el área sombreada de la carta de plasticidad, el suelo es una arcilla limosa CL-ML.

Si el suelo contiene $\geq 15\%$ de arena, añade “con arena” al nombre del grupo.

Si el suelo contiene $\geq 15\%$ de grava añade “con grava” al nombre del grupo.

Si el suelo contiene 15 a 29% mayor de la malla No. 200 añade “con arena” o “con grava”, el que sea predominante.

Si el suelo contiene $\geq 30\%$ mayor de la malla No. 200, predominantemente arena, añade “arenoso” al nombre del grupo.

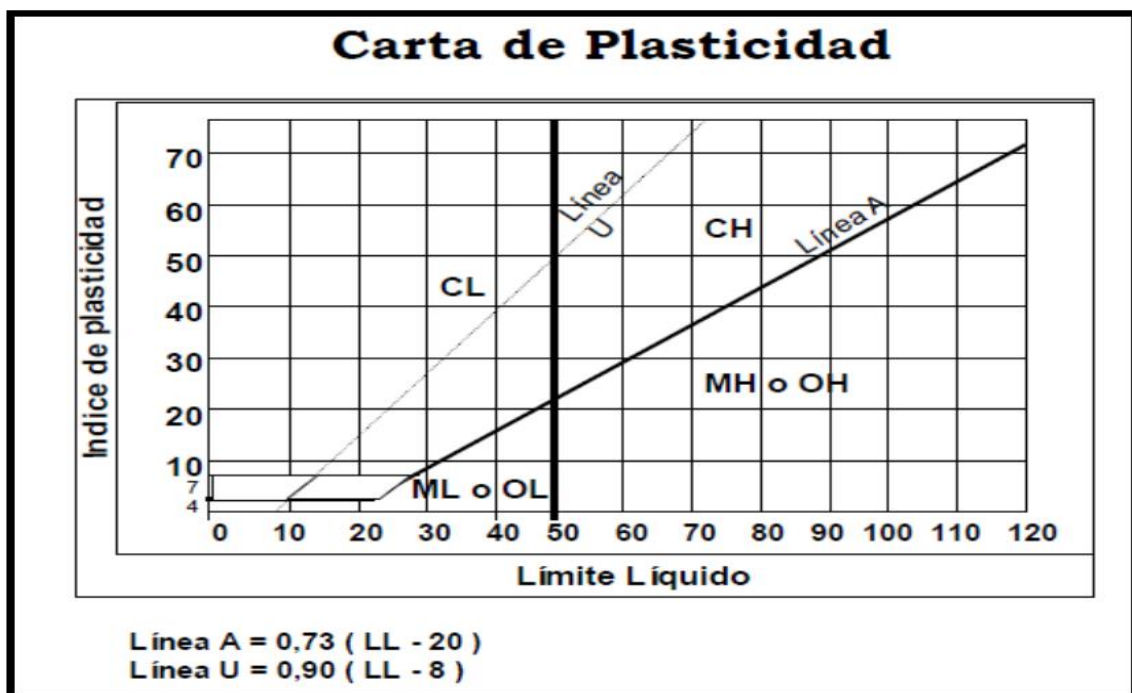


Figura 6.Límites de Atterberg

Fuente: Mecánica de suelos - Braja m. das. 1998

Si el suelo contiene $\geq 30\%$ mayor de la malla No. 200, predominantemente grava, añade “gravoso” al nombre del grupo (Mecánica de Suelos – Braja M. Das).



2.2.6. Resistencia Cortante del Suelo

La resistencia cortante de una masa de suelo es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano. La naturaleza de la resistencia cortante sirve para analizar los problemas de la estabilidad del suelo, tales como la capacidad de carga, estabilidad de taludes, y la presión lateral sobre estructuras de retención de tierras.

2.2.6.1. Ecuación de Falla de Coulomb

Coulomb observó que si el empuje de un suelo contra un muro produce un desplazamiento en el muro, en el suelo retenido se forma un plano recto de deslizamiento. Él postuló que la máxima resistencia al corte, T_f , en el plano de falla, está dada por:

Resistencia al corte (ec. 1)

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

Dónde:

σ = Es el esfuerzo normal total en el plano de falla.

ϕ = Es el ángulo de fricción del suelo (por ejemplo, arena)

c = Es la cohesión del suelo (por ejemplo, arcilla).

Esta es una relación empírica y se basa en la ley de fricción de amonton para el deslizamiento de dos superficies planas, con la inclusión de un término de cohesión c para incluir la Stiction propia del suelo arcilloso. En los materiales granulares, $c = 0$ y por lo tanto:

Suelo granular (ec. 2)

$$\tau_f = \sigma \tan \phi$$

Contrariamente, en suelos puramente cohesivos, $\phi = 0$, luego:

Suelo cohesivo puro (ec. 3)

$$\tau_f = c$$

Pero la ecuación (2) no condujo siempre a resultados satisfactorios, hasta que TERZAGUI publica su expresión $\sigma = \sigma' + U$ con el principio de los esfuerzos efectivos (el agua no tiene cortante). Entonces:

Esfuerzos efectivos (ec. 4)

$$\tau_f = c' + \sigma' \tan \phi'$$



Puesto que la resistencia al cortante depende de los esfuerzos efectivos, en el suelo los análisis deben hacerse en esos términos, involucrando c' y ϕ' , cuyos valores se obtienen del ENSAYO DE CORTE DIRECTO. Aplicando al suelo una fuerza normal, se puede proceder a cizallarlo con una fuerza cortante. El movimiento vertical de la muestra se lee colocando un deformímetro en el bastidor superior. El molde no permite control de drenaje, que en el terreno pueden fallar en condiciones de humedad diversas (condición saturada no drenada, parcialmente drenadas o totalmente drenadas), para reproducir las condiciones de campo se programa la velocidad de aplicación de las cargas. En arenas, como el drenaje es libre, el ensayo se considera drenado. Para arcillas, la incertidumbre queda, por lo que se recurre al TRIAXIAL (Mecánica de Suelos – E. J. Badillo).

2.2.6.2. Criterio de Falla de Mohr – Coulomb

Mohr presentó una teoría sobre la ruptura de los materiales. Esta teoría afirma que un material falla debido a una combinación crítica de esfuerzo normal y esfuerzo cortante, y no solo por la presencia de un esfuerzo máximo normal o bien de un esfuerzo máximo cortante. El criterio de falla Mohr - Coulomb nos permite utilizar los resultados de laboratorio (c' y ϕ') en el análisis geotécnico. Este análisis puede hacerse en términos de esfuerzos efectivos o totales (Mecánica de Suelos – E. J. Badillo).

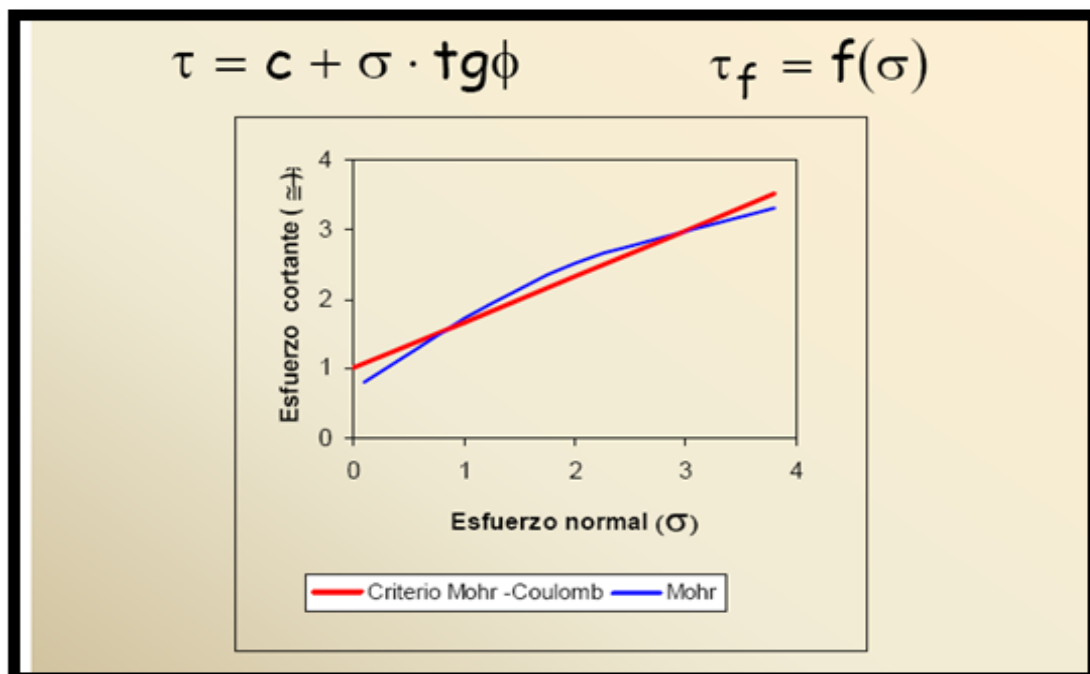


Figura 7. Criterio de Falla de Mohr – Coulomb
Fuente: Mecánica de Suelos E.J. Badillo Tomo I

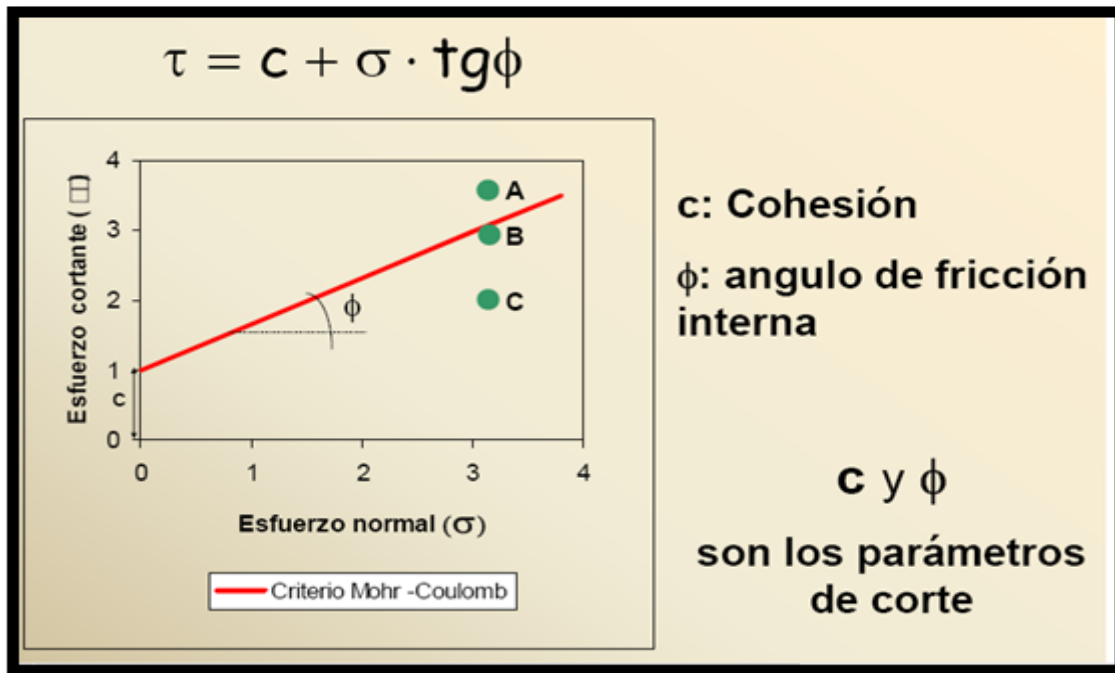


Figura 8. Criterios de Falla de Mohr – Coulomb, Ángulo de fricción interna
Fuente: Mecánica de Suelos E.J. Badillo Tomo I

El significado de la envolvente de falla se explica cómo sigue: si el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante sobre un plano en una masa de suelo son tales que son representados por el punto C en la figura, entonces no ocurrirá una falla cortante a lo largo de ese plano. Si el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante son representados por el punto B (que se encuentra sobre la envolvente de falla), entonces ocurrirá una falla cortante a lo largo de ese plano, un estado de esfuerzo representado por el punto A no existe porque este queda arriba de la envolvente de falla y la falla cortante ya habría ocurrido en el suelo (Mecánica de Suelos – E. J. Badillo).

2.2.7. Ensayos de Suelos Insitu

2.2.7.1. Ensayo de Penetración Dinámica Continuo

Consiste en contabilizar el número de golpes N necesarios para hincar tramos de varillaje de 10 o 20 cm (N10, N20, respectivamente). Los golpes son dados por una maza de peso conocido que cae libremente desde una altura fija (Laboratorio GEOTEST).

En el extremo inferior del varillaje se coloca una puntaza de mayor diámetro con el fin de reducir el rozamiento parásito por fuste y facilitar su extracción, ya que la puntaza queda perdida en el interior del suelo al finalizar el ensayo (Laboratorio GEOTEST).

El parámetro N permite calcular la resistencia a la penetración dinámica por punta y se correlaciona con los parámetros geomecánicos en suelos granulares, obteniendo una columna



continua de resistencia del suelo. En los terrenos cohesivos, las correlaciones deben considerarse orientativas.

La realización del ensayo se suspende cuando se superan los 50 golpes para el tramo de lectura (Laboratorio GEOTEST).

Los resultados se presentan en forma de gráficas en los que se traza el golpeo N vs. Profundidad, indicando en cada caso el tipo de penetrómetro utilizado (Laboratorio GEOTEST).



Figura 9. Ensayo Incito con PDC ligero

Fuente: GEOTEST

2.2.7.2. Descripción de los Equipos.

Existen varios tipos de Penetrómetros dinámicos entre los cuales tenemos:

2.2.7.2.1. Penetrosonda Mixta MENHIR 100 KN

Que es montado sobre remolque con una maza de 63,5 kg y altura de caída variable y regulable mediante sensores electromagnéticos, que cumple con los requerimientos de la Norma UNE 103-801-94 (Laboratorio GEOTEST).

2.2.7.2.2. Penetrómetro Tecoinsa PDP 2000P

Que es montado sobre orugas y es ideal para sitios de poca accesibilidad (Laboratorio GEOTEST).

2.2.7.2.3. Penetrómetro Dinámico de Cono

El Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC) mide la penetración dinámica por golpes, a través del terreno natural o suelo fundación, levemente cementados. Es un método no destructivo



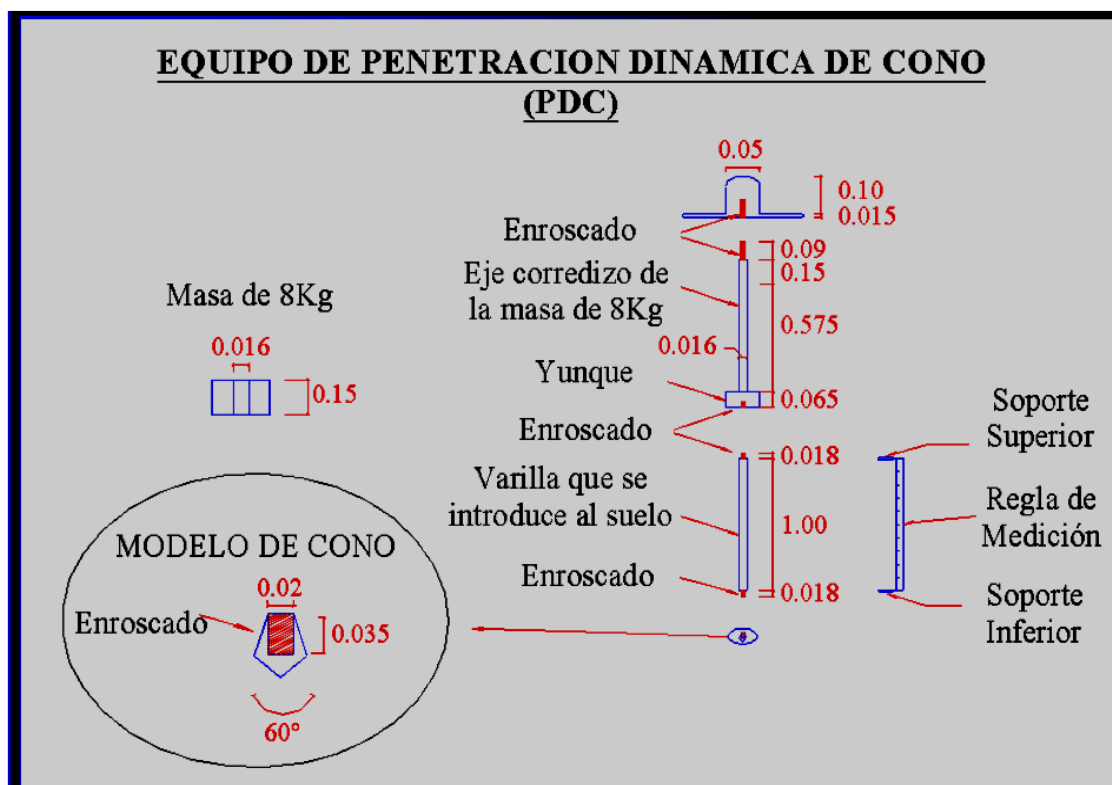
capaz de medir la capacidad estructural in situ del suelo de fundación (Laboratorio GEOTEST).

El equipo puede ser utilizado en: Identificación de tramos homogéneos, control de la construcción de las distintas capas de pavimento y determinación de la eficiencia de equipos de compactación, evaluación de un suelo colapsable, estabilidad de taludes entre otros (Laboratorio GEOTEST).

El modelo consta de una varilla de acero de penetración de 16mm. de diámetro, en su extremo inferior un cono de acero templado de 60 grados y 20mm de diámetro (Laboratorio GEOTEST).

El PDC es introducido en el suelo por un martillo deslizante de 8Kg que cae desde una altura de 575mm (Laboratorio GEOTEST).

Para realizar las lecturas posee una regla de medición sujeta al instrumento por dos soportes, un soporte superior unido al yunque que sirve de referencia para las lecturas y un soporte inferior fijo a la regla y unido a la barra de penetración (Laboratorio GEOTEST).



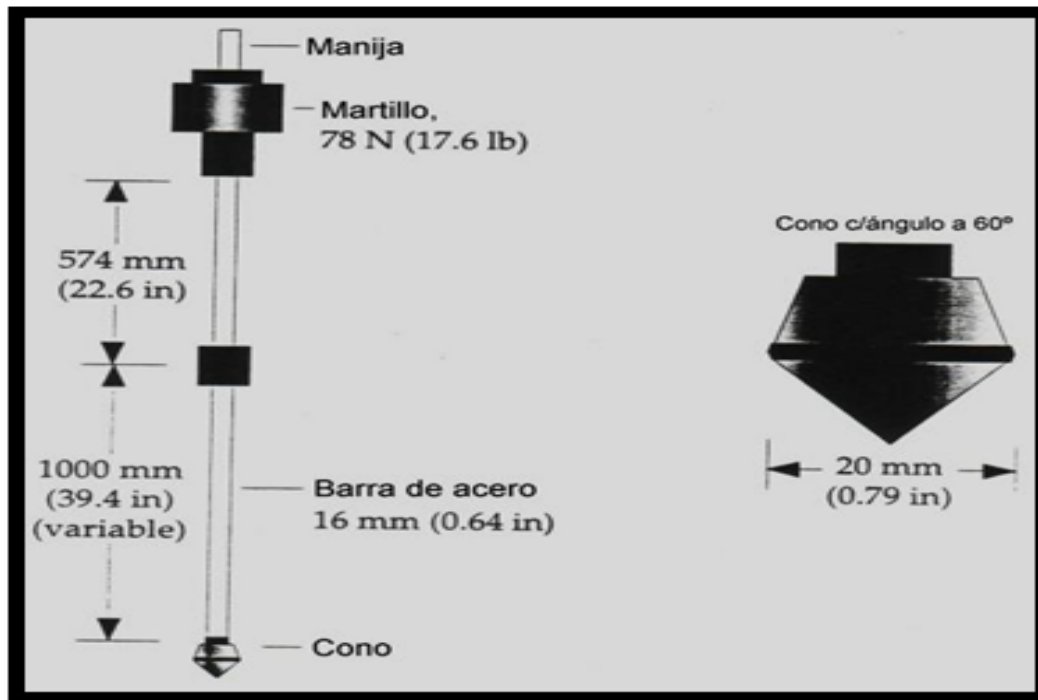


Figura 10. Equipo de Penetración Dinámica de Cono

Fuente: XI Congreso Ibero-Latinoamericano Del Asfalto

2.2.7.3. Ventajas y Aplicaciones

Determinación del perfil resistente del terreno.

Densidad Relativa y Angulo de rozamiento interno en suelos granulares.

Capacidad portante de cimentaciones superficiales y profundas.

Cálculo de asentos por métodos empíricos.

Control de calidad de tratamientos del terreno (Laboratorio GEOTEST).

FORMAS DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO PDC

2.2.7.4. Número de Golpes vs Profundidad:

Cada capa homogénea de suelo da lugar a una recta cuya pendiente recibe el nombre de índice de penetración o número PDC, indicando una medida de su resistencia

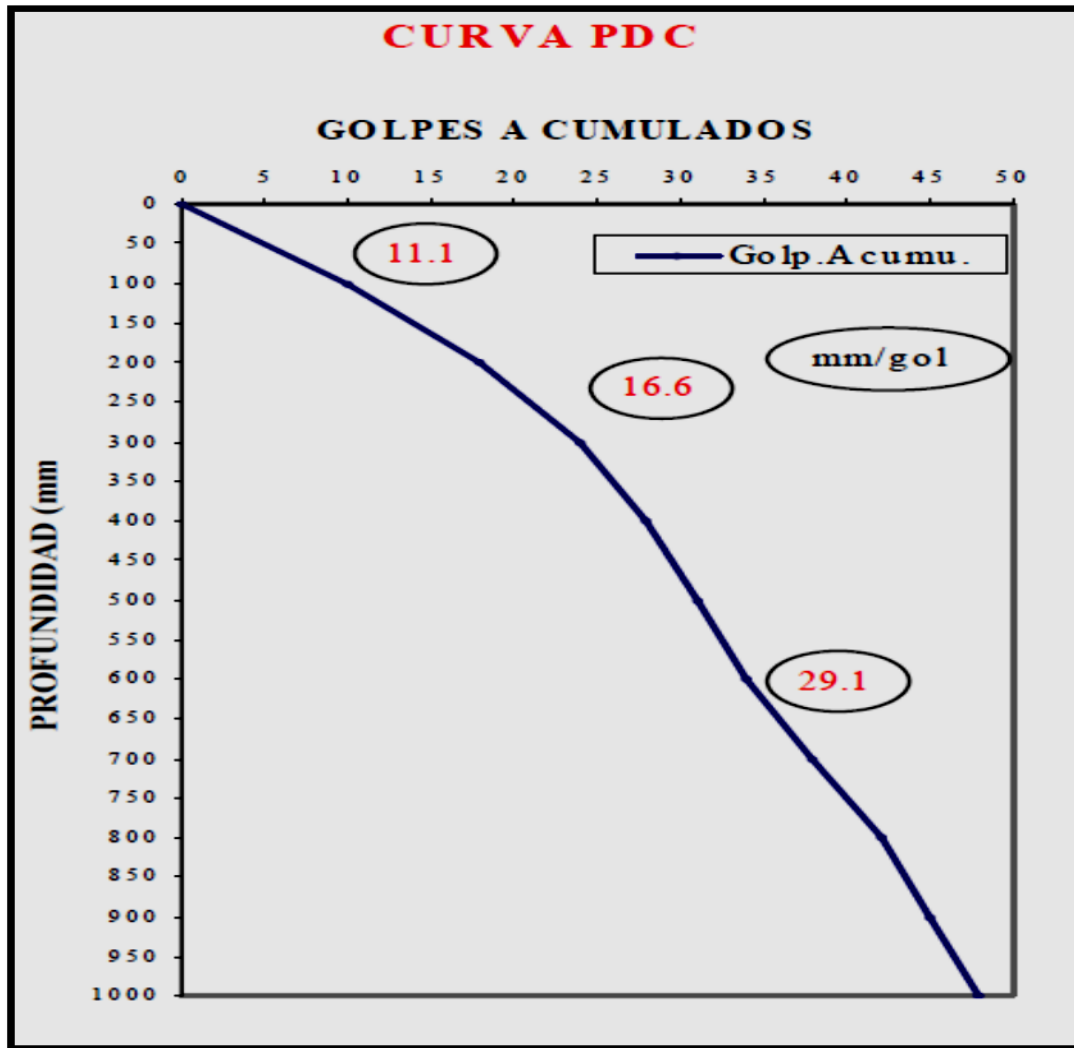


Figura 11. Números de Golpes vs Profundidad

Fuente: XI Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto

2.2.7.4.1. Diagrama Estructural

Relaciona el número de PDC con la profundidad. La constancia en dicho número implica uniformidad en el (XI Congreso Ibero-Latinoamericano del asfalto - Ing. Carlos A. Tupia Córdova y Dr. Ing. Jorge Alva Hurtado).

Y su variación indica modificaciones en las características de humedad, densidad o bien un cambio de estrato de (XI Congreso Ibero-Latinoamericano del asfalto - Ing. Carlos A. Tupia Córdova y Dr. Ing. Jorge Alva Hurtado).

Este tipo de evaluación nos puede mostrar el cambio que puede adoptar un suelo cuando se estabiliza o la sectorización del tramo en estudio. Si se presentara el caso de variaciones continuas se traza una recta vertical, de tal manera se mantenga el promedio en el espesor de una capa (XI Congreso Ibero-Latinoamericano del asfalto - Ing. Carlos A. Tupia Córdova y Dr. Ing. Jorge Alva Hurtado).

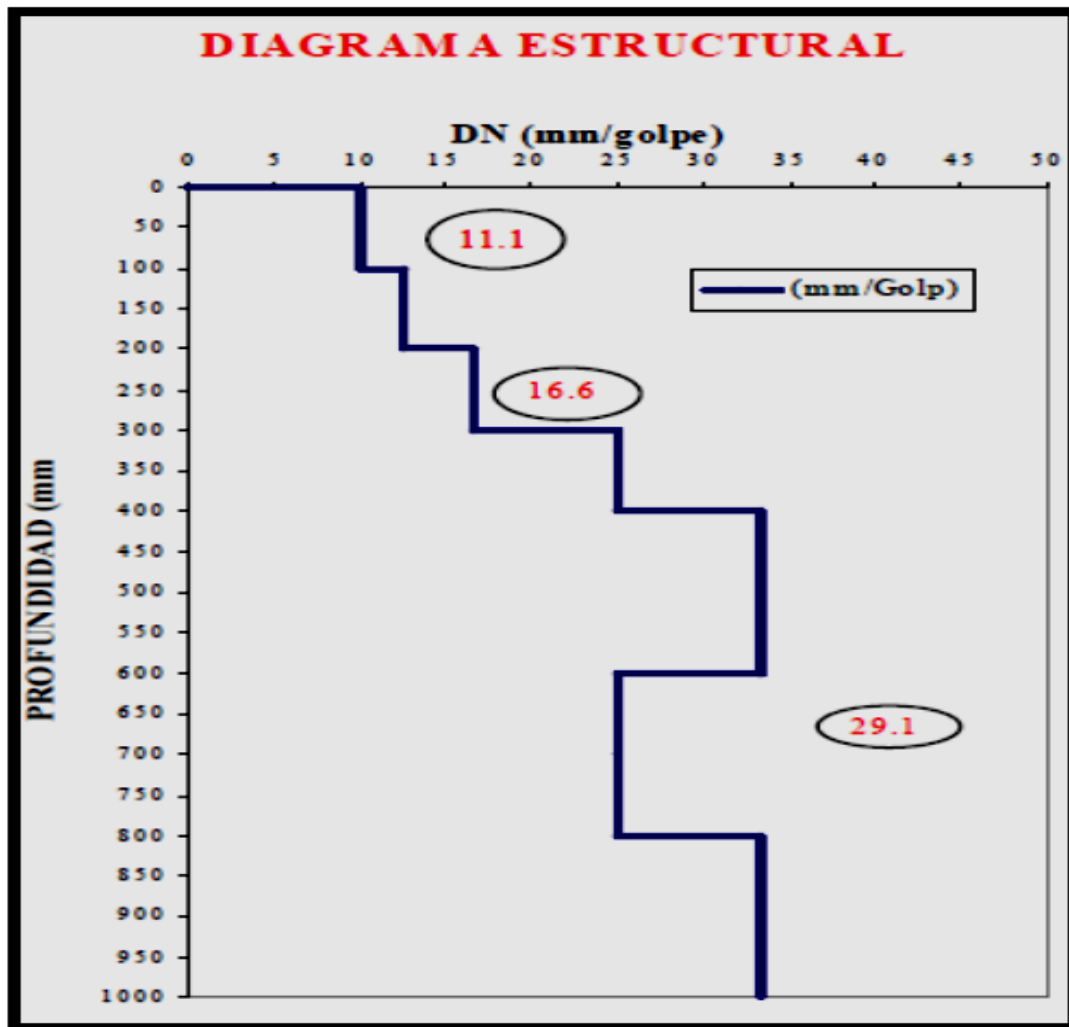


Figura 12.Elaboraciones del Diagrama Estructural

Fuente: XI Congreso Ibero-Latinoamericano Del Asfalto

2.2.7.4.2. Curva de balance estructural

Relaciona el porcentaje de golpes requeridos para penetrar cierta profundidad, respecto del número total de golpes necesario para penetrar la profundidad evaluada (XI Congreso Ibero-Latinoamericano del asfalto - Ing. Carlos A. Tupia Córdova y Dr. Ing. Jorge Alva Hurtado).

Normalmente la capacidad de soporte de un pavimento decrece con la profundidad y si dicha disminución es uniforme se considera que el pavimento se encuentra estructuralmente equilibrado (XI Congreso Ibero-Latinoamericano del asfalto - Ing. Carlos A. Tupia Córdova y Dr. Ing. Jorge Alva Hurtado).

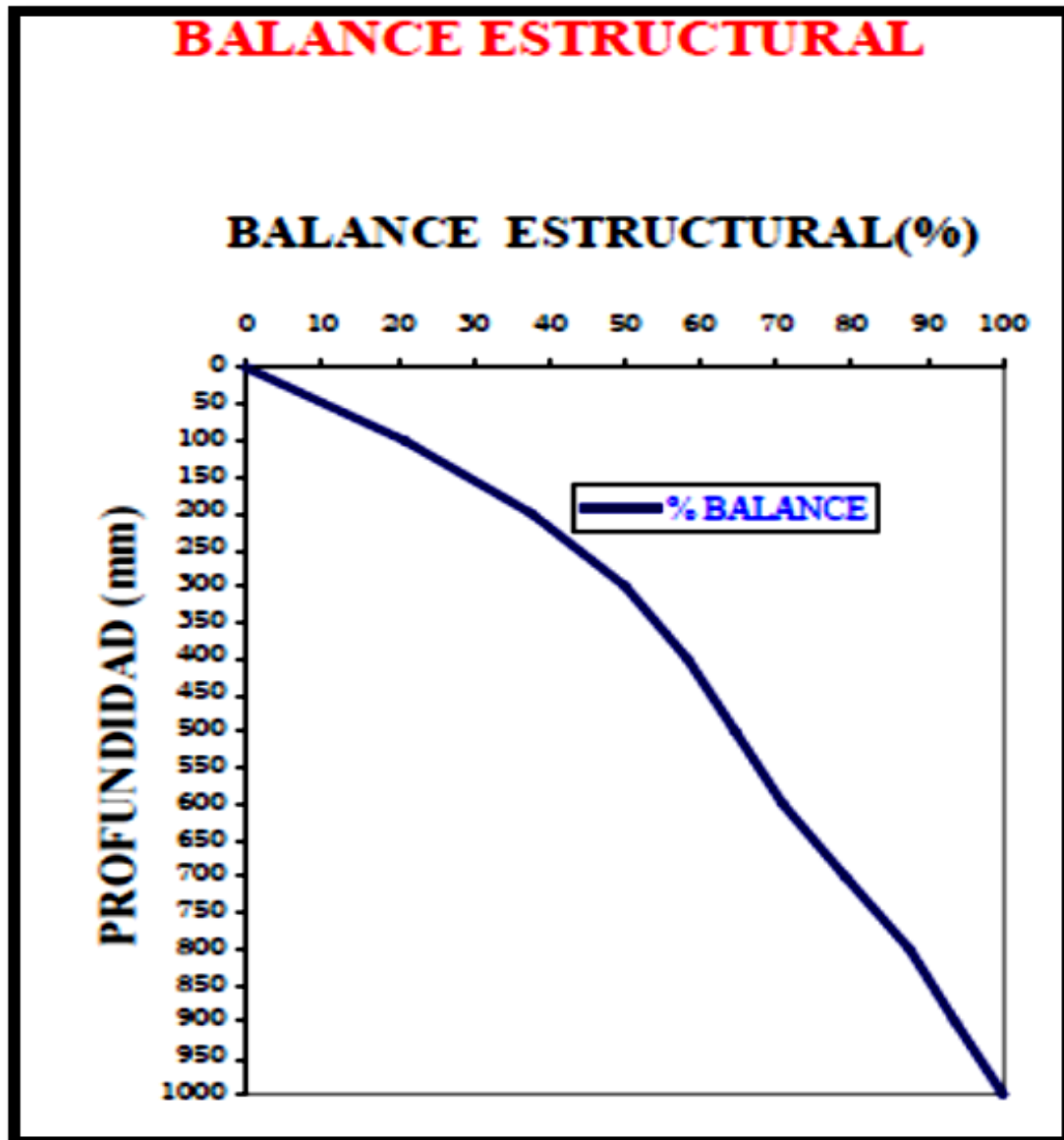


Figura 13. Curva de Balance Estructural

Fuente: XI Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto

2.2.7.5. Ensayo de penetración estándar

El ensayo de penetración estándar o SPT (del inglés *standard penetration test*), es un tipo de prueba de penetración dinámica, empleada para ensayar terrenos en los que se quiere realizar un reconocimiento geotécnico. Constituye el ensayo o prueba más utilizada en la realización de sondeos y se realiza en el fondo de la perforación (Construmática, Ensayo de Penetración Estándar).

Consiste en medir el número de golpes necesarios para que se introduzca a una determinada profundidad una cuchara (cilíndrica y hueca) muy robusta (diámetro exterior de 51 milímetros e interior de 35 milímetros, lo que supone una relación de áreas superior a 100), que permite tomar una muestra, naturalmente alterada, en su interior. El peso de la masa está normalizado,

así como la altura de caída libre, siendo de 63'5 kilopondios y 76 centímetros respectivamente (Construmática, Ensayo de Penetración Estándar).

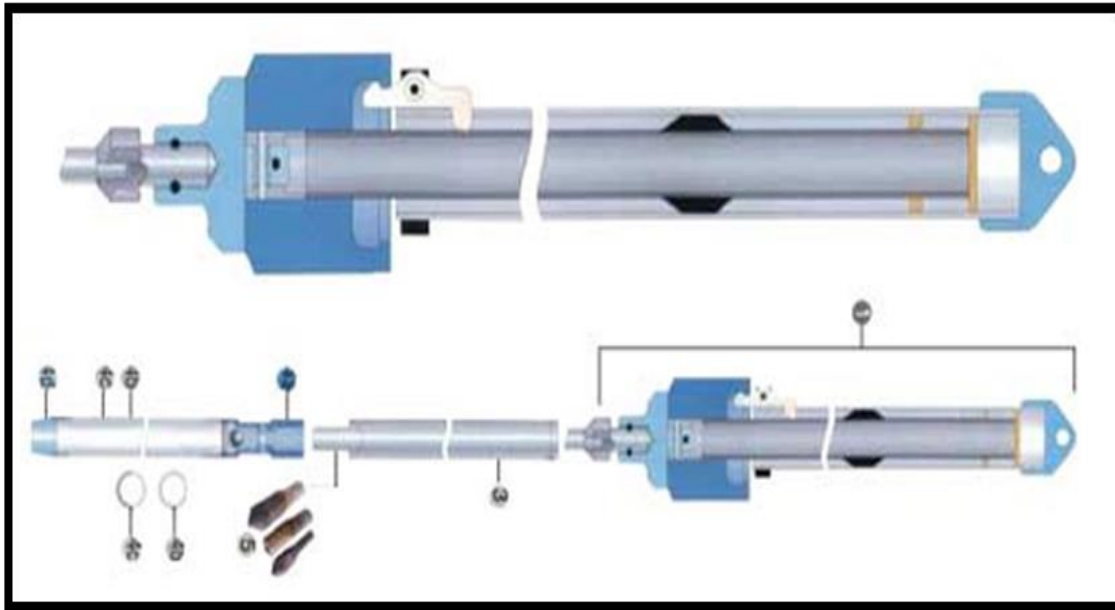


Figura 14. Esquema de la Masa que Realizara los Golpes.
Fuente: Empresa DATC - India

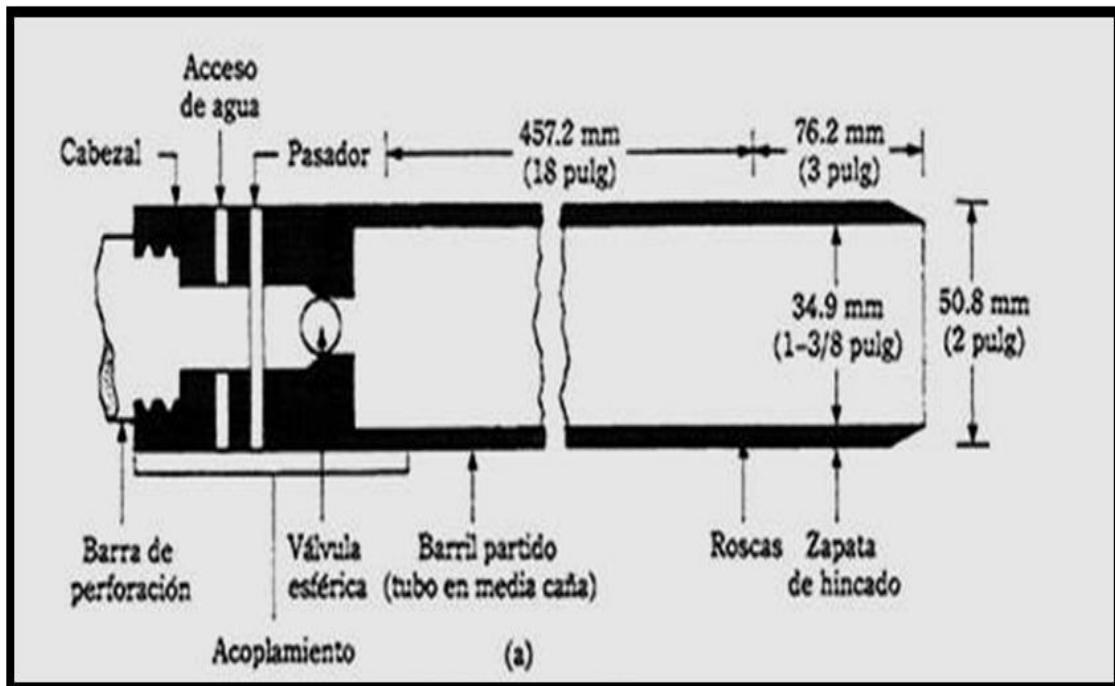


Figura 15. Esquema de la Masa que Realizara los Golpes
(a) Barra estándar

Fuente: XI Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto



Figura 16. Esquema de Trabajo con SPT
Fuente: Empresa DATC - India

2.2.7.5.1. Descripción del Ensayo SPT

Una vez que en la perforación del sondeo se ha alcanzado la profundidad a la que se ha de realizar la prueba, sin avanzar la entubación y limpio el fondo del sondeo, se desciende él toma muestras SPT unido al varillaje hasta apoyar suavemente en el fondo. Realizada esta operación, se eleva repetidamente la masa con una frecuencia constante, dejándola caer libremente sobre una sufridera que se coloca en la zona superior del varillaje. Se contabiliza y se anota el número de golpes necesarios para hincar la cuchara los primeros 15 centímetros (N_{0-15}) (Zona ingeniería, Ensayo de Penetración Estándar).

Posteriormente se realiza la prueba en sí, introduciendo otros 30 centímetros, anotando el número de golpes requerido para la hincada en cada intervalo de 15 centímetros de penetración (N_{15-30} y N_{30-45}). El resultado del ensayo es el golpeo SPT o resistencia a la penetración estándar:

Golpeo SPT (ec. 5)

$$N_{SPT} = N_{15-30} + N_{30-45}$$

Si el número de golpes necesario para profundizar en cualquiera de estos intervalos de 15 centímetros, es superior a 50, el resultado del ensayo deja de ser la suma anteriormente



indicada, para convertirse en rechazo (R), debiéndose anotar también la longitud hincada en el tramo en el que se han alcanzado los 50 golpes. El ensayo SPT en este punto se considera finalizado cuando se alcanza este valor. (Por ejemplo, si se ha llegado a 50 golpes en 120 mm en el intervalo entre 15 y 30 centímetros, el resultado debe indicarse como $N_{0-15}/50$ en 120 mm, R). Como la cuchara SPT suele tener una longitud interior de 60 centímetros, es frecuente hincar mediante golpeo hasta llegar a esta longitud, con lo que se tiene un resultado adicional que es el número de golpes N_{45-60} . Proporcionar este valor no está normalizado, y no constituye un resultado del ensayo, teniendo una función meramente indicativa (Zona ingeniería, Ensayo de Penetración Estándar).



Figura 17. Vista del Dispositivo de Perforación
Fuente: Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires.



Figura 18.Vista de la Cabeza de Golpeo
Fuente: Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires.

2.2.7.5.2. Ventajas del SPT

Una ventaja adicional es que al ser la cuchara SPT una toma muestras, permite visualizar el terreno donde se ha realizado la prueba y realizar ensayos de identificación, y en el caso de terreno arcilloso, de obtención de la humedad natural (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).

2.2.7.5.3. Aplicaciones y Correlaciones

El ensayo SPT tiene su principal utilidad en la caracterización de suelos granulares (arenas o gravas arenosas), en las que es muy difícil obtener muestras inalteradas para ensayos de laboratorio (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).

Al estar su uso muy extendido y dispone de una gran experiencia geotécnica en estas pruebas, se han planteado correlaciones entre el golpeo SPT y las características de los suelos arenosos, así como con diversos aspectos de cálculo y diseño geotécnico (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).

También existen correlaciones en el caso de que el terreno sea cohesivo, pero al ser un ensayo prácticamente instantáneo, no se produce la disipación de los incrementos de presiones intersticiales generados en estos suelos arcillosos por efecto del golpeo, lo que claramente debe influir en el resultado de la prueba (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).



Por ello, tradicionalmente se ha considerado que los resultados del ensayo SPT (y por extensión, los de todos los penetrómetros dinámicos) en ensayos cohesivos no resultan excesivamente fiables para la aplicación de correlaciones. En la actualidad, este criterio está cuestionado, siendo cada vez más aceptado que las pruebas penetrométricas pueden dar resultados igualmente válidos en todo tipo de suelo. En cualquier caso, al margen de la validez o existencia de correlaciones, el valor del golpeo obtenido en un ensayo de penetración simple es un dato indicativo de la consistencia de un terreno susceptible de su utilización para la caracterización o el diseño geotécnicos (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).

Cuando el terreno atravesado es grava, la cuchara normal no puede hincarse, pues su zapata se dobla. Con frecuencia se sustituye por una puntaza maciza de la misma sección (no normalizada). El ensayo SPT no proporciona entonces muestra. El golpeo así obtenido debe corregirse dividiendo por un factor que se considera del orden de 1'5 (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).

2.2.7.5.4. Correlación entre el golpeo SPT y la consistencia del suelo atravesado

Existen diversas correlaciones entre el resultado del ensayo SPT y las características del terreno (compacidad, resistencia y deformabilidad), e incluso con dimensiones de la cimentación requerida para un valor del asiento que se considera admisible (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).

Sin embargo, las principales correlaciones que ligan el golpeo SPT con las características del terreno, lo hacen respecto a los parámetros ángulo de rozamiento interno e índice de densidad en las arenas (siendo el índice de densidad $I_D = \frac{(e_{max} - e)}{e_{max} - e_{min}}$). En los terrenos cohesivos, aun cuando no son tan aceptadas, existen correlaciones respecto a la resistencia al corte sin drenaje c_u (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).

En algunas ocasiones, el valor del golpeo SPT debe ser afectado por unos factores correctores para tener en cuenta la profundidad a la que se realiza el ensayo, y la influencia de la ubicación de dicho ensayo sobre la capa freática (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).

Hay que tener cuidado, ya que en terrenos por ejemplo con gravas o bolos o en arcillosos duros, podemos tener mayorado nuestro SPT, no siendo éste ensayo entonces representativo de las características del terreno (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).



Figura 19.Realización del Ensayo SPT

Fuente: Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires.

2.2.7.5.5. Influencia de la profundidad

La penetración en las arenas depende de la resistencia del terreno, que a su vez es función del ángulo de rozamiento, o del índice de densidad, y del estado tensional en el que se encuentre el terreno haciendo de antemano los anteriores ensayos (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).

2.2.7.5.6. Cálculo en gabinete

Con las muestras recuperadas se tendrá que determinar el peso específico del suelo (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).

Se realizara un cuadro similar al que está mostrándose en la siguiente figura:



Tabla 5. Tabla del Cálculo en Gabinete

Profundidad de (m)	1Fase (golpes)	G10 (ton/ft2)	Cn	C corregido (1fase)	N medio (1fase)	cimiento Cuadrado (Kg/cm2)
CALICATA "A"						
1.5	5	0.275	1.434	7.170	6.188	2.08
2.7	5	0.494	1.238	6.188		3.21
3.75	9	0.686	1.128	10.149		4.20
4.75	10	0.869	1.049	10.486		5.14
6.00	11	1.098	0.970	10.675		6.32
7.25	13	1.327	0.907	11.794		7.5
8.75	13	1.601	0.844	10.976		8.91
10.25	14	1.876	0.791	11.080		10.32
11.5	12	2.105	0.753	9.035		11.5
13.25	11	2.425	0.706	7.761		13.15
15.00	13	2.745	0.664	8.633		14.8

Fuente: Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires.

Dónde:

N: Son los golpes anotados en campo.

G^o : Es la presión efectiva por sobrecarga ($G^o=h*\gamma$).

γ : Peso específico.

Cn: Factor de corrección.

Ccorr: Golpes corregidos ($Ccorr=Cn*N$).

Nmedio: Es el golpe mínimo adoptado.

qadm: Capacidad admisible del terreno.

Una vez calculado el Ncorr, entonces se calcula el ángulo de rozamiento interno:

$$\theta = 15 + \sqrt{(20 * Ncorr)} \text{ (grados)}$$

Se sigue calculando la cohesión según Morh.

$$C = 0.22 * \ln Ncorr * 0.40 \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

Luego se calcula los coeficientes dependientes del ángulo de rozamiento interno.

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)$$



$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \varphi}$$

$$N_\gamma = (2N_q + 1) \tan \varphi$$

Luego de haber calculado todos estos datos, entonces se calcula la capacidad admisible del suelo:

$$q_a = 0.50 \cdot S_c \cdot C \cdot N_c + 0.04 Y \cdot B \cdot N_r \cdot S_r + 0.10 S_q \cdot Y \cdot h \cdot N_q / F.S$$

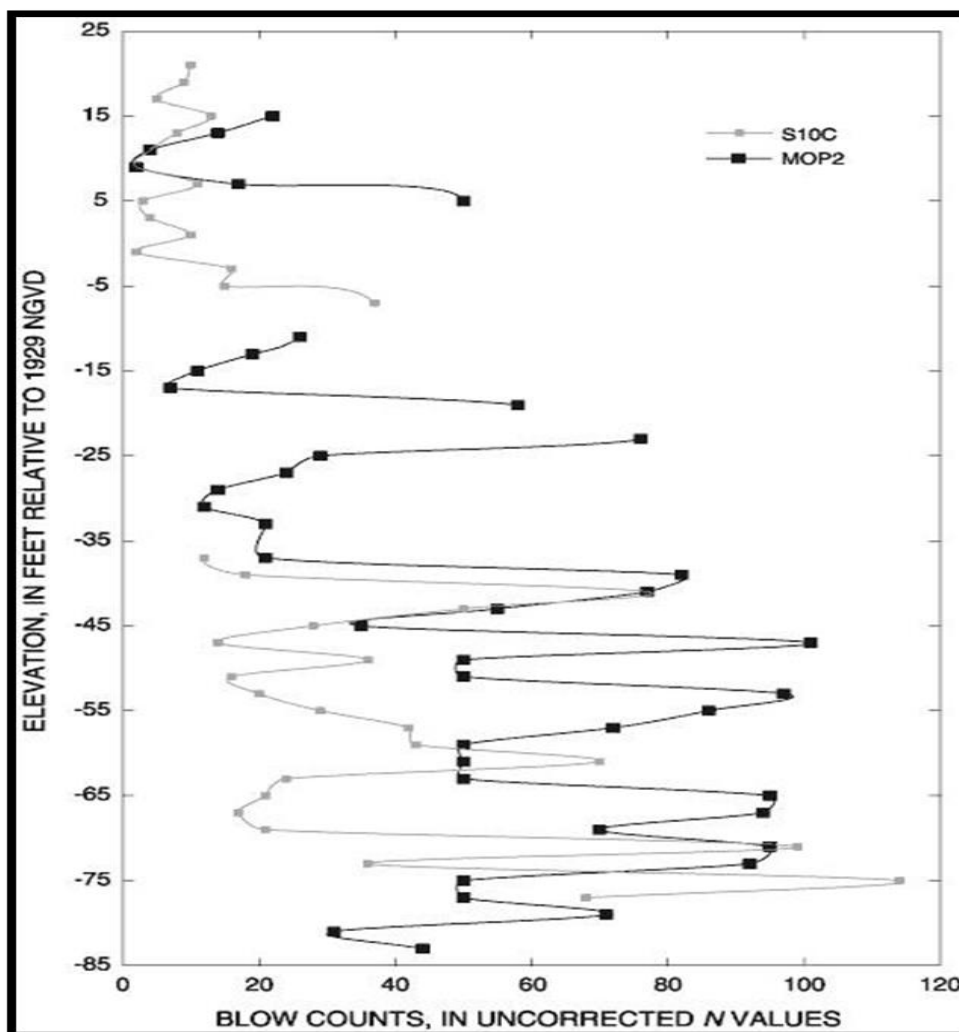


Figura 20. Gráfica que se puede obtener del Ensayo
Fuente: Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires.

Se observa que la resistencia en general aumenta con la profundidad y que hay capas que presentan una resistencia importante mientras otras se muestran más blandas (Universidad Tecnológica Nacional – Buenos Aires).



2.2.7.6. Ensayo de penetración dinámica PDL

2.2.7.6.1. Definición

Los ensayos Penetrométricos Dinámicos son muy conocidos y utilizados en el campo por los geólogos y geotécnicos dada su simplicidad ejecutiva, economía y rapidez de ejecución. Se utiliza en suelos arenosos, limosos o arcillosos. Como en el caso del SPT, no es aplicable a suelos gravosos ni rocas (Dynamic Probing 2004)

Su elaboración, interpretación y visualización gráfica consiente "catalogar y crear parámetros" del suelo atravesándolo con una imagen continua, que permite también hacer una comparación de las durezas de los diferentes niveles atravesados y una correlación directa con sondeos para la determinación estratigráfica (Dynamic Probing 2004)

La sonda penetrométrica permite además reconocer bastante bien el espesor de los mantos del subsuelo, la cota de eventuales niveles freáticos y superficies de rotura sobre los taludes, así como la consistencia del terreno en general. La utilización de los datos recabados de correlaciones indirectas y haciendo referencia a varios autores, debe de todas formas hacerse con cautela y si es posible, después de experiencias geológicas adquiridas en la zona (Dynamic Probing 2004).

Los elementos característicos del penetrómetro dinámico son los siguientes:

Peso masa de golpeo M

Altura de caída libre H

Punta cónica: diámetro base cono D, área base A (ángulo de apertura)

Avance (penetración)

Presencia o no del revestimiento externo (lodos bentoníticos).

Con referencia a la clasificación ISSMFE (1988) de los diferentes tipos de penetrómetros dinámicos (ver la tabla abajo) se da una primera subdivisión en cuatro clases (con base en el peso M de la masa de golpeo):

Tipo LIVIANO (DPL)

Tipo MEDIO (DPM)

Tipo PESADO (DPH)

Tipo SUPERPESADO (DPSH)



Tabla 6. Clasificación Issmfe de los Penetrómetros Dinámicos.

Tipo	Sigla de referencia	Peso de la masa M (Kg)	Prof. Máx. estudio golpeo (m)
Liviano	DPL (Light)	$M < 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesado	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25
Super pesado (Super Heavy)	DPSH	$M > 60$	25

Fuente: Dynamic Probing 2004.

2.2.7.6.2. Correlación con NSPT

Ya que el ensayo de penetración estándar (SPT) representa hoy en día uno de los medios más conocidos y económicos para adquirir información sobre el subsuelo, la mayor parte de las correlaciones existentes tienen que ver con los valores del número de golpes N_{spt} obtenido con dicha prueba, por lo tanto se presenta la necesidad de relacionar el número de golpes de un ensayo dinámico con N_{spt} . El pasaje se da por:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

En donde Q es la energía específica por golpe y Q_{spt} es la referida a la prueba SPT.

La energía específica por golpe se calcula como sigue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

Dónde:

M = Peso masa de golpeo;

M' = Peso varillaje;

H = Altura de caída;

A = Área base punta cónica;

δ = Intervalo de avance.



2.2.7.6.3. Evaluación resistencia dinámica a la punta (RPD).

Fórmula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Donde:

Rpd = Resistencia Dinámica Punta (área A)

e = Hincapromedio por golpe δ/N

M = Pesomasa de golpeo (altura caída H)

P = Pesototal varillaje sistema golpeo.

2.2.7.6.4. Dynamic Probing

La obtención de parámetros, luego de las prospecciones insitu han sido efectuadas mediante un programa de cálculo automático denominado Dynamic Probing de GeoStru Software.

El programa calcula el porcentaje de energías transmitidas (coeficiente de correlación con SPT) con las elaboraciones propuestas por Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 – Borowczyk - Frankowsky 1981.

Permite además utilizar los datos obtenidos de la realización de ensayos de penetración dinámica para extrapolar útiles informaciones geotécnicas y geológicas.

Una vasta experiencia adquirida, unida a una buena interpretación y correlación permiten a menudo obtener datos útiles para el proyecto y frecuentemente datos más verídicos que muchos de los de las bibliografías sobre litologías y datos geotécnicos determinados en las verticales litológicas de pocos ensayos de laboratorio efectuados como representación general de una vertical heterogénea no uniforme y/o compleja.

En particular el programa nos permite obtener información sobre:

El avance vertical y horizontal de los intervalos estratigráficos.

La caracterización litológica de las unidades estratigráficas.

Los parámetros geotécnicos sugeridos por varios autores en función de los valores del número de golpes y de la resistencia en la punta.

2.2.7.7. Correlaciones geotécnicas terrenos sin cohesión

2.2.7.7.1. Licuefacción

Permite calcular, utilizando datos N_{spt}, el potencial de licuefacción de los suelos (predominantemente arenosos).



Con la relación de SHI-MING (1982), aplicable a terrenos arenosos poco finos, la licuefacción resulta posible solamente si N_{spt} del estrato considerado resulta inferior a N_{spt} crítico calculado con la elaboración de SHI-MING.

2.2.7.7.2. Corrección NSPT en presencia de nivel freático

$$N_{spt \text{ correcto}} = 15 + 0.5 * (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} es el valor promedio en el estrato

La corrección se aplica en presencia de nivel freático solo si el número de golpes es mayor que 15 (la corrección se efectúa si todo el estrato está en nivel freático).

2.2.7.7.3. Ángulo de rozamiento interno

Es una propiedad de los materiales granulares, ayuda a determinar la capacidad portante de los suelos y la resistencia al deslizamiento de un terreno arenoso. Las correlaciones dependen principalmente del suelo obtenido, ya que varía para suelos blandos, presencia de nivel freático, arenas, suelos arcillosos, gravas y limos.

2.2.7.7.4. Densidad relativa.

Es una comparación de la densidad de una sustancia con la densidad de otra. Las correlaciones se hacen de acuerdo al tipo de suelo encontrado ya sean limos, arenas de finas a gruesas y gravas.

2.2.7.7.5. Módulo de Young.

Es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica la fuerza. Las correlaciones se realizan dependiendo del tipo de suelo ya sea en arena limpia, arena con grava, suelos litológicos, arena, arena con limo, limo arenosa y arena con grava.

2.2.7.7.6. Módulo Edométrico.

Se obtiene de los ensayos edométricos, los que están especialmente indicados para estudiar los asentamientos de los suelos arcillosos blandos saturados, se realizan incrementando la carga vertical en escalones. Las correlaciones se realizan dependiendo del tipo de suelo, sean estos limos con arena, arena, grava, arena arcillosa, arenas con gravas y arenas finas.

2.2.7.7.7. Estado de consistencia

Es la firmeza con la que se unen los materiales que conforman el suelo, o la resistencia de los suelos a la deformación o ruptura.

2.2.7.7.8. Peso específico.



Es la relación entre el peso de una sustancia y su volumen. Válida para arenas, gravas, limos, limo arenoso.

2.2.7.7.9. Peso Específico Saturado

Se realiza la correlación para peso específico del material igual o cerca a $G=2,65$ t/mc) y para peso específico seco variable de 1,33 ($N_{spt}=0$) a 1,99 ($N_{spt}=95$).

2.2.7.7.10. Módulo de Poisson.

Es la relación de deformación longitudinal con la transversal, cuando un cuerpo se somete a la acción de una fuerza, se deformara en función de la fuerza.

2.2.7.7.11. Potencial de licuefacción (stress ratio).

Tal correlación es válida solamente para arenas, gravas y limos arenosos, representa la relación entre el esfuerzo dinámico promedio τ y la tensión vertical de consolidación para la evaluación del potencial de licuefacción de las arenas y suelos areno-gravosos con gráficos de autores.

2.2.7.7.12. Velocidad ondas transversales vs (m/sec).

Tal correlación es válida solamente para suelos sin cohesiones arenosas y gravosas.

2.2.7.7.13. Módulo de deformación de corte (g).

Las correlaciones son válidas para arenas con finos plásticos y arenas limpias.

2.2.7.7.14. Módulo de reacción (ko).

Las correlaciones son válidas para arenas, gravas, limos, limos arenosos.

2.2.7.8 Correlaciones geotécnicas en terrenos cohesivos

2.2.7.8.1. Cohesión no drenada.

Correlaciones válidas para arcillas arenosas –orgánicas, arcillas limosas-orgánicas medianamente plásticas, arcillas margosas alteradas-fracturadas, para arcillas sobre consolidadas fracturadas y para limos de baja plasticidad, para suelos cohesivos saturados; tal correlación no es válida para arcillas sensitivas para arcillas sobre consolidadas fracturadas y para limos de baja plasticidad, para arcillas sobre consolidadas fracturadas y para limos de baja plasticidad.

2.2.7.8.2. Módulo edométrico – confinado (MO).

Para litotipos de media plasticidad, válida para litotipos arcillosos de media-medio-alta plasticidad - de experiencias con arcillas glaciales, arcillas blandas.

2.2.7.8.3. Módulo de Young (ey)

Correlación válida para limos coherentes y limos arcillosos con I.P. >15, arcillas saturadas-arcillas fracturadas.



2.2.7.8.4. Peso específico

Válida para arcillas, arcillas arenosas y limosas predominantemente con cohesión.

2.2.7.8.5. Fundamentos teóricos del ensayo de la veleta - ensayo torvane

El ensayo de veleta es el más utilizado para la determinación de la resistencia al corte no drenado (S_u) en un suelo blando a poca profundidad. Consiste en la rotación a una velocidad constante, durante un corto período de tiempo, de una veleta cruciforme a profundidades predeterminadas, para el caso del ensayo *in situ*, ó sobre muestras inalteradas ó remoldeadas, para el ensayo de laboratorio.

El par torsor “T” aplicado está equilibrado por el momento de las reacciones de corte del suelo sobre la superficie circunscrita a la veleta. Así, “T” crece hasta lograr la ruptura del suelo (valor pico), que se manifiesta por una disminución brusca de la fuerza aplicada. A continuación, sucede una estabilización del momento, que si bien es inferior al valor máximo no es nulo (valor residual). Por lo tanto el ensayo admite que la tensión de corte máxima (pico), igual a la cohesión no drenada, está íntimamente relacionada a la superficie circunscrita a la veleta. A

la luz de lo anterior, la medida del torque “T” pico sobre el área circunscrita por la veleta permite la determinación de los valores “ S_u ” del suelo según lo establece la ec. 1.

$$S_u \approx \frac{2T}{\pi d^3 \left(\frac{h}{d} + 1/3 \right)}$$

2.2.7.9. Etapas del ensayo torvane

Paso I: Anexar al eje conductor de la veleta el disco de acople correspondiente al rango de resistencia al corte del suelo a ensayar —atento a la experiencia que se tenga del orden de magnitud del “ S_u ”—. Poner a cero la escala interna de medición, localizada en la cabeza del equipo Torvane. Esta escala proporcionará el valor de “ $S_{utorvane}$ ”.

Paso II: Introducir, cuidadosamente, en forma centrada y perpendicular a la superficie del suelo, el eje conductor de la veleta con el disco sobre la probeta de suelo que está contenido en el aro edométrico.

Paso III: Girar la corona externa en sentido horario sujetando firmemente la muestra de suelo contenida en el aro. El tiempo de rotación, hasta llegar a la falla, es de 5 a 10 segundos. Medir donde quedó la marca de la corona externa en la escala interna, luego que la probeta experimentó la falla.

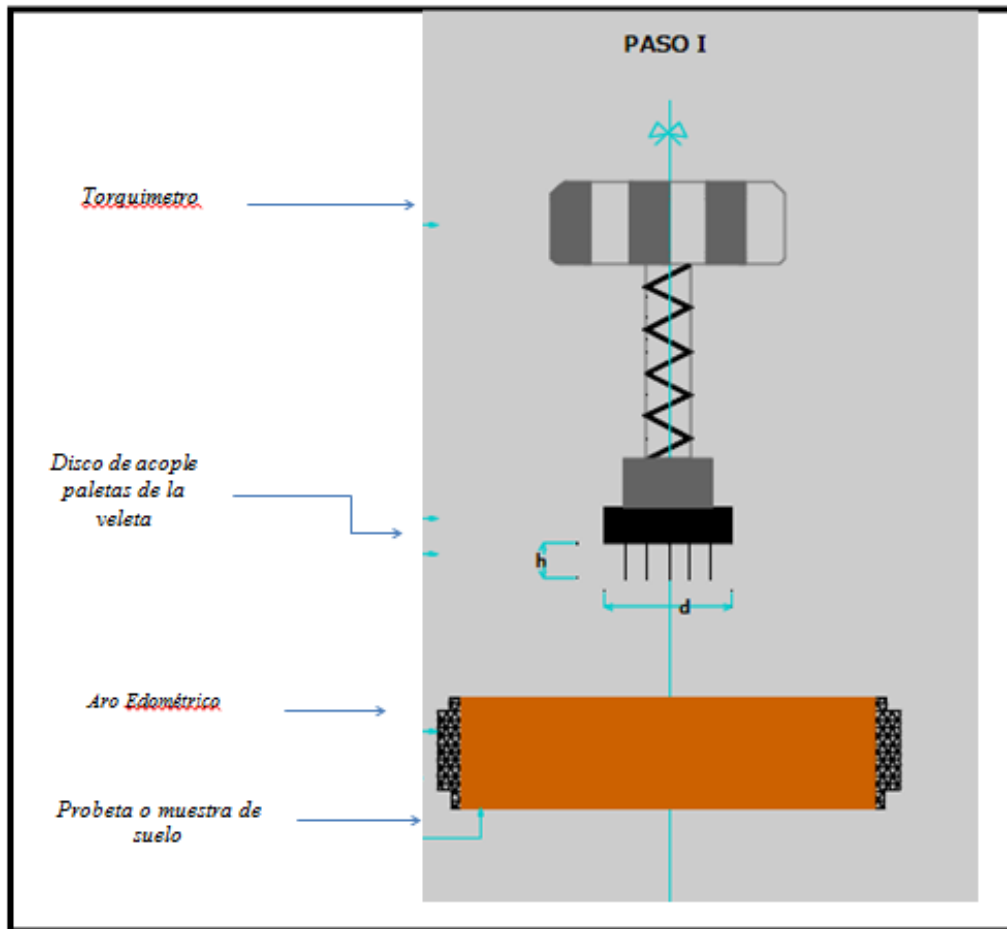


Figura 21. Procedimiento de Ensayo con Equipo Torvane
Fuente: III Conferencia Sudamericana de Ingenieros Geotécnicos – Cordova

2.2.8. Aspectos geológicos

En el área evaluada aflora la Formación Kayra del Grupo San Jerónimo, Formación de Paucartambo – Ananea - Quillabamba, Formación San Sebastián (Ing. Ruperto B., Ing. Fernández Baca).

2.2.8.1. Grupo San Jerónimo

Aflora ampliamente en la región de Cusco y Sicuani. El Grupo San Jerónimo originalmente ha sido dividido en tres formaciones (Córdova, 1986): Kayra (3000 m), Soncco (1600 m) y Punacancha (1700 m). Actualmente solo las formaciones Kayra y Soncco se han redefinido como parte del Grupo San Jerónimo. En la zona de estudio aflora la Formación Kayra (Ing. Ruperto B., Ing. Fernández Baca).

2.2.8.2. Formación kayra

Litológicamente esta constituida por bancos de arenisca masivas blancas, rojas y marrones, intercaladas con lutitas, limolitas y arcillas de color rojo a marrón, algunos conglomerados



hasta de 5cm.de diámetros que corresponden a canales fluviales. A veces contienen malaquita, cantos blandos, hacia la parte superior se encuentran areniscas, lutitas, micro conglomerados. Conglomerados de color marrón rojizo, blancos y verdes hacia el techo se encuentran intercalaciones de areniscas rojas y marrones, lutitas marrón rojizas y anaranjadas.

El espesor de esta formación es de 3000m. La Formación K'ayra corresponde a secuencias de medios fluviales entrelazados débilmente trenzados con canales asimétricos cuyas paleocorrientes indican direcciones S-N. Con migraciones de E-W indicándonos también facies distales de la cuenca de Kayra. La edad fue considerada del Maestrichtiano por Córdova E. (1986) en las basada en la huella de Dinosaurio y datadas por PAQUET J. Del Museo de Paris, otros autores con recientes estudios dicen que estas huellas podrían corresponder a huellas de aves por lo que se asume una edad de Paleoceno (Ing. Ruperto B., Ing. Fernández Baca).

2.2.8.3. Formación Soncco

Litológicamente está conformado por facies finas de lutitas, limonitas masivas, areniscas de grano fino a medio, areniscas feldespáticas y algunas intercalaciones de conglomerados, con niveles de malaquita cantos blandos. Presencia de piro elásticas producto de explosiones volcánicas que caían en la cuenca de sedimentación. Esta formación es de 1500mts (Ing. Ruperto B., Ing. Fernández Baca).

La estratificación grano estrato creciente significa una evolución vertical correspondiente a un medio fluvial débilmente trenzado, con canales de gran energía cuyas paleo corrientes indican direcciones S-N indicando los aportes de la zona sur. Es del Eoceno envase a las dataciones radio métricas en los niveles -volcánicos (tobas), aunque Córdova en (1986), le considero del Maestritiano (Ing. Ruperto B., Ing. Fernández Baca).

2.2.8.4. Grupo San Sebastian

Esta unida fue puesta en evidencia por Gregory H. (1916) encontrándose en el valle del Cusco posteriormente se hicieron algunos estudios de carácter paleontológico como los de Ramírez J. (1959- 1968) y Sedimentológico realizado por Córdova E. (19881990). Morfológicamente conforma una superficie depresiva a manera de una cuenca cerrada alargada, delimitada por las laderas del valle del Huatanay sobre ella se encuentran distritos importantes del Cusco como San Sebastián. San Jerónimo, Cusca etc. Litológicamente está constituido por depósitos de gravas, arenas correspondientes a conos de deyección, flujos de barro, diatomitas extendidas en toda la unidad litoestratigratica, limos, arcillas intercalados con horizontes de paleosuelos de colores claros, también se encuentra turba. El ambiente de sedimentación de



esta secuencia correspondería a una cuenca lagunar con influencia de sedimentación fluvial, donde en sus bordes se acumularon sedimentos organógenos (turba) que en muchos casos fueron sepultados por depósitos de conos de deyección (Ing. Ruperto B., Ing. Fernández Baca).

2.2.8.5. Formación Paucartambo

Esta unidad es la prolongación de la formación Paucartambo del cuadrángulo de Cusco y Calca. Constituye el substrato de la cuenca Putina. Se trata de una unidad esencialmente compuesta de Pizarras, Lutitas pizarrosas intercaladas con escasos niveles de cuarcitas. Estos depósitos son de origen marino. El espesor de esta unidad es desconocido, pero se estima entre 1000 y 2000 m. en las cercanías de Huaylla Huaylla situado a 2.5 Km al Este de Quiquijana, se han encontrado los fósiles *Tentaculitis* sp y el trilobite del genero *Phacops*, que indican una edad Siluro Devoniana (Mendivil et.al 1994).

2.2.9. Teoría de capacidad portante

2.2.9.1. Modos de ruptura.

2.2.9.1.1. Ruptura general.

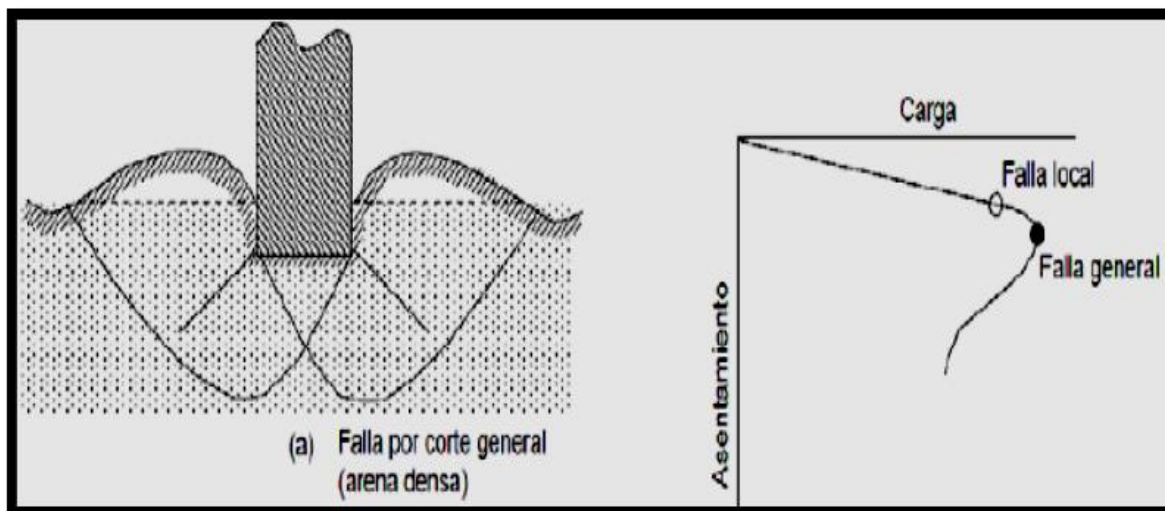


Figura 22. Ruptura General
Fuente: VESIC, 1963.

2.2.9.1.2. Ruptura local.

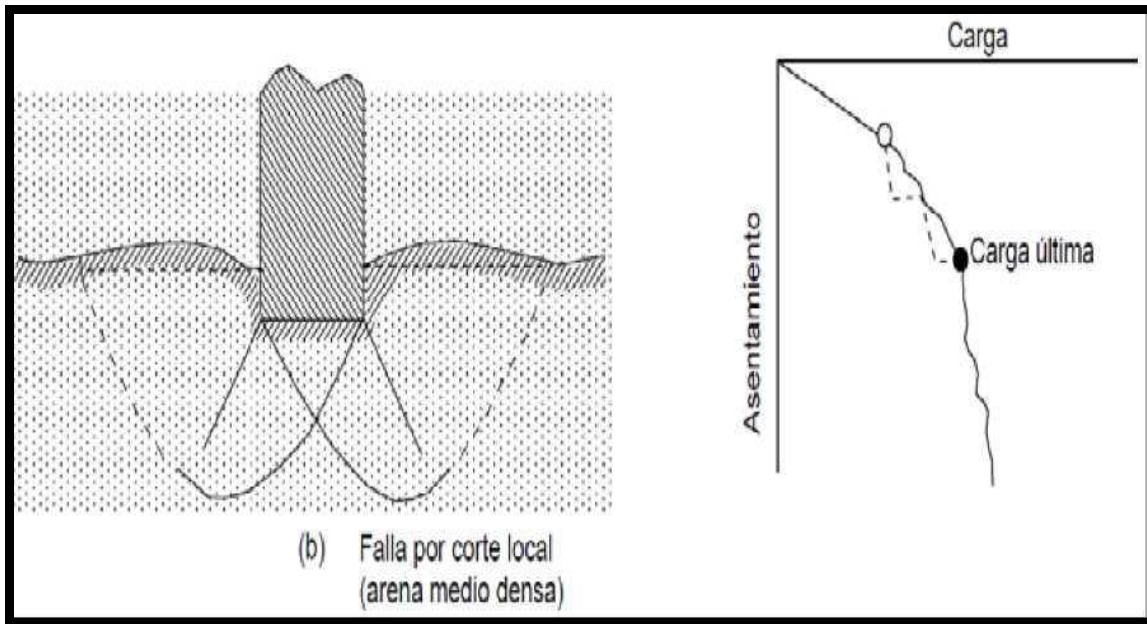


Figura 23.Ruptura Local

Fuente: “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”. Braja M. Das.

2.2.9.1.3. Ruptura por Punzonamiento o penetración

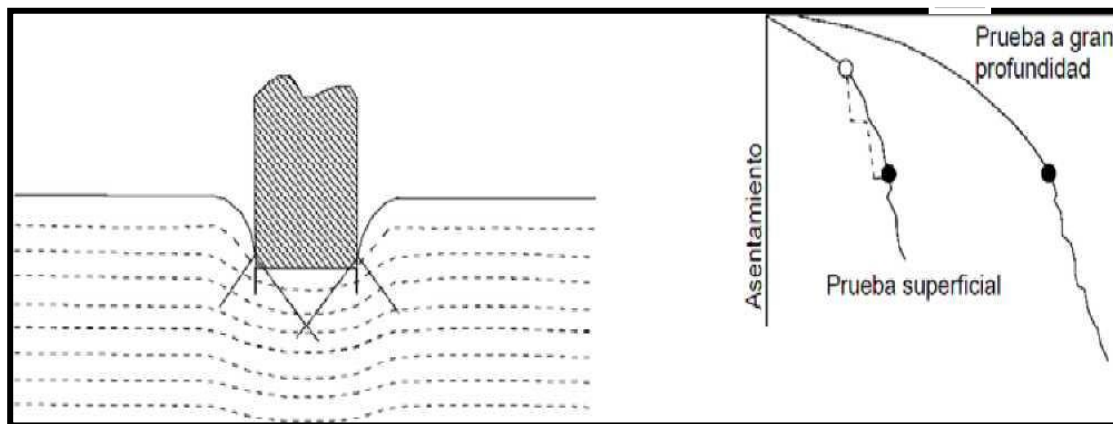


Figura 24.Ruptura por Punzonamiento o Penetración

Fuente: “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”. Braja M. Das.



2.2.9.2. Factores de capacidad de carga de Terzaghi.

Tabla 7. Factores de Capacidad de carga de Terzagui

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.1	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

Fuente: “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”. Braja M. Das.

2.2.9.3. Fórmula de Meyerhof

Meyerhof desarrollo la ecuación generalizada de capacidad de carga:

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

De donde:

c = Cohesión

q = Esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación.

γ = Peso específico del suelo. B = Ancho de la cimentación.

$F_{cs} F_{qs} F_{\gamma s}$ = Factores de forma. $F_{cd} F_{qd} F_{\gamma d}$ = Factores de profundidad.

$F_{ci} F_{qi} F_{\gamma i}$ = Factores por inclinación de la carga.

$N_c N_q N_\gamma$ = Factores de capacidad de carga.



2.2.9.4. Influencia del nivel freático en el suelo

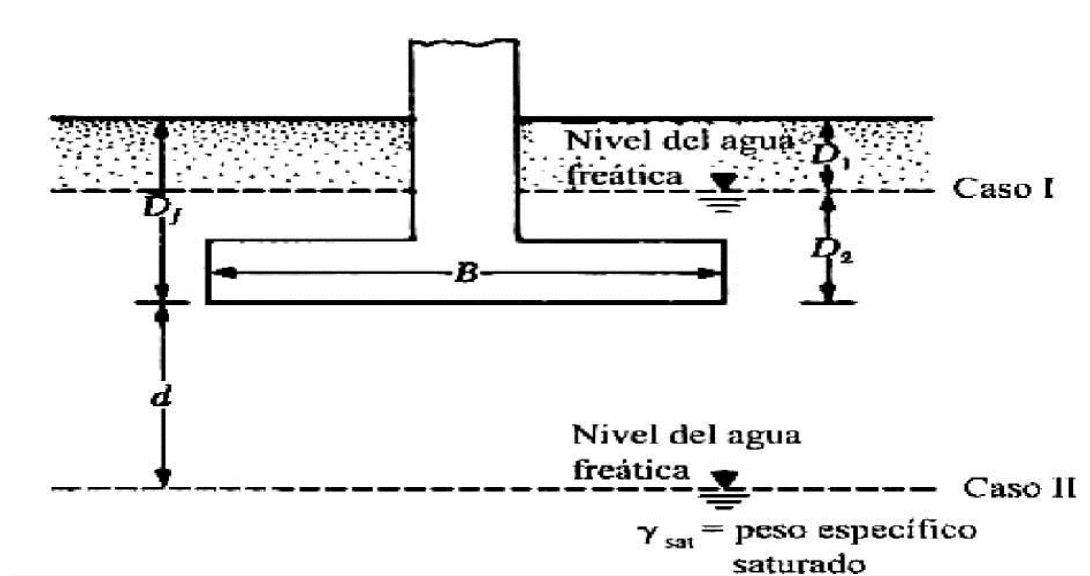


Figura 25. Modificación de Ecuaciones de Capacidad de Carga por el Nivel de Agua
Fuente: "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica". Braja M. Das.

Caso I: Según el nivel de agua se localiza de modo que $0 < D_1 < D_f$, el factor q en las ecuaciones de capacidad de carga toma la forma:

$$Q = \text{sobrecarga efectiva} = D_1 \gamma + D_2 (\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

Dónde:

γ_{sat} = peso específico saturado γ

γ_w = peso específico del agua.

También, el valor de γ en el último término de las ecuaciones tiene que ser reemplazado por:

$$\gamma = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

Caso II: Para un nivel de agua localizada de modo que $0 < d < B$.

$$Q = \gamma D_f$$

El factor γ en el último término de las ecuaciones de capacidad de carga debe ser reemplazado por el factor:

$$\gamma = \gamma' + d/B (\gamma - \gamma'')$$

Las modificaciones anteriores se basan en la suposición de que no existe fuerza de infiltración en el suelo.



Caso III: Cuando en nivel está localizado de modo que $d > B$, el agua no tendrá efecto sobre la capacidad de carga última.

2.2.9.5. Capacidad portante admisible.

Las teorías de capacidad de carga, no son las que en la práctica se establecen a las fundaciones reales, éstas corresponden a los valores de falla, es decir que si los esfuerzos se comunicarán al material, éste quedaría en estado de falla incipiente.

El concepto de capacidad de carga admisible o de trabajo, es el factor con el que se diseñará la cimentación y será menor que la de falla. Se expresa por una fracción de la capacidad de carga de la falla, obtenida dividiendo ésta entre un número mayor que 1, denominado factor de seguridad (FS), que varía entre 1,5 y 3 dependiendo de análisis de cargas actuantes.

$$Q_{adm} = q_u / FS$$

2.2.10. Criterios de Asentamiento

Tabla 8. Métodos de Cálculos de Asentamientos

TIPO DE ASENTAMIENTO	MÉTODO	PARÁMETRO BASE	APLICACIÓN
INMEDIATO	ELÁSTICO	PROPIEDADES ELÁSTICAS DEL SUELO	ARENAS, GRAVAS, SUELOS NO SATURADOS, ARCILLAS DURAS Y ROCAS
INMEDIATO	MEYERHOF	N;SPT	ARENAS, GRAVAS Y SIMILARES
INMEDIATO	PRUEBA DE CARGA	PRUEBA DE CARGA	ARENAS, GRAVAS, SUELOS NO SATURADOS, ARCILLAS DURAS Y ROCAS
CONSOLIDACIÓN PRIMARIA	TEORÍA DE LA CONSOLIDACIÓN	ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN	ARCILLAS BLANDAS A MEDIAS SATURADAS
CONSOLIDACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA	ÍDEM	ÍDEM.	ARCILLAS BLANDAS A MUY BLANDAS, TURBAS, SUELOS ORGÁNICOS Y SIMILARES

Fuente: Dr. Alva Hurtado.



2.2.10.1 Asentamientos para cargas estáticas.

2.2.10.1.1. Método elástico

El asentamiento de la cimentación según la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1964).

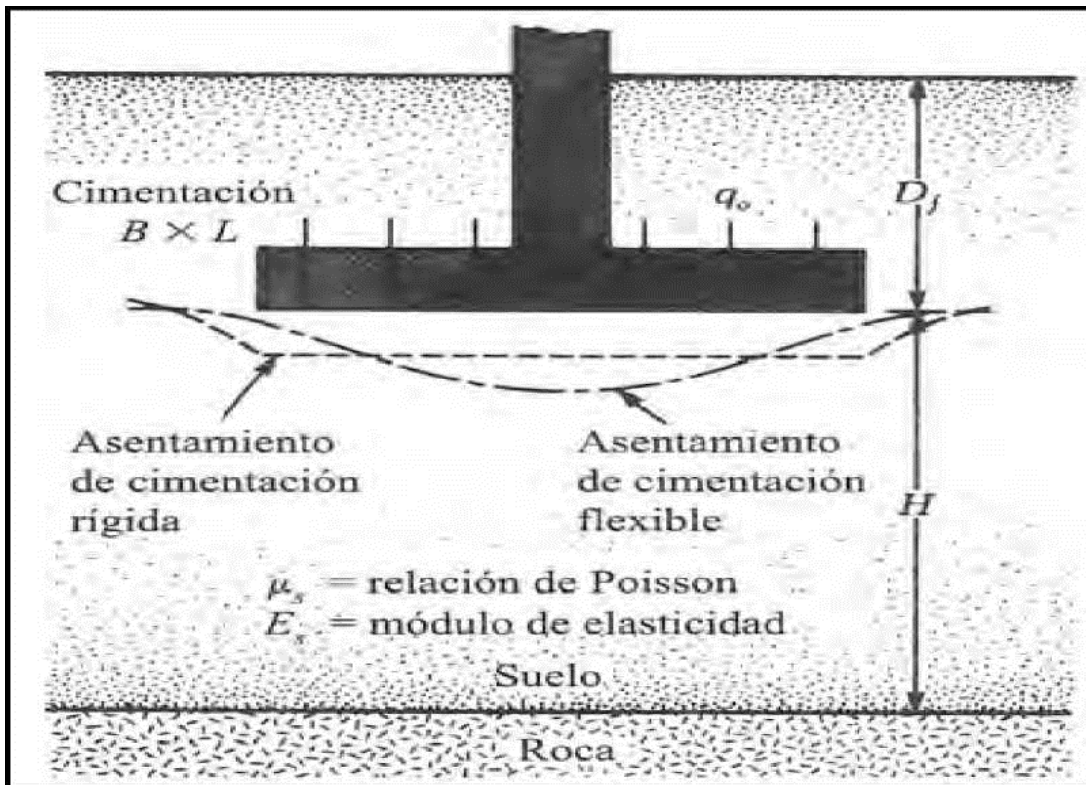


Figura 26. Cimentación Flexible y Rígida.

Fuente: "FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA". BRAJA M. DAS.

El asentamiento elástico inicial será:

$$S_i = q B (1 - \mu_s^2) I_f / E_s$$

S_i = Asentamiento instantáneo (cm)

H = Relación de Poisson

E_s = Módulo de elasticidad (t/m^2)

I_f = Factor de influencia (cm/m)

q = Presión de trabajo (kg/cm^2)

B = Ancho de cimentación (cm)



Tabla 9. Tipo de Suelo

		Es (t/m ²)
ARCILLA:	MUY BLANDA	30 - 300
	BLANDA	200 - 400
	MEDIA	450 - 900
	DURA	700 - 2000
ARCILLA ARENOSA		3000 - 4250
SUELOS GLACIARES		1000 - 16000
ARENA LIMOSA		500 - 2000
ARENA:	SUELTA	1000 - 2500
	DENSA	5000 - 10000
GRAVA ARENOSA:	DENSA	8000 - 20000
	SUELTA	5000 - 14000
ARCILLA ESQUISTOSA		14000 - 140000
LIMOS		200 - 2000

Fuente: Dr. Alva Hurtado

Tabla 10. Tipo de Suelo

TIPO DE SUELO		n (-)
ARCILLA:	SATURADA	0,4-0,5
	NO SATURADA	0,1-0,3
	ARENOSA	0,2-0,3
LIMO		0,3-0,35
ARENA:	DENSA	0,2-0,4
	DE GRANO GRUESO	0,15
	DE GRANO FINO	0,25
ROCA		0,1-0,4
LOESS		0,1-0,3
HIELO		0,36

Fuente: Dr. Alva Hurtado



Tabla 11. Forma de la Zapata y Valores

FORMA DE LA ZAPATA UBICACIÓN	VALORES DE If (cm/m)		
	CIM. FLEXIBLE		
	RIGIDA		
	CENTRO	ESQ.	MEDIO
RECTANGULAR L/B = 2	153	77	130
	120		
L/B = 5	210	105	183
	170		
L/B = 10	254	127	225
	210		
CUADRADA	112	56	95
	82		
CIRCULAR	100	64	85
	88		

Fuente: Dr. Alva Hurtado

2.2.11. Método de Poligonación de Thiessen

Los polígonos de Thiessen nombrados en honor al meteorólogo estadounidense Alfred H. Thiessen son una construcción geométrica que permite construir una partición del plano euclídeo. Estos objetos también fueron estudiados por el matemático Georgy Voronoi de donde toma el nombre alternativo de diagramas de Voronoi y por el matemático Gustav Lejeune Dirichlet de donde toma el nombre de teselación de Dirichlet. Los polígonos de Thiessen son uno de los métodos de interpolación más simples, basado en la distancia euclidiana, siendo especialmente apropiada cuando los datos son cualitativos. Se crean al unir los puntos entre sí, trazando las mediatrices de los segmento de unión. Las intersecciones de estas mediatrices determinan una serie de polígonos en un espacio bidimensional alrededor de un conjunto de puntos de control, de manera que el perímetro de los polígonos generados sea equidistante a los puntos vecinos y designando su área de influencia.

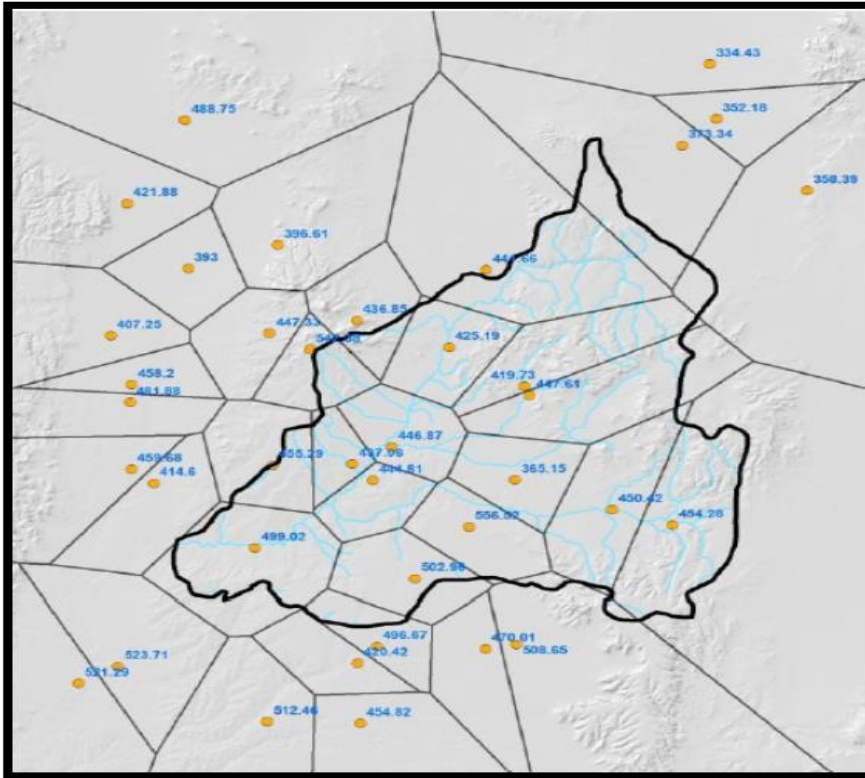


Figura 27. Polígonos de Thiessen

Fuente: manual de hidrología aplicada a pequeñas obras hidráulicas

Inicialmente los polígonos de Thiessen fueron utilizados para el análisis de datos meteorológicos (estaciones pluviométricas) aunque en la actualidad también se aplica en estudios en los que hay que determinar áreas de influencia (centros hospitalarios, estaciones de bomberos, bocas de metro, centros comerciales, control del tráfico aéreo, telefonía móvil, análisis de poblaciones de especies vegetales, etc.). Es una de las funciones de análisis básicas en los SIG.

Requiere el conocimiento de la ubicación de cada estación dentro o en la periferia de la cuenca para proceder a su aplicación, identificando el área de influencia de cada pluviómetro y/o pluviógrafo. Así se van formando triángulos entre las estaciones más cercanas uniéndolas con segmentos rectos sin que éstos se corten entre sí y tratando que los triángulos sean lo más equiláteros posibles.

A partir de allí se trazan líneas bisectoras perpendiculares a todos los lados de los triángulos, las que al unirse en un punto común dentro de cada triángulo conforma una serie de polígonos que delimitan el área de influencia de cada estación. El área de influencia de cada estación considerada “Polígono” está comprendida exclusivamente dentro de la cuenca.



2.2.12 Técnicas de investigación

2.2.12.1 técnicas de investigación de campo

Las Técnicas de Investigación de Campo aplicables en los Estudios de Mecánica de Suelos son las indicadas en la Tabla 2.2 de acuerdo a la N.T.P. E 050 de Suelos y Cimentaciones.

Tabla 12. Técnicas de Investigación de Campo

DESCRIPCION	NORMA APLICABLE
SUELO. Metodo de ensayo de penetracion estandar SPT.	NTP339.133:1999
SUELO. Metodo para la clasificacion de suelos con propositos de ingenieria (sistema unificado de clasificacion de suelos SUCS)	NTP339.134:1999
SUELO. Metodo de ensayo estandar para la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el metodo del cono de arena **	NTP339.143:1999
SUELO. Metodo de ensayos estandar para densidad in situ del suelo y suelo agregado por medio de meto nucleares (profundidad superficial)	NTP339.144:1999
SUELO. Ensayo de penetracion cuasi-estatica pronda de suelos con cono y cono de friccion (CPT).	NTP339.148:2000
SUELO. Descripcion e identificacion de suelos.procedimiento visual- manual	NTP339.150:200
SUELO. Metodo de ensayo normalizado para la capacitacion portante del suelo por carga estatica y para cimientos aislados.	NTP339.153:2001
SUELO.Metodo normalizado para ensayo de corte por veleta de campo de suelos cohesivos	NTP339.155:2001
SUELO. Metodo de ensayo normalizado para la auscultacion con penetrometro dinamico ligero de punta conica (DPL)	NTP339.159:2001
SUELO. Practica para la investigacion y muestreo de suelos por perforacion con barreta	NTP339.161:2001
SUELO. Guia normalizada para caracterizacion de cam con fines de diseño de ingenieria y construccion	NTP339.162:2001
SUELO. Metodo de ensayo normalizado de corte por veleta enminiatura de laboratorio en suelos finos arcillosos saturados	NTP339.168:2002
SUELO. Practica normalizada para la perforacion de nucleos de roca para la investigacion del sitio	NTP339.173:2002
SUELO. Metodo de ensayo normalizado para la medicion de la densidad de suelos y rocas in-situ por el metodo de reemplazo con agua en un pozo de exploracion**	NTP339.253:2003
SUELO.Metodo de ensayo estandar para la determinacion de la densidad y peso unitario de suelos in-situ por el metodo del balon de jebe**	NTP339.256:2004
cono dinamico superpesado(DPSH)=ver anexo II	UNE 103=801.1994
auscultacion dinamica mediante el cono tipo peck (CTP)	(ver ANEXO III)

Fuente: NTP E050. Suelos y cimentaciones

- En todos los casos se utilizará la última versión de la Norma.
- Estos ensayos solo se emplearán para el control de la compactación de rellenos Controlados o de Ingeniería.

NOTA: Los ensayos de densidad de campo, no podrán emplearse para determinar la densidad relativa y la presión admisible de un suelo arenoso.

2.2.12.1.1. Aplicación de las técnicas de investigación



La investigación de campo se realizará de acuerdo a lo indicado en el presente Capítulo, respetando las cantidades, valores mínimos y limitaciones que se indican en esta Norma y adicionalmente, en todo aquello que no se contradiga, se aplicará lo indicado en la NTP 339.162:2001 (N.T.P. E 050 Suelos y Cimentaciones).

2.2.12.1.2. Pozos o calicatas y trincheras

Son excavaciones de formas diversas que permiten una observación directa del terreno, así como la toma de muestras y la realización de ensayos in situ que no requieran confinamiento. Las calicatas y trincheras serán realizadas según la NTP 339.162:2001. El *PR* deberá tomar las precauciones necesarias a fin de evitar accidentes (N.T.P. E 050 Suelos y Cimentaciones).

2.2.12.1.3. Perforaciones manuales y mecánicas

Son sondeos que permiten reconocer la naturaleza y localización de las diferentes capas del terreno, así como extraer muestras del mismo y realizar ensayos in situ. La profundidad recomendable es hasta 10 metros en perforación manual, sin limitación en perforación mecánica (N.T.P. E 050 Suelos y Cimentaciones).

2.2.12.1.4. Correlación entre ensayos y propiedades de los suelos

En base a los parámetros obtenidos en los ensayos “in situ” y mediante correlaciones debidamente comprobadas, el *PR* puede obtener valores de resistencia al corte no drenado, ángulo de fricción interna, relación de pre consolidación, relación entre asentamientos y carga, coeficiente de balasto, módulo de elasticidad, entre otros (N.T.P. E 050 Suelos y Cimentaciones).

2.2.13 tipos de muestras

Se considera los cuatro tipos de muestras que se indican en la Tabla 13, en función de las exigencias que deberán atenderse en cada caso, respecto del terreno que representan (N.T.P. E 050 Suelos y Cimentaciones).



Tabla 13. tipos de muestras

TIPO DE MUESTRA	NORMA APLICABLE	FORMAS DE OBTENER Y TRANSPORTAR	ESTADO DE LA MUESTRA	CARACTERISTICAS
Muestra inalterada en bloques (Mb)	NTP 339. 151.2001 SUELOS Practicas normalizadas para la preservacion y transporte de suelo	Bloques	inalterada	Debe mantener inalteradas las propiedades fisicas y mecanicas del suelo en su estado natural al mento del muestreo (aplicable solamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su obtencion).
Muestra inalterada en tubo de pared delgada (Mt)	NTP 339.169.2002 SUELO. Muestreo geotecnico de suelos con tubo de pared delgado	Tubo de pared delgada		
Muestra alterada en bolsa de plastico (Mab)	NTP 339151:2001 SUELO. Practicas normalizadas para la preservacion y transporte de suelos	Con bolsas de plastico	Alterada	debe mantener inalterada la granulometria del suelo en su estado natural al momento del muestreo.
Muestra alterada para humedad en lata sellada (Mah)	NTP 339 .151:2001 SUELOS.Practicas normalizadas para la preservacion y transporte de suelos	En lata sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua

Fuente: NTE E050.Suelos y cimentaciones



2.2.14. ensayos de laboratorio

Se realizarán de acuerdo con las normas que se indican en la Tabla 14.

Tabla 14. Ensayos de Laboratorio

DESCRIPCION	NORMA APLICABLE
SUELO.Metodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo	NTP 339.127.1998
SUELO.Metodo de ensayo para el analisis granulométrico	NTP 339.128.1999
SUELO.Metodo de ensayo para determinar el limite liquido, limite plastico e indice de plasticidad de un suelo	NTP 339.129.2001
SUELO.Metodo de ensayo para determinar el peso especifico relativo de las particulas solidas de suelo	NTP 339.131.1999
SUELO.Metodo para la clasificacion de los suelos con proposito de ingenieria (sistema unificado de clasificacion de suelos. SUCS)	NTP 339.134.1999
SUELO.Determinacion del peso volumetrico de suelos cohesivo	NTP 339.139.1999
SUELO.Determinacion de los factores de contraccion de suelos mediante el metodo del mercurio	NTP 339.140.1999
SUELO.Metodo de ensayo para la comparacion de suelos en laboratorio utilizado una energia modificada (2700KN-m/m ³ (56000 pie-lbf/pie ³))	NTP 339.141.1999
SUELO.Descripcion e identificacion de suelos.procedimiento visual-manual	NTP 339.150.2001
SUELO.Metodo de ensayo normalizado para la determinacion del contenido de las sales solubles en suelos y aguas subterránea	NTP 339.152.2001
SUELO.Metodo normalizado de ensayos para propiedades de consolidacion unidimensional de los suelos.	NTP 339.154.2001
SUELO.Metodo normalizado para la medicion del potencial de colapso de suelos	NTP 339.163.2001
SUELO.Metodo de ensayo normalizado de compression triaxial no consolidado no drenado para suelos cohesivos	NTP 339.164.2001
SUELO.Metodo de ensayo normalizado de compression triaxial consolidado no drenado para suelos cohesivos	NTP 339.166.2001
SUELO.Metodo de ensayo normalizado para la determinacion del hinchamiento unidimensional o potencial de asentamiento de suelos cohesivos.	NTP 339.170.2002
SUELO.Metodo de ensayo normalizado para el ensayo de corte directo en suelos bajo condiciones consolidadas no drenadas.	NTP 339.171.2002
SUELO.Metodo de ensayo para la determinacion cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.	NTP 339.177.2002
SUELO.Modulo de suelo de sub-rasante y materiales no tratados de base/ sub base.	NTP 339.178.2002

Fuente: NTE E050.Suelos y Cimentaciones



2.2.14.1 contenido de humedad

2.2.14.1.2 definición

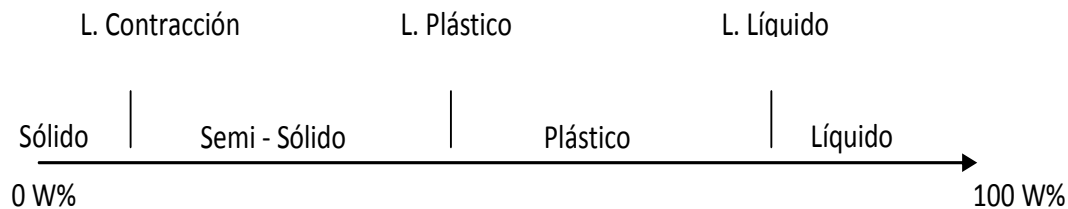
Es la cantidad de agua contenida en un material, tal como el suelo (la **humedad del suelo**), las rocas, la cerámica o la madera medida en base a análisis volumétricos o gravimétricos.

2.2.14.1.3 fórmula

El contenido de humedad, se define matemáticamente como:

$$\text{contenido..de..humedad} = \frac{\text{peso.del.agua}}{\text{peso.del.suelo.sec ado.en.el.horno}} \times 100$$

2.2.14.1.4 límites de consistencia de atterberg



2.2.14.1.5 límite líquido (LL)

Porcentaje de contenido de humedad con que un suelo cambia, al disminuir su humedad, de la consistencia líquida a la plástica, o, al aumentar su humedad, de la consistencia plástica a la líquida (Facultades Institutos, laboratorio de suelos).

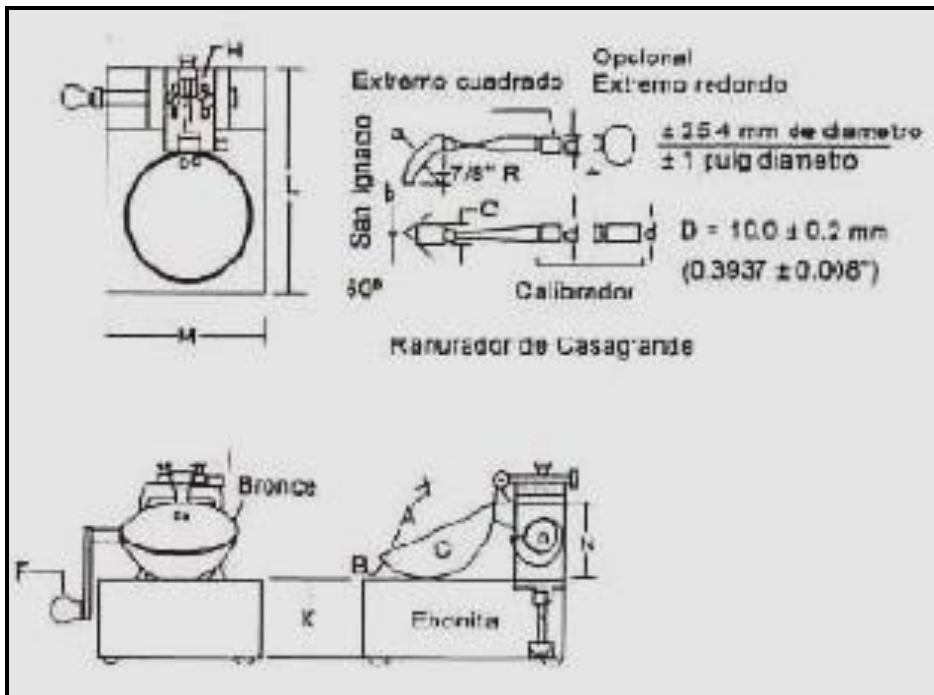


Figura 28. Aparato manual para límite líquido
Fuente: manual de ensayo de materiales (EMS 2000)

2.2.14.1.6 cálculos y fórmula

Calculando el contenido de humedad del suelo, se expresa como porcentaje del peso del suelo seco en el horno.

Preparación de la curva de fluidez. Trácese una, "curva de fluidez" que represente la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la taza de bronce, en un gráfico de papel semilogarítmico. Con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como Abscisa sobre la escala logarítmica. la curva de flujo es una línea recta promedia, que pasa tan cerca como sea posible a través de los tres o más puntos dibujados.

Límite líquido. Tómese el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes como límite líquido del suelo y aproxímese este valor a un número entero. (MTC E 111 – 2000)



Tabla 15. Tablas de Medidas

Aparato de Limite Liquido								Ranurador		
Dimensiones	Conjunto de la cazuela			Base				Extremo Curvado		
	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c
Descripcion	Radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	copa desde la guia del elevador hasta la tara	Espesor	Largo	Ancho	Espesor	Borde cortante	Ancho
Metrico,mm	54	20	27	47	50	150	125	10.0	2.0	13.5
Tolerancia,mm	2	0.1	1	1.5	5	5	5	0.1	0.1	0.1
ingles,pulg	2.13	0.079	1.063	1.85	1.97	5.9	4.92	0.394	0.079	0.531
Tolerancia,pulg	0.08	0.004	0.04	0.05	0.2	0.2	0.2	0.004	0.004	0.004

Fuente: manual de ensayo de materiales (EMS 2000)

Las unidades métricas son las dimensiones requeridas; las inglesas son sólo aproximadas.

2.2.14.2.1 límite plástico (LP)

Porcentaje de contenido de humedad con que un suelo cambia al disminuir su humedad de la consistencia plástica a la semisólida, o, al aumentar su humedad, de la consistencia semisólida a la plástica (Facultades Institutos, laboratorio de suelos).

2.2.14.2.2. Cálculos y fórmula

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 17 para la precisión de un operador.

Tabla 16. Tabla de Estimados de Precisión

Indice de precision y tipo de ensayo	Desviacion Eestandar	Rango Aceptable de dos resultados
Precision de un operador simple Limite Plastico	0.9	2.6
Precison Multilaboratorio Limite Plastico	3.7	10.6

Fuente: manual de ensayo de materiales (EMS 2000)

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Limite.Plastico} = \frac{\text{Peso.de.agua}}{\text{Peso.de.suelo.sec ado.al.horno}}$$



Tabla 17. Análisis Típicos de Laboratorio En que se Muestra el LL, LP y el IP medios

Tipo de suelo	LL	PL	IP
Arenas	20	0	0
Limos	27	20	7
Arcillas	100	45	55
Arcillas coloidales	399	46	

Fuente: NTE E050. suelos y cimentaciones

2.2.14.3 índice de plasticidad

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Dónde:

L.L. = Límite Líquido

L.P. = Límite Plástico

L.L. y L.P. Son números enteros

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

2.2.14.3.1 análisis granulométrico por tamizado

El termino granulometría en los suelos, se refiere a la distribución de tamaños de las partículas que lo conforman, es decir los tamaños de las partículas de los suelos. En la investigación de los suelos se creyó que las propiedades mecánicas de los de los suelos dependían directamente del tamaño de sus partículas. Es posible deducir las propiedades mecánicas de los suelos a partir de la distribución granulométrica o descripción por tamaños. En los suelos gruesos, ha de señalarse, que el comportamiento mecánico e hidráulico esta principalmente por la compacidad de los granos y su orientación, en el cual es posible determinar estas propiedades con un análisis granulométrico. En los suelos finos en estado inalterado, las propiedades mecánicas e hidráulicas dependen en tal grado de su estructuración e historia



geológica, que el conocimiento de su granulometría sería inútil (Mecánica de suelos, William Lambe. Robert V. Whitman).

Para su realización se utiliza una serie de tamices con diferentes diámetros que son ensamblados en una columna. En la parte superior, donde se encuentra el tamiz de mayor diámetro, se agrega el material original (suelo o sedimento mezclado) y la columna de tamices se somete a vibración y movimientos rotatorios intensos en una máquina especial. Luego de algunos minutos, se retiran los tamices y se desensamblan, tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos y que, en su suma, deben corresponder al peso total del material que inicialmente se colocó en la columna de tamices (Mecánica de suelos, William Lambe. Robert V. Whitman).



Figura 29. Análisis Granulométrico por Tamizado
Fuente: T. William Lambe. Robert v. Whitman. Mecánica de Suelos.

Para el análisis granulométrico la cantidad de muestra necesaria, depende de la proporción entre finos y gruesos que pase o no por el tamiz (N° 10); 2,00 mm y del tamaño máximo del material con el objeto de que sea una cantidad suficiente para poder considerarla representativa. A continuación se dan algunos valores que pueden servir de orientación:



Tabla 18

Tabla de la cantidad de muestra necesaria y tamaño máximo

Tabla 18. Tabla de la cantidad de muestra necesaria y tamaño máximo

Tamaño máximo		Cantidad mínima retenida en el tamiz (N° 10) 2,00 mm
Nominales	Redondeados	
9,5 mm (3 / 8)	10 mm	500 g
19,0 mm (¾)	20 mm	1000 g
25,4 mm (1)	25 mm	2000 g
38,mm (1 ½)	40 mm	3000 g
50,8mm (2)	50 mm	4000 g
76,2mm (3)	80 mm	5000 g

FUENTE: MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EMS 2000)

Determinación de las constantes de los suelos.- La cantidad requerida para estos ensayos debe pasar el tamiz N° 40 (425 mm) y debe ser igual a 210 distribuidos de la siguiente forma:

Tabla 19. Cantidades Mínimas de Muestra Para ensayos

Ensayo	Cantidad en gramos
Límite líquido	100
Límite plástico	15
Límite de contracción	30
Ensayos de verificación	65

FUENTE: MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EMS 2000)

2.2.14.4 curva granulométrica

Tomando en cuenta el peso total y los pesos retenidos, se procede a realizar la curva granulométrica, con los valores de porcentaje retenido que cada diámetro ha obtenido. La curva granulométrica permite visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que tienen los tamaños de grano (diámetros) de las partículas (Mecánica de suelos, William Lambe. Robert V. Whitman).

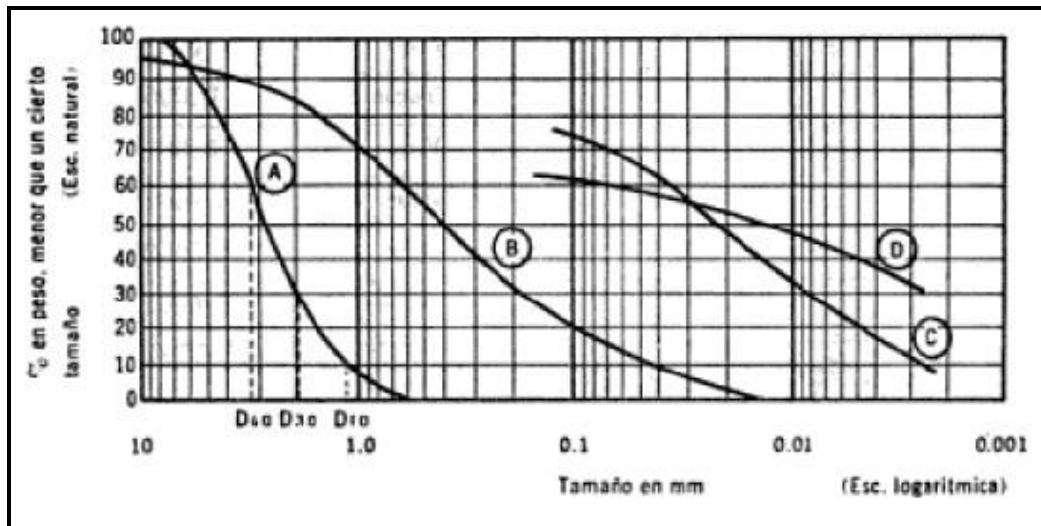


Figura 30. Curva Granulométrica

FUENTE: T. WILLIAM LAMBE. ROBERT V. WHITMAN. MECÁNICA DE SUELOS.

2.2.14.4.1 cálculos y fórmula

- Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).
- Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (N° 4).
- Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (N° 4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.
- Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.
- Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4).
- Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ pasa. } 0.0074 = \frac{\text{peso.total} - \text{peso.retenido.en.la.tamiz.de.0.074}}{\text{peso.total}} \times 100$$

- Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:



$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{peso.retenido.en.la.tamiz}}{\text{peso.total}} \times 100$$

- Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

- Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad.Higroscopica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Dónde:

W = Peso de suelo secado al aire.

W_1 = Peso de suelo secado en el horno.

2.2.14.5 compatibilización de perfiles estratigráficos

En el laboratorio se seleccionarán muestras típicas para ejecutar con ellas ensayos de clasificación. Como resultado de estos ensayos, las muestras se clasificarán, en todos los casos, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos – *SUCS* NTP 339.134:1999 y los resultados de esta clasificación serán comparados con la descripción visual – manual NTP 339.150:2001 obtenida para el perfil estratigráfico de campo, procediéndose a compatibilizar las diferencias existentes a fin de obtener el perfil estratigráfico definitivo, que se incluirá en el informe final (Mecánica de suelos, William Lambe. Robert V. Whitman).



2.2.14.6. Programa de investigación

2.2.14.6.1. Generalidades

Un programa de investigación de campo y laboratorio se define mediante:

- a) Condiciones de frontera.
- b) Número n de Puntos de Investigación.
- c) Profundidad p a alcanzar en cada punto.
- d) Distribución de los puntos en la superficie del terreno.
- e) Número y tipo de muestras a extraer.
- f) Ensayos a realizar “In situ” y en el laboratorio.

Un *EMS* puede plantearse inicialmente con un *PIM* (Programa de Investigación Mínimo), debiendo aumentarse los alcances del programa en cualquiera de sus partes si las condiciones encontradas así lo exigieran (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).

2.2.14.6.1 programa de investigación mínimo - *pim*

El Programa de Investigación aquí detallado constituye el programa mínimo requerido por un *EMS*, siempre y cuando se cumplan las condiciones dadas en el numeral 2.3.2.a (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).

De no cumplirse las condiciones indicadas, el *PR* deberá ampliar el programa de la manera más adecuada para lograr los objetivos del *EMS* (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).

2.2.14.6.2 condiciones de frontera

Tienen como objetivo la comprobación de las características del suelo, supuestamente iguales a las de los terrenos colindantes ya edificados. Serán de aplicación cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- No existen en los terrenos colindantes grandes irregularidades como afloramientos rocosos, fallas, ruinas arqueológicas, estratos erráticos, rellenos o cavidades (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).
- No existen edificaciones situadas a menos de 100 metros del terreno a edificar que presenten anomalías como grietas o desplomes originados por el terreno de cimentación (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).
- El tipo de edificación (Tabla 1) a cimentar es de la misma o de menor exigencia que las edificaciones situadas a menos de 100 metros (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).



- El número de plantas del edificio a cimentar (incluidos los sótanos), la modulación media entre apoyos y las cargas en éstos son iguales o inferiores que las correspondientes a las edificaciones situadas a menos de 100 metros (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).
- Las cimentaciones de los edificios situados a menos de 100 metros y la prevista para el edificio a cimentar son de tipo superficial (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).
- La cimentación prevista para el edificio en estudio no profundiza respecto de las contiguas más de 1,5 metros (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).

2.2.14.6.3. Número “N” de puntos de investigación

El número de Puntos de Investigación se determina en la Tabla 6 en función del tipo de edificación y del área de la superficie a ocupar por éste (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).

Tabla 20. Número de Puntos de Investigación

Tipo de edificación (Tabla 1)	Número de <i>puntos de investigación</i> (n)
A	uno por cada 225 m ² de área techada
B	uno por cada 450 m ² de área techada
C	uno por cada 800 m ² de área techada
Urbanizaciones para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

FUENTE: NTE E050.SUELOS Y CIMENTACIONES




2.2.14.7 planos y perfiles de suelos

2.2.14.7.1 plano de ubicación del programa de exploración

Plano topográfico o planimétrico del terreno, relacionado a una base de referencia y mostrando la ubicación física de la cota de referencia utilizada (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).



Tabla 21. Técnicas de Investigación

TECNICAS DE INVESTICACION		
TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN	SÍMBOLO	
Pozo o calicata	C-n	
Perforación	P-n	
Auscultación	A-n	
n - número correlativo de sondaje		

FUENTE: NTE E050.SUELOS Y CIMENTACIONES

2.2.14.7.2 perfil estratigráfico por punto investigado

Debe incluirse la información del Perfil del Suelo, así como las muestras obtenidas y los resultados de los ensayos “in situ”. Se sugiere incluir los símbolos gráficos indicados en la Figura 29. (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).

2.2.14.7.3 resultados de los ensayos de laboratorio

Se incluirán todos los gráficos y resultados obtenidos en el Laboratorio según la aplicación de las normas. (N.T.P. E 050 - Suelos y Cimentaciones).



Tabla 22. Simbología de Suelos (Referencial)

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO		DESCRIPCIÓN
		SUCS	GRÁFICO	
SUELOS GRANULARES	GRAVA Y SUELOS GRAVOSOS	GW		GRAVA BIEN GRADUAD
		GP		GRAVA MAL GRADUADA
		GM		GRAVA LIMOSA
		GC		GRAVA ARCILLOSA
	ARENA Y SUELOS ARENOSOS	SW		ARENA BIEN GRADUADA
		SP		ARENA MAL GRADUADA
		SM		ARENA LIMOSA
		SC		ARENA ARCILLOSA
SUELOS FINOS	IMOS Y ARCILLAS (LL < 50)	ML		LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
		CL		ARCILLA INORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
		OL		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE BAJA PLASTICIDAD
	LIMOS Y ARCILLAS (LL > 50)	MH		LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD
		CH		ARCILLA INORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
		OH		LIMO ORGÁNICO O ARCILLA ORGÁNICA DE ALTA PLASTICIDAD
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS.	

FUENTE: NTE E050 - SUELOS Y CIMENTACIONES

2.3. Hipótesis.

2.3.1 Hipótesis general

La zonificación geotécnica es poco variada, alcanzando las dos zonas bien definidas una totalmente adecuada para cimentaciones superficiales y otra con baja capacidad portante, susceptible a mayor evaluación según el tipo de proyecto.

2.3.2 Sub Hipótesis

Sub-Hipótesis N°01



Mediante la determinación de la estratigrafía y características del suelo será posible realizar la zonificación geotécnica del casco monumental del distrito de Yanaoca; con la finalidad de proveer información técnica para la construcción de futuras edificaciones.

Sub-Hipótesis N°02

Con un Estudio de Zonificación Geotécnica se determinarán las propiedades físicas y mecánicas para el diseño de Cimentaciones Superficiales del casco monumental del distrito de Yanaoca.

Sub-Hipótesis N°03

El casco monumental se zonifica como un suelo limoso, arcilloso, rocoso con una capacidad portante admisible de diseño que varía de 0.15 Kg/cm² a 2.10 Kg/cm².

Sub-Hipótesis N°04

Con la zonificación se determinara los planos que facilitaran la inmediata ubicación de las zonas adecuadas y de baja capacidad portante.

2.4 Definición de variables

2.4.1 Variable Independiente:

Determinar las propiedades físicas, mecánicas del suelo y características Geotécnicas similares a partir de la variedad de suelos existentes en el casco Monumental del Distrito de Yanaoca.

2.4.2 Variable Dependiente:

Estudio de zonificación geotécnica.



2.4.3 Cuadro de Operacionalizacion de Variables

Tabla 23. Cuadro de Operacionalizacion de Variables

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	UND. DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
DEPENDIENTE				
Estudio de zonificación geotécnica.		La Clasificación de suelos (SUCS).	-----	SUCS E050
		Capacidad portante del suelo. Ensayo de SPT (zona de ubicación "S")	-----	TERZAGH E030
INDEPENDIENTE				
Propiedades físicas, mecánicas del Suelo en el casco monumental del distrito de Yanaoca.		Contenido de Humedad	-	Laboratorio de ensayos de suelo
		Granulometría	-	
		Límites de Atterberg	%	
		Densidad natural.	-	
		Peso específico	kg/cm3	
		Estratigrafía		
Características Geotécnicas similares a partir de la variedad de suelos existentes en el casco monumental del distrito de Yanaoca.		Zonas de Peligro de Riesgo	-	Utilización de Programas AutoCAD, ArcGIS y otros
		Mapa de Pendientes	-	
		Mapa de Geotécnicas de suelos Similares	-	

Fuente: Elaboración propia



CAPITULO III METODOLOGIA

3.1 Metodología de la Investigación

3.1.1 Enfoque de la Investigación.

La presente investigación es de nivel cuantitativo.

3.1.2 Nivel o alcance de la investigación

La investigación tendrá un nivel transversal, descriptivo.

3.1.3. Método de investigación

Metodo Hipotético-Deductivo, es el procedimiento o camino que sigue el investigador para hacer de su actividad una práctica científica.

3.2 Diseño de la investigación.

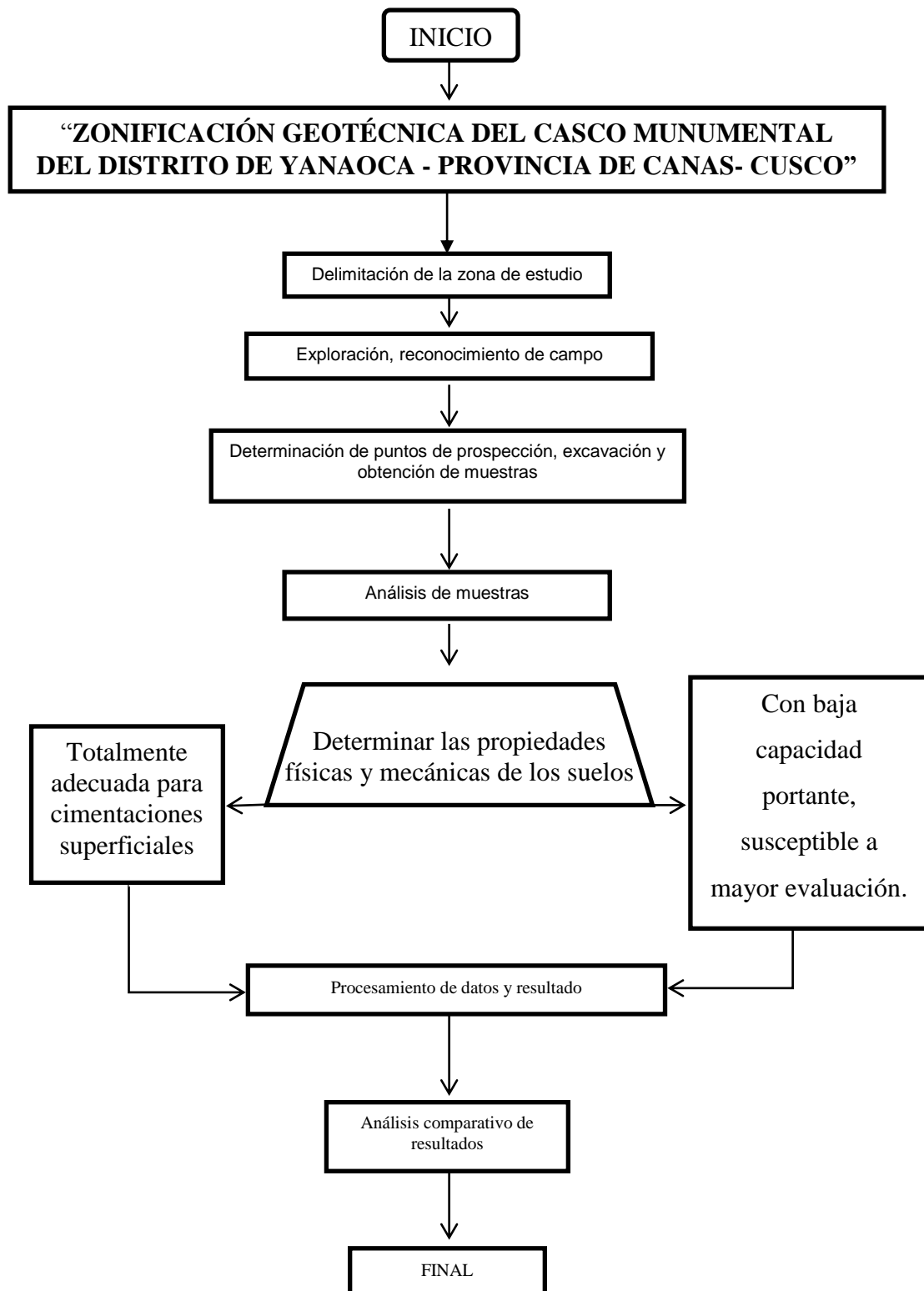
3.2.1. Diseño Metodología

La investigación es no experimental porque se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, en esta investigación no se hacen variar intencionalmente las variables independientes, sino se observan fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. Como señala Kerlinger (1979, p. 116). “La investigación no experimental o ex-post-facto es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables”.

La investigación no experimental es investigación sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. Las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa y dichas relaciones se observan tal y como se han dado en su contexto natural.



3.2.2. Diseño de Ingeniería





3.3. Población y Muestra.

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

La población comprende un área geográfica y política de 20 Ha, que comprende la “ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO”. La provincia Canas es tan diversa como su propia geografía, presenta variadas formaciones geológicas, pisos altitudinales, fuertes pendientes, desniveles, etc. Las características heterogéneas de topografía y fisiografía que se dan a lo largo de la provincia.

El origen y las características de la forma de relieve de la provincia Canas se deben a diversos episodios de modelamiento tectónico del levantamiento de la cadena de los Andes así como también a procesos erosivos originando las diversas formas de paisajes conformando así la geomorfología actual de su territorio.

El territorio de la provincia está atravesado de este a oeste y de sur a noroeste por la accidentada cadena montañosa andina desprendida de la Cordillera Oriental, dando lugar a dos unidades geográficas diferentes desde los puntos de vista geomorfológico, climático y de cobertura vegetal: una ubicada al sur este, de características nítidamente andinas; la otra ubicada al noroeste, de características más asociadas a la ceja de montaña o valle amazónico

La presencia de diversos pisos altitudinales, fuertes pendientes, desniveles y formaciones geológicas heterogéneas, también determinan la concurrencia de variados y complejos patrones geomórficos en distancias muy cortas aunándose a ello la historia morfogénica la cual atravesó diversos episodios geológicos basados en el levantamiento de tipo tectónico de la cordillera occidental, oriental y la faja sub-andina.

Se caracterizan por tener un relieve plano, con suelos de reciente formación sin embargo en su proceso de su deposición existe diversas formas de sedimentación fluvial, aluvial de litología semiconsolidada hasta sueltos de materiales heterogéneos (gravas, conglomerados, limos hasta arcillas y horizontes de turbas).

3.3.1.2. Cuantificación de la población

Se tiene un área aproximada de estudio de 20 hectáreas divididas en cuadrículas de 100m x 100m de área de 10,000 m²



3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

La población de la presente investigación está conformado por las muestras extraídas de las calicatas del suelo corresponde a todo el casco monumental del distrito de Yanaoca, porque se requieren la mayor cantidad de puntos aleatorios de toda la población.

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

El número total de muestras es de 60 puntos de estudios repartidos en los diferentes ensayos a realizar

3.3.2.3. Método de muestreo

El método a utilizar es aleatorio estratificado sin reemplazamiento. Se puede decir que un muestreo es aleatorio cuando, el proceso de selección de la muestra, garantice que todas las muestras que se pueden obtener de la población, tienen la misma probabilidad de ser elegidas, es decir, todos los elementos de la población tienen la misma posibilidad de ser seleccionados para formar parte de la muestra.

Cuando un elemento es seleccionado y se ha medido las variables necesarias para el estudio, no puede volver a usarse la muestra, se hace un muestreo aleatorio sin reemplazamiento.

Es estratificado por que la población en estudio está compuesta por distintos grupos de elementos y el objetivo es que cada uno de los grupos esté proporcionalmente representado dentro de la muestra, el método de muestreo se realizó por medio de las perforaciones a cielo abierto (calicatas).

En el siguiente cuadro se muestra a los puntos evaluados, con sus respectivas coordenadas.



Tabla 24. Puntos de Prospección Geofísica del Casco Monumental del Distrito de Yanaoca - Provincia de Canas- Cusco.

PUNTO	DESCRIPCION	COORDENADAS		
		X	Y	msnm
C1	CALICATA A CIELO ABIERTO	237736.79	8426988.16	3920.15
C2	CALICATA A CIELO ABIERTO	237764.68	8426903.35	3922.92
C3	CALICATA A CIELO ABIERTO	237811.75	8426815.95	3924.25
C4	CALICATA A CIELO ABIERTO	237838.21	8426745.36	3924.75
C5	CALICATA A CIELO ABIERTO	237852.00	8426705.49	3926.27
SPT-6	SPT	237749.75	8426670.32	3920.53
C7	CALICATA A CIELO ABIERTO	237671.98	8426635.70	3916.08
C8	CALICATA A CIELO ABIERTO	237632.33	8426619.36	3914.38
C9	CALICATA A CIELO ABIERTO	237745.05	8427000.01	3920.15
C10	CALICATA A CIELO ABIERTO	237715.89	8427083.53	3918.43
C11	CALICATA A CIELO ABIERTO	237675.04	8427200.58	3920.25
C12	CALICATA A CIELO ABIERTO	237614.14	8427195.23	3914.71
C13	CALICATA A CIELO ABIERTO	237594.94	8427238.51	3914.38
C14	CALICATA A CIELO ABIERTO	237484.27	8427193.84	3906.46
C15	CALICATA A CIELO ABIERTO	237447.00	8427075.00	3916.04
C16	CALICATA A CIELO ABIERTO	237489.00	8427107.00	3908.07
C17	CALICATA A CIELO ABIERTO	237578.00	8427130.00	3911.10
C18	CALICATA A CIELO ABIERTO	237561.00	8427217.00	3910.01
C19	CALICATA A CIELO ABIERTO	237680.00	8427178.00	3920.06
C20	CALICATA A CIELO ABIERTO	237702.00	8427075.00	3917.13
C21	CALICATA A CIELO ABIERTO	237595.00	8427065.00	3911.11
C22	CALICATA A CIELO ABIERTO	237516.00	8427022.00	3912.08
SPT- 23	SPT	237298.00	8426852.00	3900.03
C24	CALICATA A CIELO ABIERTO	237229.00	8426758.00	3895.14
C25	CALICATA A CIELO ABIERTO	237530.00	8426888.00	3913.10
C26	CALICATA A CIELO ABIERTO	237631.00	8427005.00	3913.05
C27	CALICATA A CIELO ABIERTO	237721.00	8427026.00	3918.04
C28	CALICATA A CIELO ABIERTO	237425.00	8426712.00	3907.12
C29	CALICATA A CIELO ABIERTO	237701.68	8427120.19	3918.95
C30	CALICATA A CIELO ABIERTO	237757.00	8426938.00	3923.04
C31	CALICATA A CIELO ABIERTO	237683.00	8426899.00	3918.11
SPT-32	SPT	237672.00	8426897.00	3917.07
C33	CALICATA A CIELO ABIERTO	237360.00	8426735.00	3904.04
C34	CALICATA A CIELO ABIERTO	237482.00	8426569.00	3908.14
C35	CALICATA A CIELO ABIERTO	237581.00	8426778.00	3913.04
C36	CALICATA A CIELO ABIERTO	237699.00	8426820.00	3918.01
C37	CALICATA A CIELO ABIERTO	237721.00	8426826.00	3919.00
C38	CALICATA A CIELO ABIERTO	237789.00	8426874.00	3924.16
C39	CALICATA A CIELO ABIERTO	237578.00	8426691.00	3912.18
C40	CALICATA A CIELO ABIERTO	237485.00	8426549.00	3908.09
C41	CALICATA A CIELO ABIERTO	237527.00	8426592.00	3910.11
C42	CALICATA A CIELO ABIERTO	237604.00	8426645.00	3913.04
C43	CALICATA A CIELO ABIERTO	237730.00	8426742.00	3918.17
C44	CALICATA A CIELO ABIERTO	237827.00	8426751.00	3924.01
C45	CALICATA A CIELO ABIERTO	237685.00	8426673.00	3917.00
C46	CALICATA A CIELO ABIERTO	237706.00	8426683.00	3918.09
C47	CALICATA A CIELO ABIERTO	237640.00	8427260.00	3919.16
C48	CALICATA A CIELO ABIERTO	237613.00	8427115.00	3913.07
SPT- 49	SPT	237608.00	8427098.00	3912.00
C50	CALICATA A CIELO ABIERTO	237639.00	8427049.00	3913.00
C51	CALICATA A CIELO ABIERTO	237603.72	8426948.03	3912.61
C52	CALICATA A CIELO ABIERTO	237559.19	8426833.80	3913.73
C53	CALICATA A CIELO ABIERTO	237316.57	8426764.23	3901.58
C54	CALICATA A CIELO ABIERTO	237344.62	8426685.77	3901.57
C55	CALICATA A CIELO ABIERTO	237392.19	8426701.02	3904.74
C56	CALICATA A CIELO ABIERTO	237414.10	8426625.54	3905.12
C57	CALICATA A CIELO ABIERTO	237498.23	8426643.31	3907.12
C58	CALICATA A CIELO ABIERTO	237581.60	8426670.86	3912.04
SPT-59	SPT	237523.31	8426708.42	3909.59
C60	CALICATA A CIELO ABIERTO	237500.81	8426744.29	3909.72

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra

Deben obtenerse muestras representativas de suelo o de roca, o de ambos, de cada material que sea importante para el diseño y la construcción. El tamaño, y tipo de la muestra requerida depende de los ensayos que se vayan a efectuar y del porcentaje de partículas gruesas en la muestra, y las limitaciones del equipo de ensayo a ser usado.

El tamaño de las muestras alteradas, en bruto, puede variar a criterio de la dirección técnica, pero se sugieren, para algunos propósitos, las siguientes cantidades, para la mayoría de los materiales.

- Clasificación visual: 0,50 kg. – 50 – 500 gr.
- Análisis granulométrico y constantes de suelos no granulares: 0,50 a 2.5 kg.
- Ensayo de compactación y granulometría del suelo-agregado granular: 20-40 kg.
- Producción de agregados o ensayo de propiedades de agregados: 50 -200 kg.

Identifíquese cuidadosamente cada muestra con la respectiva perforación o calicata y con la profundidad a la cual fue tomada. Colóquese una identificación dentro del recipiente o bolsa, ciérrase en forma segura, protéjase del manejo rudo y márquese exteriormente con una identificación apropiada. Guárdense muestras para la determinación de la humedad natural en recipientes de cierre hermético para evitar pérdidas de la misma. Cuando el secado de muestras puede afectar la clasificación y los resultados de los ensayos, las muestras deben ser protegidas para la pérdida de humedad.

3.3.3. Criterios de inclusión.

Los puntos considerados a evaluar en la presente investigación estarán ubicados dentro de la zona urbana del área delimitada del casco Monumental del Distrito de Yanaoca.

3.4. Instrumentos.

3.4.1. Instrumentos metodológicos o Instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo del proceso de investigación, se construyeron:

3.4.1.1 Fichas de recolección de datos de campo.



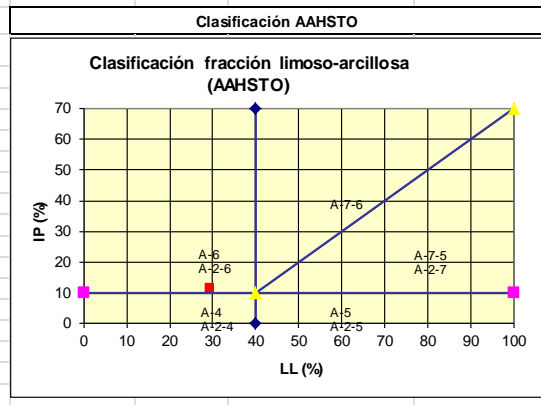
Tabla 25. Formato para Recolección de Datos en Campo, Para los Ensayos de Granulometría

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 107 - 99

UBICACIÓN: UAC
SOLICITA:
TESIS: "ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO"
FECHA:
CALICATA 01:

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)
4"	100	100.00	100.00	0.00	0.00
3"	75	100.00	100.00	0.00	0.00
2"	50	100.00	100.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.1	100.00	100.00	0.00	0.00
1"	25.4	100.00	100.00	0.00	0.00
3/4"	19	100.00	100.00	0.00	0.00
1/2"	12.7	99.42	99.42	0.58	0.58
3/8"	9.5	98.09	98.09	1.91	1.33
1/4"	6.35	95.98	95.98	4.02	2.11
4	4.75	94.02	94.02	5.98	1.96
10	2	87.03	87.03	12.97	6.99
20	0.85	78.52	78.52	21.48	8.51
40	0.425	72.78	72.78	27.22	5.74
60	0.25	68.63	68.63	31.37	4.15
100	0.15	65.51	65.51	34.49	3.12
200	0.075	50.00	50.00	50.00	15.51



Límite líquido LL	29.14 %
Límite plástico LP	17.09 %
Índice plasticidad IP	12.05 %

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
 Suelo de partículas finas.
Arcilla baja plasticidad arenosa CL

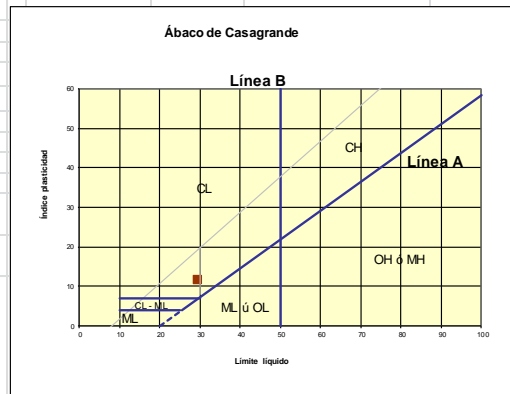
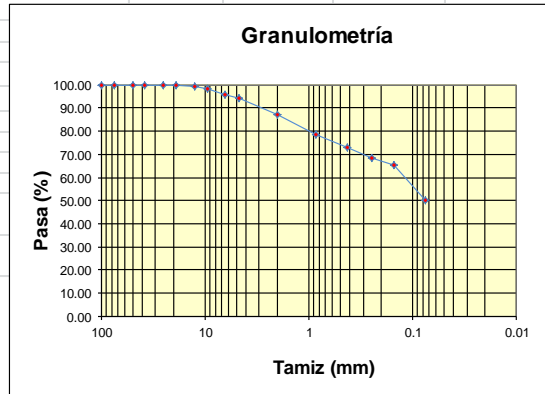
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	94.02 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	50.00 %
Deo:	0.12 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Material limoso-arenoso
 Pobre a malo como subgrado
A-6 Suelo arcilloso

Gravas:	5.98 %
Arena:	28.51 %
Limo y Arcillas:	65.51 %
	100.00 %

Valor del índice de grupo (IG): 3

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS	
SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GW Gravas bien graduadas GP Gravas mal graduadas GM Gravas Limosas GC Gravas Arcillosas
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA N° 200	SW Arenas bien graduadas SP Arenas mal graduadas SM Arenas Limosas SC Arenas Arcillosas
LIMOS Y ARCILLAS	ML Limo Inorgánicos CL Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad OL Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas MH Limos Inorgánicos CH Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad OH Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad
Altamente Orgánico	Pt Turba y otros suelos altamente orgánicos



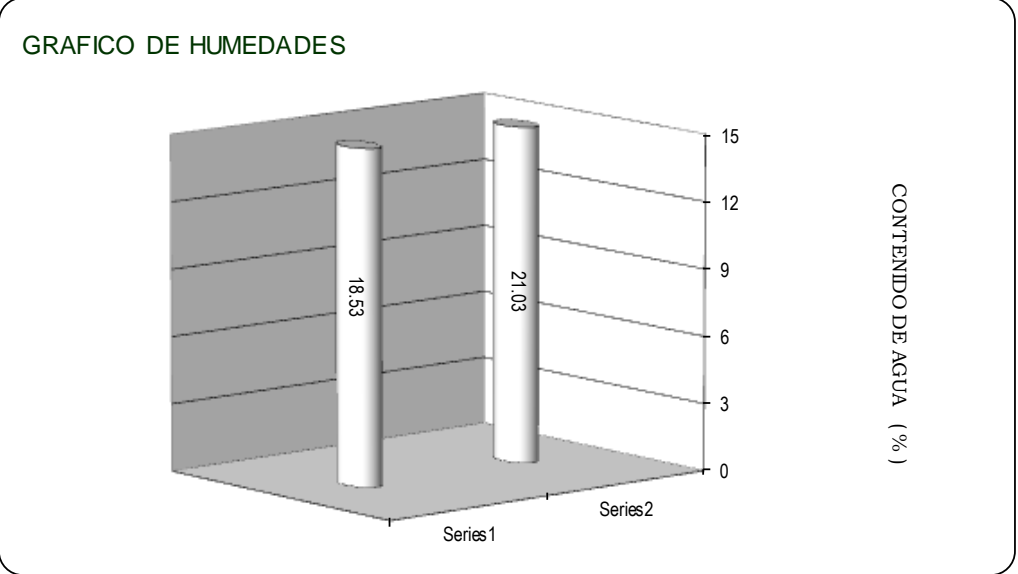


Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
 Suelo de partículas finas.
Arcilla baja plasticidad arenosa CL

Fuente: Elaboracion Propia





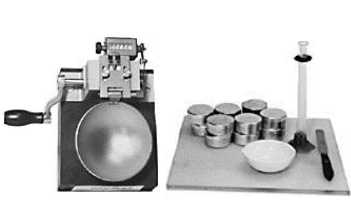
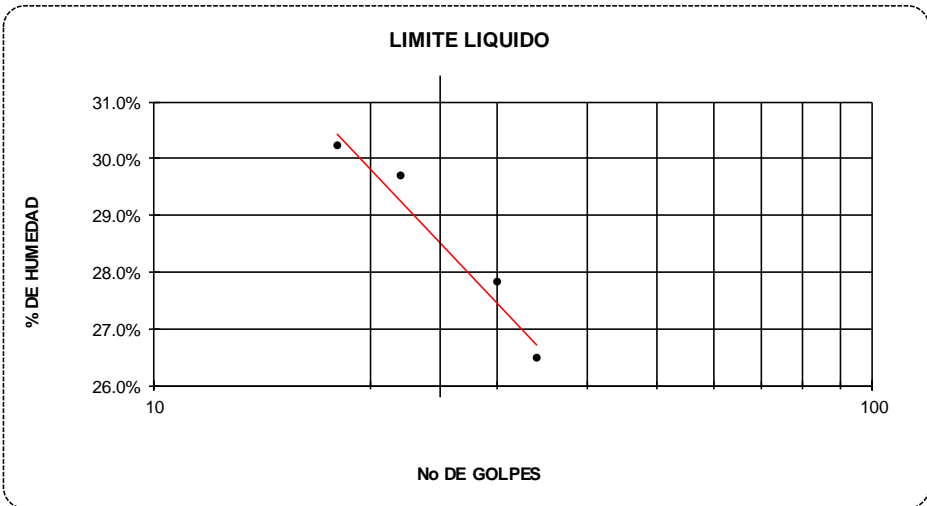
Tabla 26. Formato para Recolección de Datos En Campo, Para Los Ensayos Contenido de Humedad

	CONTENIDO DE HUMEDAD MTC - E 108 - 99 MICROOVEN METHOD	
		
<p>TESIS : "ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANACCHA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO".</p> <p>Ubicación : Calicata : N°</p> <p>TESISTA : EDISON QUISPE HUANCA</p> <p>Fecha : Prof :</p>		
muestra Profundidad (Mt)	N- 0 1 1.50	N 0 2 1.50
Peso de Capsula (gr)	52.34	51.64
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	99.35	94.75
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr)	92	87.26
Peso del Suelo Humedo (gr)	47.01	43.11
Peso del Suelo Seco (gr)	39.66	35.62
Peso del Agua (gr)	7.35	7.49
Contenido de Humedad (w)	18.53	21.03
Promedio : 23.24%		
<p>GRAFICO DE HUMEDADES</p> 		

Fuente: Elaboracion Propia



Tabla 27. Formato para recolección de datos en campo, para los ensayos de límites de consistencia

 UAC																																									
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA																																									
TESIS : "ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANACCA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO".																																									
UBICACIÓN : TESISTA: EDISON QUISPE HUANCA FECHA :	Calicata N° Segundo Estrato MUESTRA :																																								
LIMITE LIQUIDO	OBSERVACIONES:																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Muestra N°</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la capsula</td> <td>10.25</td> <td>10.35</td> <td>12</td> <td>10.25</td> </tr> <tr> <td>Peso capsula + suelo humedo</td> <td>95.26</td> <td>96.34</td> <td>93.65</td> <td>94.15</td> </tr> <tr> <td>Peso capsula+ suelo seco</td> <td>77.45</td> <td>77.62</td> <td>74.95</td> <td>74.68</td> </tr> <tr> <td>Numero de golpes</td> <td>34</td> <td>30</td> <td>22</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>Peso suelo seco</td> <td>67.2</td> <td>67.27</td> <td>62.95</td> <td>64.43</td> </tr> <tr> <td>Peso agua</td> <td>17.81</td> <td>18.72</td> <td>18.7</td> <td>19.47</td> </tr> <tr> <td>% humedad</td> <td>26.50%</td> <td>27.83%</td> <td>29.71%</td> <td>30.22%</td> </tr> </tbody> </table>	Muestra N°	1	2	3	4	Peso de la capsula	10.25	10.35	12	10.25	Peso capsula + suelo humedo	95.26	96.34	93.65	94.15	Peso capsula+ suelo seco	77.45	77.62	74.95	74.68	Numero de golpes	34	30	22	18	Peso suelo seco	67.2	67.27	62.95	64.43	Peso agua	17.81	18.72	18.7	19.47	% humedad	26.50%	27.83%	29.71%	30.22%	
Muestra N°	1	2	3	4																																					
Peso de la capsula	10.25	10.35	12	10.25																																					
Peso capsula + suelo humedo	95.26	96.34	93.65	94.15																																					
Peso capsula+ suelo seco	77.45	77.62	74.95	74.68																																					
Numero de golpes	34	30	22	18																																					
Peso suelo seco	67.2	67.27	62.95	64.43																																					
Peso agua	17.81	18.72	18.7	19.47																																					
% humedad	26.50%	27.83%	29.71%	30.22%																																					
LIMITE PLASTICO	RESULTADOS																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de la capsula</td> <td>6.12</td> <td>6.45</td> <td>5.48</td> </tr> <tr> <td>Peso capsula + suelo humedo</td> <td>9.81</td> <td>9.64</td> <td>9.76</td> </tr> <tr> <td>Peso capsula+ suelo seco</td> <td>9.29</td> <td>9.17</td> <td>9.12</td> </tr> <tr> <td>Peso suelo seco</td> <td>3.17</td> <td>2.72</td> <td>3.64</td> </tr> <tr> <td>Peso agua</td> <td>0.52</td> <td>0.47</td> <td>0.64</td> </tr> <tr> <td>% humedad</td> <td>16.40%</td> <td>17.28%</td> <td>17.58%</td> </tr> </tbody> </table>	Muestra	1	2	3	Peso de la capsula	6.12	6.45	5.48	Peso capsula + suelo humedo	9.81	9.64	9.76	Peso capsula+ suelo seco	9.29	9.17	9.12	Peso suelo seco	3.17	2.72	3.64	Peso agua	0.52	0.47	0.64	% humedad	16.40%	17.28%	17.58%	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">LIMITE LIQUIDO</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">28.80%</td> </tr> <tr> <td>LIMITE PLASTICO</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">17.09%</td> </tr> <tr> <td>INDICE PLASTICO</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">11.71%</td> </tr> </table>	LIMITE LIQUIDO	28.80%	LIMITE PLASTICO	17.09%	INDICE PLASTICO	11.71%						
Muestra	1	2	3																																						
Peso de la capsula	6.12	6.45	5.48																																						
Peso capsula + suelo humedo	9.81	9.64	9.76																																						
Peso capsula+ suelo seco	9.29	9.17	9.12																																						
Peso suelo seco	3.17	2.72	3.64																																						
Peso agua	0.52	0.47	0.64																																						
% humedad	16.40%	17.28%	17.58%																																						
LIMITE LIQUIDO	28.80%																																								
LIMITE PLASTICO	17.09%																																								
INDICE PLASTICO	11.71%																																								
<div style="border: 1px dashed black; padding: 10px;"> <p style="text-align: center;">LIMITE LIQUIDO</p>  </div>																																									

Fuente: Elaboracion Propia



presente cada suelo. En las observaciones se anotarán las características especiales que presente cada tipo de suelo.

3.4.1.3 Información de apoyo

Para el presente estudio se empleó el siguiente material de apoyo:

- Material cartográfico base de la ciudad del Cusco, delimitando áreas por comunidades y distritos, mapa geomorfológico de la ciudad del Cusco, Mapa Geológico de la ciudad del Cusco.
- Mapa topográfico del distrito de Yanaoca del Casco Monumental escala 1:20000, curvas de nivel a 50 m levantadas por la dirección regional de Catastro rural del Ministerio de Agricultura.
- Fotografías satelitales y de vista panorámica de los lugares de interés dentro de la zona de estudio.

3.4.2. Instrumentos de Ingeniería

Se clasifica en equipo de campo, equipo de laboratorio y software de ingeniería.

3.4.2.1. Equipo de campo

- Herramientas manuales: Pico, pala, barreta.
- Wincha.
- GPS.
- Cámara Fotográfica.
- Brújula.
- Escalera.
- Bolsas plásticas.
- Envases para depositar muestras de suelo (costalillos).
- Hojas de campo, fichas elaboradas para la recolección de información.
- Equipo de SPT.

3.4.2.2. Equipo de laboratorio de suelos

01 de tamices.

01 horno para secado.

01 equipo completo de copa de Casa Grande.

3.4.2.3. Software de ingeniería

Software ARCGIS- MAP.



Software AUTOCAD- CIVIL 3D.

Microsoft Office Word y Excel.

3.5. Procedimientos de recolección de datos.

El procedimiento de recolección de datos se realizó de acuerdo a la GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS MTC E 101- 2000, basado en la norma ASTM – D 420. Este modo operativo proporciona métodos para el muestreo e investigación de suelos y rocas con base en procedimientos normales, mediante los cuales deben determinarse las condiciones del suelo, de la roca y del agua freática.

Los procedimientos, adecuados de muestreo del suelo y de la roca, permitirán la correlación de los respectivos datos con propiedades del suelo como plasticidad, permeabilidad, peso unitario, compresibilidad, resistencia y gradación; y de la roca como resistencia, estratigrafía, estructura y morfología.

3.5.1. Determinación del Perfil de suelos

Un perfil detallado de suelos deberá desarrollarse únicamente donde la relación continua entre profundidades y datos de los diferentes tipos de suelo y roca, sea económicamente justificable para el proyecto en cuestión.

Las investigaciones geofísicas pueden ser una guía útil para programar los sitios de perforaciones y calicatas. En lo que sea posible, la interpretación de estudios geofísicos deberá ser verificada por perforaciones o excavaciones de prueba.

La profundidad de las calicatas o perforaciones para carreteras, aeropuertos, o áreas de estacionamiento, deberá ser al menos de 1.5 m (5 pies) por debajo del nivel proyectado para la subrasante.

Los registros de perforaciones deberán incluir:

Descripción de cada sitio o área investigada, con cada hueco, sondeo o calicata, localizado claramente (horizontal y verticalmente) con referencia a algún sistema establecido de coordenadas o a algún sitio permanente.

Un perfil estratigráfico de cada hueco, sondeo o calicata, o de una superficie de corte expuesta, en la cual se muestre claramente la descripción de campo y localización de cada material encontrado, mediante símbolos o palabras.



La identificación de todos los suelos deberá basarse en las presentes normas para la clasificación de los suelos y de los suelos-agregados.

Porcentaje de recuperación de núcleos e Índice Calidad de Roca en perforaciones de núcleo.

Representación gráfica de campo y laboratorio y su interpretación facilita el entendimiento y comprensión de condiciones superficiales.

3.5.2 perfil subsuperficial

Los perfiles del subsuelo se deben dibujar únicamente en base a perforaciones reales o datos de los cortes.



ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	II. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	-0.40		MARRON
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIHOSA CON ARENA Y BOLOHERIA			
-1.00		GH+bo			MARRON
			-1.50		

Figura 31. Estratigrafía
Fuente: Elaboración propia

a) EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA

Entre ellos se destacan:



- Barrenos manuales, para excavadoras, palas, depósitos superficiales de suelo. Hasta profundidades de 3-15 pies (1-5 m).
- Herramientas manuales pequeñas, tales como palas, constituyen parte del equipo necesario.
- Frascos de cierre hermético, para humedad de muestras (aproximadamente de 4 a 8 onzas) de capacidad, de plástico, que puedan sellarse.
- Los siguientes accesorios son también necesarios: libreta de campo, cámara fotográfica, estacas y una cinta métrica de 20 ó 30 metros.

b) PROCEDIMIENTO

- Calicatas y trincheras: excavaciones a cielo abierto, hasta la profundidad deseada, tomando las precauciones necesarias para evitar el desprendimiento de material de las paredes que pueda afectar la seguridad del trabajador o contaminar la muestra que se espera obtener.
- Investigación y muestreo del suelo mediante barrenos y muestreadores. El procedimiento es útil para la determinación del nivel freático. La profundidad con esta clase de barreno está limitada por las condiciones agua-suelo, las características del suelo y el equipo empleado.
- Determinación del nivel freático y del material de fundación firme, bien sea roca o suelos de adecuada capacidad de soporte.



Figura 32. Realización de excavaciones a cielo abierto

FUENTE: elaboración propia.

CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL



Las muestras para ensayos de suelos y de rocas deberán enviarse al laboratorio para los ensayos de clasificación física y mecánica respectiva.

Se deberán realizar como mínimo los siguientes ensayos de laboratorio para todos los materiales que se deban caracterizar:

- Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107.
- Humedad natural MTC E 108
- Determinación del límite líquido MTC E 110
- Determinación del límite plástico MTC E 111
- Ensayo de penetración estándar SPT MTC E 119

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

La extrapolación de datos en áreas locales no investigadas puede hacerse de manera tentativa, únicamente cuando se conozca que existe geológicamente una disposición subsuperficial uniforme del suelo y de la roca, siendo la interpretación de responsabilidad del especialista. Las propiedades de los suelos y rocas de proyectos importantes, no deberán predecirse solamente con base en la simple identificación o clasificación en el terreno, sino que deberán comprobarse mediante ensayos de laboratorio y de terreno.

Las recomendaciones de diseño deben ser formuladas únicamente por ingenieros especializados en geotecnia o por ingenieros de carreteras familiarizados con los problemas comunes en dichas áreas.

REFERENCIAS NORMATIVAS ASTM D 420

3.5.3 Muestras representativas en laboratorio

Se realizó de acuerdo a la norma MTC 105-2000, en concordancia con la norma NTP 350 001. OBTENCIÓN EN LABORATORIO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS (CUARTEO) MTC E 105 – 2000. Este Modo Operativo está basado en la Norma NTP 350.001, la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad.

- OBJETIVO

Establecer los procedimientos para obtener en el laboratorio la muestra necesaria para realizar los ensayos, de forma que sea representativa de la muestra total recibida.



El presente Modo Operativo no proporciona resultados numéricos. Sin embargo si no se sigue cuidadosamente los procedimientos aquí descritos, pueden obtenerse muestras distorsionadas para ser usadas en ensayos subsecuentes.

- **REFERENCIAS NORMATIVAS**

Normas Técnicas Peruanas NTP 350.001 Tamices de ensayo

3.5.3.1 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA ANTES DEL CUARTEO

La muestra de suelo, tal como fue recibida, se seca al aire colocándola en forma extendida sobre una superficie plana horizontal.

Se desmenuza el material, deshaciendo los terrones utilizando el mortero.

Como regla general no se debe realizar el secado en horno, porque puede influir en los resultados.

a) EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA

- Tamices, que cumplan con la NTP 350.001. Los siguientes son requeridos:
 - Tamiz 4,75 mm (N° 4)
 - Tamiz 2,00 mm (N° 10)
 - Tamiz 0,425 mm (N° 40)
- Mortero, con su mazo cubierto de caucho en la parte inferior.
- Cuarteador o aparato para la separación de las muestras. En la Fig. 26 se describe y muestra un diseño del aparato que puede utilizarse.
- Lona para cubrir aproximadamente 2 m x 2.5 m.
- Pala, cucharón metálico o badilejo para manejar el material.
- Varilla metálica, de longitud apropiada.

b) PROCEDIMIENTOS

MÉTODO A. CUARTEO MECÁNICO

- La muestra de campo se vierte en la tolva, y se distribuye uniformemente de extremo a extremo, de manera que, aproximadamente, igual cantidad fluya libremente a través de cada cajuela a los recipientes colocados debajo.
- La muestra depositada en uno de los recipientes se reintroduce al aparato las veces que sea necesaria para reducir su tamaño a la cantidad especificada para el ensayo.
- La porción de muestra acumulada en el otro recipiente se debe reservar para otros ensayos.



MÉTODO B. CUARTEO MANUAL

- Se coloca la muestra sobre una superficie dura, limpia y horizontal evitando cualquier pérdida de material o la adición de sustancias extrañas.
- Se mezcla bien hasta formar una pila en forma de cono, repitiendo esta operación cuatro veces. Cada palada tomada de la base se deposita en la parte superior del cono, de modo que el material caiga uniformemente por los lados del mismo.
- Cuidadosamente se aplanar y extiende la pila cónica hasta darle una base circular, espesor y diámetro uniforme, presionando hacia abajo con la cuchara de la pala, de tal manera que cada cuarto del sector contenga el material original. El diámetro debe ser aproximadamente cuatro a ocho veces el espesor.
- Se procede luego a dividir diametralmente el material en cuatro partes iguales, de las cuales se separan dos cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino limpiando luego con cepillo o escoba los espacios libres. Los dos cuartos restantes se mezclan sucesivamente y se repite la operación hasta obtener la cantidad de muestra requerida (ver Fig. 2 de MTC E103).

ANTECEDENTES

ASTM C 702-93 Standard Practice for Reducing Samples of aggregate to Testing Size.

UNE 77-327-75 Preparación de muestras para los ensayos de suelos.

En la Fig. 26 de MTC E103 se muestra un gráfico referencial de un aparato divisor mecánico.

3.5.4 Conservación y transporte de muestras de suelos

La conservación y transporte de muestras de suelos está basado en la norma MTC E 104 – 2000, En concordancia con la norma ASTM 4220.

Este modo operativo señala el procedimiento para la conservación de las muestras inmediatamente después de obtenidas en el terreno, así como para su transporte y manejo.

a) EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA

- El tipo de materiales y de recipientes requeridos, depende de las condiciones y requerimientos enunciados para los grupos A a D del numeral 2 y también del clima, del medio de transporte y de la distancia. El método que se emplea es el B.
- Bolsas, ya sean plásticas, de yute, fibra, lona, etc.
- Cajas, para el transporte de muestras de bloque cúbico y elaboradas con tablas de 13 a 19 mm ($\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ ") de espesor.



- Cajas cilíndricas, un poco más largas que los tubos de pared delgada.

Nota. Deben observarse las limitaciones de dimensiones de embalaje y peso para el transporte comercial.

- Para la identificación. Incluir los elementos necesarios, tales como rótulos y marcadores para identificar adecuadamente la (s) muestra (s).

b) PROCEDIMIENTO

Para todas las muestras. Se debe identificar apropiadamente las muestras con membretes, rótulos y marcas, antes de transportarlos, en la siguiente forma:

- a) Nombre o número de la calicata.
- b) Fecha del muestreo.
- c) Muestra/número y localización de la calicata.
- d) Profundidad o elevación, o ambas.
- e) Orientación de la muestra.

RESUMEN DE LOS MÉTODOS

Los diferentes métodos se distribuyen en cuatro grupos, así:

Grupo A. Muestras que requieren únicamente identificación visual.

Grupo B. Muestras que necesitan únicamente ensayos de contenidos de humedad y clasificación; de peso unitario y peso específico; el perfil de la perforación y muestras en bruto.

Grupo C. Muestras inalteradas, formadas naturalmente o preparadas en el campo para determinaciones de peso unitario; o para compresión y porcentaje de hinchamiento, consolidación, ensayos de permeabilidad y de resistencia al corte, con y sin medidas de esfuerzo-deformación y de cambios de volumen, hasta incluir ensayos dinámicos y cíclicos.

Grupo D. Muestras frágil o altamente sensibles, para las cuales se requieren los ensayos del Grupo C.

SIGNIFICADO Y USO

En todos los casos, el objeto primordial es el de preservar las condiciones propias de cada muestra.

PRECAUCIONES

Es de responsabilidad, consultar y establecer medidas de seguridad y sanidad apropiadas.

MUESTREO



Deben obtenerse muestras representativas de suelo o de roca, o de ambos, de cada material que sea importante para el diseño y la construcción. El tamaño, y tipo de la muestra requerida depende de los ensayos que se vayan a efectuar y del porcentaje de partículas gruesas en la muestra, y las limitaciones del equipo de ensayo a ser usado.

Nota 1. El tamaño de las muestras alteradas, en bruto, puede variar a criterio de la dirección técnica, pero se sugieren, para algunos propósitos, las siguientes cantidades, para la mayoría de los materiales.

Clasificación visual: 0,50 kg. – 50 – 500 gr.

Análisis granulométrico y constantes de suelos no granulares: 0,50 a 2.5 kg.

Ensayo de compactación y granulometría del suelo-agregado granular: 20-40 kg.

Producción de agregados o ensayo de propiedades de agregados: 50 -200 kg.

Identifíquese cuidadosamente cada muestra con la respectiva perforación o calicata y con la profundidad a la cual fue tomada. Colóquese una identificación dentro del recipiente o bolsa, ciérrase en forma segura, protéjase del manejo rudo y márquese exteriormente con una identificación apropiada. Guárdense muestras para la determinación de la humedad natural en recipientes de cierre hermético para evitar pérdidas de la misma. Cuando el secado de muestras puede afectar la clasificación y los resultados de los ensayos, las muestras deben ser protegidas para la pérdida de humedad.

3.5.5. Análisis granulométrico de suelos por tamizado mtc e 107- 2000

El análisis granulométrico de suelos por tamizado se realizó de acuerdo a la NORMA MTC E 107 – 2000.

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 422 y AASHTO T 88, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad.

a) EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA

- **Dos balanzas.** Una con sensibilidad de 0.01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (N° 4). Otra con sensibilidad 0.1 % del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).
- **Tamices de malla cuadrada:**



Tabla 29. Tamices de malla cuadrada

TAMICES	ABERTURA(mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
N°4	4,760
N°10	2,000
N°20	0,840
N°40	0,425
N°60	0,260
N°140	0,106
N°200	0,075

Fuente: manual de ensayo de materiales (EMS 2000)

- Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes:

Tabla 30. Tamices de malla cuadrada

TAMICES	ABERTURA(mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
3/8"	9,500
N°4	4,760
N°8	2,360
N°16	1,100
N°30	0,590
N°50	0,297
N°100	0,149
N°200	0,075

Fuente: manual de ensayo de materiales (EMS 2000)



- *Estufa*, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- *Envases*, adecuados para el manejo y secado de las muestras.
- *Cepillo y brocha*, para limpiar las mallas de los tamices.

b) PROCEDIMIENTO.

- Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado.
- Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos.
- Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.
- Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.
- El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:
- Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 26.

Tabla 31. tablas de tamaños máximos de las partículas

DIÁMETRO NOMINAL DE LAS PARTÍCULAS MÁS GRANDES MM (PULG)	PESO MÍNIMO APROXIMADO DE LA PORCIÓN
9.5(3/8")	500
19.6(3/4")	1000
25.7(1")	2000
37.5(1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

Fuente: manual de ensayo de materiales (EMS 2000)



- El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (N° 4) será aproximadamente de 115 g, para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.
- En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4), pueden calcularse de acuerdo con la norma
- Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

c) toma de datos

Tabla 32.análisis granulométrico de suelos por tamizado mtc e 107- 2000

Tamiz N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)
4"	100	100.00	100.00	0.00	0.00
3"	75	100.00	100.00	0.00	0.00
2"	50	100.00	100.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.1	100.00	100.00	0.00	0.00
1"	25.4	100.00	100.00	0.00	0.00
3/4"	19	100.00	100.00	0.00	0.00
1/2"	12.7	99.42	99.42	0.58	0.58
3/8"	9.5	98.09	98.09	1.91	1.33
1/4"	6.35	95.98	95.98	4.02	2.11
4	4.75	94.02	94.02	5.98	1.96
10	2	87.03	87.03	12.97	6.99
20	0.85	78.52	78.52	21.48	8.51
40	0.425	72.78	72.78	27.22	5.74
60	0.25	68.63	68.63	31.37	4.15
100	0.15	65.51	65.51	34.49	3.12
200	0.075	64.25	64.25	35.75	1.26

Fuente: elaboración propia

3.5.6. Análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (n° 200).

a) EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA

- *Dos balanzas.* Una con sensibilidad de 0.01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (N° 4). Otra con sensibilidad 0.1 % del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).
- Tamices de malla cuadrada:



Tabla 33. Tamices de malla cuadrada

TAMICES	ABERTURA(mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
N°4	4,760
N°10	2,000
N°20	0,840
N°40	0,425
N°60	0,260
N°140	0,106
N°200	0,075

Fuente: manual de ensayo de materiales (EMS 2000)

- Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes:

Tabla 34. Tamices de malla cuadrada

TAMICES	ABERTURA(mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
3/8"	9,500
N°4	4,760
N°8	2,360
N°16	1,100
N°30	0,590
N°50	0,297
N°100	0,149
N°200	0,075

FUENTE: manual de ensayo de materiales (EMS 2000)



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

b) PROCEDIMIENTO

- Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0.01 g.
- Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$). Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.
- Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.
- Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200) con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.
- Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$) y se pesa.
- Se tamiza en seco.



Figura 33. lavado de la muestra en el tamiz N° 200
Fuente: elaboración propia



Figura 34.colocación de las muestras en el horno antes del tamizado
Fuente: Elaboración Propia

TAMIZADO PARA LA OBTENCIÓN DE LA GRANULOMETRÍA, REALIZADA EN EL LABORATORIO.



Figura 35.Tamizado para la obtención de la granulometría, realizada en el laboratorio
Fuente: Elaboración Propia



Figura 36. Pesaje de las proporciones obtenidas después del tamizado
Fuente: elaboración propia

c) toma de datos

Tabla 35. Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado MTC E 107- 2000

Tamiz		Pasa	Pasante	Retenido	Retenido
Tamiz N°	(mm)	(%)	(%)	Acumulado (%)	Parcial (%)
4"	100	100.00	100.00	0.00	0.00
3"	75	100.00	100.00	0.00	0.00
2"	50	100.00	100.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.1	100.00	100.00	0.00	0.00
1"	25.4	100.00	100.00	0.00	0.00
3/4"	19	100.00	100.00	0.00	0.00
1/2"	12.7	99.42	99.42	0.58	0.58
3/8"	9.5	98.09	98.09	1.91	1.33
1/4"	6.35	95.98	95.98	4.02	2.11
4	4.75	94.02	94.02	5.98	1.96
10	2	87.03	87.03	12.97	6.99
20	0.85	78.52	78.52	21.48	8.51
40	0.425	72.78	72.78	27.22	5.74
60	0.25	68.63	68.63	31.37	4.15
100	0.15	65.51	65.51	34.49	3.12
200	0.075	64.25	64.25	35.75	1.26

Fuente: elaboración propia

DATOS OBTENIDOS DEL ANALISIS GRANULOMETRICO

Se visualiza a las muestras tomadas con sus respectivas profundidades (estratos variables de acuerdo al tipo de suelo).



3.5.7 Ensayo de límites de consistencia MTC E 110 - 2000

3.5.7.1 La determinación del Límite Líquido de los suelos se realizó de acuerdo a la NORMA MTC E 110 – 2000.

OBJETIVO

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.

El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

a) EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA

- Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½”) de diámetro aproximadamente.
- Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3” – 4”) de longitud y 20 mm (¾”) de ancho aproximadamente.
- Aparato del límite líquido (o de Casagrande).
De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 28.
De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 27. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.
- Acanalador. Conforme con las dimensiones críticas indicadas en las figuras 28 y 29.
- Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de 10.00 ± 0.2 mm ($0.394'' \pm 0.008''$) de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0.01 gr.



- Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) para secar la muestra.

b) PROCEDIMIENTO

- Tómese una muestra que pese 150 - 200 g de una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz de 0.425 mm (N° 40).
- ajuste del aparato. Se inspecciona el aparato de límite líquido para verificar que se halle en buenas condiciones del trabajo. El pin que conecta la taza no debe estar tan gastado que tenga juego lateral, ni el tornillo que la conecta, hallarse tan gastado por el largo uso. Inspecciónese, además, el acanalador para verificar que las dimensiones límites son las indicadas en las figuras 1 y 2.
- Se considera desgaste excesivo, cuando el diámetro del punto de contacto sobre la base de la taza excede de 13 mm (0.5") o cuando cualquier punto sobre el borde de la misma se ha desgastado aproximadamente en la mitad del espesor original. Aun cuando se aprecie una ligera ranura en el centro de la taza, ésta no es objetable. Pero si la ranura se pronuncia antes de que aparezcan otros signos de desgaste, debe considerarse que está excesivamente gastada y deberá reemplazarse.
- Una base que esté excesivamente desgastada puede pulirse; pero hasta cuando la tolerancia que no exceda de 2.5 mm (0.1") y la distancia entre la excéntrica de la taza y la base se mantenga dentro de la tolerancia especificada.
- Por medio del calibrador del mango del ranurador y la platina de ajuste H, ajústese la altura a la cual se levanta la taza, de tal manera que el punto que hace contacto con la base al caer esté exactamente a 1 cm (0.394") sobre ésta. Asegúrese la platina de ajuste H, apretando los tornillos con el calibrador, aún colocado, compruébese el ajuste girando la manija rápidamente varias veces. Si el ajuste es correcto, un sonido de roce se oirá cuando la excéntrica golpea contra la taza, si se levanta del calibrador o no se oye ruido, hágase un nuevo ajuste.
- Colóquese la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mézclase completamente con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml. Mézclase completamente cada incremento de agua con el suelo como se ha descrito previamente, antes de cualquier nueva adición.



Figura 37. Proceso de mezcla en el recipiente de porcelana

Fuente: Elaboración Propia

- Algunos suelos son lentos para absorber agua, por lo cual es posible que se adicionen los incrementos de agua tan rápidamente que se obtenga un límite líquido falso. Esto puede evitarse mezclando más y durante un mayor tiempo, (1 hora aproximadamente).
- Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre, colóquese una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa en la base, y comprímase hacia abajo, extiéndase el suelo hasta obtener la posición adecuada (con tan pocas pasadas de la espátula como sea posible), teniendo cuidado de evitar la inclusión de burbujas de aire dentro de la masa. Nivélase el suelo con la espátula y al mismo tiempo emparéjeselo hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo. Regrészese el exceso de suelo a la Vasija de porcelana.
- Divídase el suelo en la taza de bronce por pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia y de dimensiones apropiadas. Para evitar rasgaduras en los lados de la ranura o escurrimientos de la pasta del suelo a la cazuela de bronce, se permite hacer hasta 6 pasadas de adelante hacia atrás o de atrás hacia adelante, contando cada recorrido como una pasada; con cada pasada el acanalador debe penetrar un poco más profundo hasta que la última pasada de atrás hacia adelante limpie el fondo de la cazuela. Hágase una ranura con el menor número de pasadas posible.



Figura 38. División del Suelo
Fuente: Elaboración propia

- Elévese y golpéese la taza de bronce girando la manija F, a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5"). Anótese el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.
- En lugar de fluir sobre la superficie de la taza algunos suelos tienden a deslizarse. Cuando esto ocurra, deberá agregarse más agua a la muestra y mezclarse de nuevo, se hará la ranura con el acanalador y se repetirá el Punto 5.3; si el suelo sigue deslizándose sobre la taza de bronce a un número de golpes inferior a 25, no es aplicable este ensayo y deberá indicarse que el límite líquido no se puede determinar.



Figura 39. Muestra de los Golpes
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Sáquese una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, y colóquese en un recipiente adecuado.
- Pésese y anótese. Colóquese el suelo dentro de la pesa filtro en el horno a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) hasta obtener peso constante y vuélvase a pesar tan pronto como se haya enfriado pero antes de que pueda haber absorbido humedad higroscópica. Anótese este peso, así como la pérdida de peso debida al secamiento y el peso del agua.



Figura 40.Registro de los Pesos Obtenidos
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- Transfírase el suelo sobrante en la taza de bronce a la cápsula de porcelana. Lávese y séquese la tasa de bronce y el ranurador y ármese de nuevo el aparato del límite líquido para repetir el ensayo
- Repítase la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales, con el suelo restante en la vasija de porcelana, al que se le ha agregado agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. El objeto de este procedimiento es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones 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. De esta manera, el alcance de las 3 determinaciones debe ser de 10 golpes.

c) toma de datos

Tabla 36.toma de datos limite liquido

LIMITE LIQUIDO				
Muestra N°	1	2	3	4
Peso de la capsula	10.25	10.35	12	10.25
Peso capsula. + suelo humedo	95.26	96.34	93.65	94.15
Peso capsula + suelo seco	77.45	77.62	74.35	74.68
Numero de golpes	34	30	22	18
Peso suelo seco	67.2	67.27	62.35	64.43
Peso agua	17.81	18.72	19.3	19.47
% humedad	26.50%	27.83%	30.95%	30.22%

Fuente: elaboración propia



3.5.7.2 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD MTC E 111 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 4318 y AASHTO T 90, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad.

OBJETIVO

Determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo.

Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

a) EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA

- *Espátula, de hoja flexible*, de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- *Recipiente para Almacenaje*, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
- *Balanza*, con aproximación a 0.01 g.
- *Horno o Estufa*, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Tamiz, de 426 μ m (N° 40).
- Agua destilada.
- Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

b) PROCEDIMIENTO

- Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 μ m (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 gr a 2,0 gr de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.



- Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra



Figura 41. Mesclado de Muestra
Fuente: elaboración propia

Debe tomarse en una etapa del proceso de amasado en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.



Figura 42. Molde de muestra en forma elicoidal
Fuente: elaboración propia



- Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
- Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.
- El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo:
- En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.
- La porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.
- Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en los tres primeros puntos.



Figura 43. el cilindro queda dividido en trozos
Fuente: elaboración propia



c) toma de datos

Tabla 37. Toma de datos de límite plástico

LIMITE PLASTICO				
Muestra	1	2	3	
Peso de la capsula	6.12	6.45	5.48	
Peso capsula. + suelo humedo	9.81	9.64	9.76	
Peso capsula + suelo seco	9.29	9.17	9.12	
Peso suelo seco	3.17	2.72	3.64	
Peso agua	0.52	0.47	0.64	
% humedad	16.40%	17.28%	17.58%	

Fuente: elaboración propia.

3.5.8. Determinacion del contenido de humedad de un suelo

a) EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA

- Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones:
De 0,01 g para muestras de menos de 200 g
De 0,1 g para muestras de más de 200 g.
- Recipientes.- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.
- Desecador (opcional).- Un desecador de tamaño apropiado que contenga sílica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restitución
- Utensilios para manipulación de recipientes.- Se requiere el uso de guantes, tenazas, o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- Otros utensilios.- Se requieren el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

b) PROCEDIMIENTO

Para los contenidos de humedad que se determinan en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada. La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a lo siguiente:



Tabla 38. La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		$a \pm 0,1\%$	$a \pm 1\%$
2 mm o menos	2,00 mm (N° 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (N° 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm(3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm(3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

FUENTE: MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EMS 2000)

Nota.- * Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

- El uso de un espécimen de ensayo menor que el mínimo indicado en 6.1.2 requiere discreción aunque pudiera ser adecuado para los propósitos del ensayo. En el reporte de resultados deberá anotarse algún espécimen usado que no haya cumplido con estos requisitos.
- Cuando se trabaje con una muestra pequeña (menos de 200 g) que contenga partículas de grava relativamente grandes no es apropiado incluirlas en la muestra de ensayo. Sin embargo en el reporte de resultados se mencionará y anotará el material descartado.
- Para aquellas muestras que consistan íntegramente de roca intacta, el espécimen mínimo tendrá un peso de 500 g. Porciones de muestra representativas pueden partirse en partículas más pequeñas, dependiendo del tamaño de la muestra, del contenedor y la balanza utilizada y para facilitar el secado a peso constante.
- Cuando el espécimen de ensayo es una porción de una mayor cantidad de material, el espécimen seleccionado será representativo de la condición de humedad de la



cantidad total de material. La forma en que se seleccione el espécimen de ensayo depende del propósito y aplicación del ensayo, el tipo de material que se ensaya, la condición de humedad, y el tipo de muestra (de otro ensayo, en bolsa, en bloque, y las demás).

- Para muestras alteradas tales como las desbastadas, en bolsa, y otras, el espécimen de ensayo se obtiene por uno de los siguientes métodos (listados en orden de preferencia):
 - a) Si el material puede ser manipulado sin pérdida significativa de humedad, el material debe mezclarse y luego reducirse al tamaño requerido por cuarteo o por división.
 - b) Si el material no puede ser mezclado y/o dividido, deberá formarse una pila de material, mezclándolo tanto como sea posible. Tomar por lo menos cinco porciones de material en ubicaciones aleatorias usando un tubo de muestreo, lampa, cuchara, frotacho ó alguna herramienta similar apropiada para el tamaño de partícula máxima presente en el material. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
 - c) Si no es posible apilar el material, se tomarán tantas porciones como sea posible en ubicaciones aleatorias que representarán mejor la condición de humedad. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
- En muestras intactas tales como: bloques, tubos, muestreadores divididos y otros, el espécimen de ensayo se obtendrá por uno de los siguientes métodos dependiendo del propósito y potencial uso de la muestra.
 - a) Se desbastará cuidadosamente por lo menos 3 mm de material de la superficie exterior de la muestra para ver si el material está estratificado y para remover el material que esté más seco o más húmedo que la porción principal de la muestra. Luego se desbastará por lo menos 5mm., o un espesor igual al tamaño máximo de partícula presente, de toda la superficie expuesta o del intervalo que esté siendo ensayado.
 - b) Se cortará la muestra por la mitad. Luego se desbastará cuidadosamente por lo menos 5 mm, o un espesor igual del tamaño máximo de partícula presente, de la superficie expuesta de una mitad o el intervalo ensayado. Deberá evitarse el material de los bordes que pueda encontrarse más húmedo o más seco que la porción principal de la muestra.



- Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.
- Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para mantener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.
- Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.



Figura 44. Toma de datos para el contenido de humedad
Fuente: elaboración propia



c) toma de datos

Tabla 39. toma de datos de contenido de humedad

muestra Profundidad (Mt)	N- 01 1.50		N 02 1.50
Peso de Capsula (gr)	51.38		52.49
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	93.76		96.51
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr)	86.89		89.98
Peso del Suelo Humedo (gr)	42.38		44.02
Peso del Suelo Seco (gr)	35.51		37.49
Peso del Agua (gr)	6.87		6.53
Contenido de Humedad (w)	19.35		17.42

Fuente: elaboración propia

3.5.9. Metodo de Ensayo de Penetracion Estandar SPT MTC E 119

OBJETO

Describe el procedimiento, generalmente conocido como Ensayo de Penetración Estándar (SPT), de hincar un muestreador de caña partida para obtener una muestra representativa de suelo y medir la resistencia del suelo a la penetración del muestreador.

FINALIDAD Y ALCANCE

Este método proporciona una muestra de suelo para investigación y ensayos de laboratorio a partir de un muestreador, el cual puede producir gran alteración en la muestra debido a la deformación por corte.

Es ampliamente usado en la gran mayoría de proyectos de exploración geotécnica, y por tanto puede existir correlaciones locales de la cuenta de golpes N, con el comportamiento en ingeniería de obras de tierra y fundaciones.

a) EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA

- Equipo de perforación: Cualquier equipo de perforación será aceptable, que proporcione al tiempo del muestreo una cavidad razonablemente limpia antes de introducir el muestreador y asegure que el ensayo de penetración se realice en suelo inalterado. Las piezas de equipo siguientes han demostrado ser apropiados para el avance de una perforación en algunas condiciones de subsuelo.
- Brocas de arrastre: con corte o con cola de pez, menores de 6,5 pulg (162 mm) y mayores de 2,2 pulg (56 mm) de diámetro pueden usarse en conexión con métodos



de perforación por rotación en cavidad abierta o por avance de entubado. Para evitar la perturbación en el suelo inferior no se permite brocas con descarga de fondo. Solo se permiten brocas con descarga lateral.

- Brocas de cono-rodillo: menores de 6,5 pulg (162 mm) y mayores de 2,2 pulg (56mm) de diámetro pueden usarse en conexión con métodos de perforación por rotación de cavidad abierta o por avance de entubado, si la descarga del fluido de excavación es desviada.
- Barrenos continuos con eje hueco: con o sin ensamblaje de broca central, pueden usarse para perforar. El diámetro inferior de los barrenos con eje hueco deberán ser menores de 6,5 pulg (162 mm) y mayores de 2,2 pulg (56 mm).
- Barrenos continuos sólidos: de tipo balde y manuales, menores de 6,5 pulg (162mm) y mayores de 2,2 pulg (56 mm) de diámetro pueden usarse si el suelo en las paredes laterales del sondaje no colapsa sobre el muestreador o las varillas durante el muestreo.
- Varillas de muestreo. Deberán usarse varillas de perforación de acero de unión rápida para conectar el muestreador de caña partida con el ensamblaje de caída de peso. La varilla de muestreo deberá tener una rigidez (momento de inercia) igual o mayor a aquella de una varilla “A” de paredes paralelas (una varilla de acero con un diámetro exterior de 1 5/8 pulg (41,2 mm) y un diámetro interior de 1 1/8 pulg (28,5 mm).
- Muestreador de caña partida. El muestreador deberá ser construido con las dimensiones indicadas. La zapata deberá ser de acero endurecido y deberá ser reemplazada o reparada cuando esté abollada o deformada. Se permite el uso de revestimientos para producir un diámetro constante interior de 1 3/8pulg (35mm), pero deberá anotarse si éstos se emplean en el registro de perforación. Se permite el empleo de canastillas de retención de muestras, debiéndose indicar su empleo en el registro de perforación.
- Ensamblaje de Caída-Peso
- Martillo y yunque. El martillo deberá pesar $63,5 \pm 1$ Kg y deberá ser una masa metálica sólida y rígida. El martillo deberá golpear el yunque y realizar un contacto acero-acero cuando se deja caer. Deberá utilizarse una guía que permita una caída libre. Los martillos que se usan con el método de malacate y sogá, deberán tener



una capacidad de sobreelevación libre de por lo menos 4 pulg (100 mm). Por razones de seguridad se recomienda el empleo de un equipo con yunque interno.

- Sistema de Caída del Martillo. Puede utilizarse sistemas de malacate-soga, semiautomático o automático, siempre y cuando el aparato de levante no cause penetración del muestreador cuando se engancha y levanta el martillo.
- Equipo accesorio. Deberán proporcionarse etiquetas, contenedores, hojas de datos y equipos para medir el nivel de agua, de acuerdo con los requisitos del proyecto.

b) PROCEDIMIENTO

- El sondaje deberá ser avanzado por incrementos, para permitir muestreo continuo o intermitente. Los intervalos y las localizaciones de ensayo son especificados por el ingeniero o geólogo. Los intervalos seleccionados son típicamente de 5 pies (1,5 m) o menos en estratos homogéneos con ensayos y muestreos a cada cambio de estrato.
- Será aceptable cualquier procedimiento de perforación que proporcione una cavidad razonable limpia y estable antes de introducir el muestreador y asegure que el ensayo se realiza en suelo esencialmente inalterado. Cada uno de los procedimientos siguientes ha sido probado como aceptable para algunas condiciones del subsuelo anticipadas al seleccionar el método de perforación a emplearse.
- Método de perforación por rotación.
- Método de barreno continuo con eje hueco.
- Método de lavado.
- Método de barreno continuo con eje sólido.
- Varios métodos de perforación producen sondajes inaceptables. No deberá permitirse el proceso de chorro a través de un muestreador de tubo abierto seguido del muestreo cuando se alcanza la profundidad deseada. El método de barreno continuo con eje sólido no deberá ser usado para avanzar el sondaje del nivel freático o debajo de la cama superior confinante de un estrato no cohesivo confinado que está bajo presión artesiana. El entubado no debe ser avanzado por debajo del punto de muestreo antes de realizar el muestreo. No se permite avanzar la perforación con brocas de descarga de fondo. No se permite avanzar la



perforación mediante la subsecuente inserción del muestreador solamente por medio de muestreo previo con el muestreador SPT.

- El nivel del fluido de perforación dentro del sondaje o barrenos de eje hueco, deberá ser mantenido al nivel o por encima del nivel freático del terreno en todo momento durante la perforación, remoción de varillas de perforación y muestreo.
- Después que el sondaje se ha avanzado hasta la elevación del muestreo deseado y se ha removido los sobrantes de la excavación, preparar el ensayo con la secuencia de operación siguiente:
- Asegurar el muestreador de caña partida a las varillas de muestreo y bajarlas en el sondaje. No se permitirá que el muestreador caiga en el suelo a ser ensayado.
- Colocar el martillo por encima y conectar el yunque a la parte superior de las varillas de muestreo. Esto puede ser hecho antes que las varillas de muestreo y el muestreador se bajen a la perforación.



Figura 45. Instalación del SPT
Fuente: Elaboración propia

- Descansar el peso muerto del muestreador, varillas, yunque y peso de hinca, en el fondo de la perforación y aplicar un golpe de asiento. Si se encuentran muchos sobrantes en el fondo de la perforación, remover el muestreador y las varillas de la perforación y sacar los sobrantes de la perforación.



Figura 46. Proceso de perforación
Fuente: elaboración propia.

- Marcar las varillas de perforación en tres incrementos sucesivos de 6 pulg (0,5m), de modo que el avance del muestreador bajo el impacto del martillo pueda ser observado fácilmente en cada incremento de 6 pulg (0,15m)
- Hincar el muestreador con golpes de martillo de 63,5 kg y contar el número de golpes aplicado a cada incremento de 6 pulg (0,15m), hasta que algo de lo siguiente ocurra:
- Un total de 50 golpes ha sido aplicado durante cualquiera de los tres incrementos de 6 pulg. (0,15m) descritos en 6.2.1 de este ensayo.
- Un total de 100 golpes se han aplicado.
- No se observa ningún avance del muestreador durante la aplicación de 10 golpes sucesivos del martillo.
- El muestreador se avanza las 18 pulg (0,45 m completas sin que ocurra el número de golpes límite de este ensayo.
- Registrar el número de golpes requerido para alcanzar cada 6 pulg (0,15m) de penetración o fracción. Las primeras 6 pulg. Se consideran las de acomodamiento. La suma del número de golpes del segundo y tercer incremento de 6 pulg. De penetración se denomina “resistencia a la penetración estándar” o “valor de N”. Si el muestreador se hince menos de 18 pulg (0,45m); como lo permite de este ensayo, deberá anotarse en el registro de sondaje el número de golpes de cada incremento completo de 6 pulg (0,15m) y cada incremento parcial. Para los incrementos



parciales, deberá reportarse la profundidad de penetración con aproximación a 1 pulg (25 mm), además del número de golpes. Si el muestreador avanza por debajo del fondo de la perforación por acción del peso propio de las varillas más martillo, deberá ser anotada dicha información en el registro de perforación.

- La salida y bajada del martillo de 63,5 kg deberá ejecutarse mediante uno de los métodos siguientes:
- Por el uso de un sistema de caída de martillo automático o semi-automático, que levanta el martillo de 63,5 kg y lo deja caer 30 ± 1 , pulg ($0,76 \pm 25$ mm) sin impedimento.
- Por el uso de un malacate para jalar una soga conectada al martillo. Cuando se use el método de malacate y soga, el sistema y operación deberá cumplir con lo siguiente:
- El malacate deberá estar libre de oxidación, aceite y grasa y deberá tener un diámetro en el rango de 6 a 10 pulg (150 a 250 mm).
- El malacate deberá ser operado a una velocidad de rotación mínima de 100 RPM, o la velocidad de rotación aproximada se reportará en el registro de perforación.
- No más de $2 \frac{1}{4}$ vueltas de soga en el malacate pueden emplearse durante la realización del ensayo de penetración, como se muestra en la figura 1.
- Para cada golpe del martillo, debe emplearse una salida y bajada por el operador. La operación de jalar y soltar la soga debe ser realizada con ritmo y sin mantener la soga en la parte superior del golpe.
- Llevar el muestreador a la superficie y abrirlo. Registrar el porcentaje de recuperación o la longitud de la muestra recuperada. Describir las muestras de suelos recuperados, tal como su composición, color, estratificación, luego colocar una o más partes representativas de la muestra en recipientes sellados e impermeables, sin dañar o distorsionar cualquier estratificación aparente. Sellar cada recipiente para prevenir la evaporación de la humedad del suelo. Fijar etiquetas a los recipientes indicando la obra, número de sondaje, profundidad de la muestra y el número de golpes por cada incremento de 6 pulg (0,15 m). Proteja las muestras contra cambios extremos de temperatura. Si existe un cambio de suelo dentro del muestreador, prepare un recipiente para cada estrato y anote su localización en el muestreador.

c) toma de datos



Tabla 40.toma de datos de SPT

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	% Recuperación	LP Límite Plástico	LL Límite Líquido	w% Contenido de Humedad	Clasificación	CORRELACIONES			Z (m)	Nspt
							N	Φ (°)	Cu		
							60	suelo	suelo		
							N1 60	riccionante	cohesivo		
2.50	Grava mal gradada, color marrón y gris oscuro de forma redondeada y sub redondeada de origen fluvial y suelta (GP).	0%				S	1.20	19.9	-	2.50	
2.65										1	
2.80										2	
2.95										2	
3.10										2	
3.00	Material muy suelto.	0%				S	2.65	22.3	-	3.10	2
3.25										1	
3.40										6	
3.55										2	
3.70										2	
4.00	Material muy suelto.	0%				S	8.12	27.7	-	3.70	2
3.85										3	
4.00										3	
4.15										15	
4.30										13	
	Material medio denso.	0%				S	6.93	26.8	-	4.30	13
4.45										14	
4.60										11	
4.75										8	
4.90										7	
5.00	Material medio denso.	0%				S	21.44	35.7	-	4.90	7
5.05										7	
5.20										16	
5.35										25	
5.50										40	
	Material denso.	0%				S	31.83	40.2	-	5.50	40
5.65										25	
5.80										40	
5.95										43	
6.10										37	
6.00	Material denso.	0%				S	30.16	39.6	-	6.10	37
6.25										32	
6.40										33	
6.55										38	
6.70										42	
7.00	Material denso.	0%				S	31.66	40.2	-	6.70	42
6.85										40	
7.00										32	
7.15										45	
										7.30	41



3.6. Procedimientos de Análisis de Datos.

3.6.1. Análisis granulométrico de suelos por tamizado MTC E 107- 2000

a) procesamiento de datos.

Se calcula el porcentaje material que pasa por el tamiz de 0.074 mm (N°200) de la siguiente forma:

$$\% \text{Pasa.0,074} = \frac{\text{peso.total} - \text{peso.retenido.en.el.tamiz.de.0.074}}{\text{Peso.Total}} \times 100$$

Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{Retenido} = \frac{\text{peso.retenido.en.el.tamiz}}{\text{peso.total}} \times 100$$

Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{pasa} = 100 - \% \text{retenido.acumulado}$$

Porcentaje de humedad hidrosópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno, se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{Humedad.higroscopica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Dónde:

W=peso de suelo secado al aire

W1= peso de suelo secado en el horno

b) Tablas y diagramas



Tabla 41. Ensayo de análisis granulométrico por tamizado

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 107 - 99

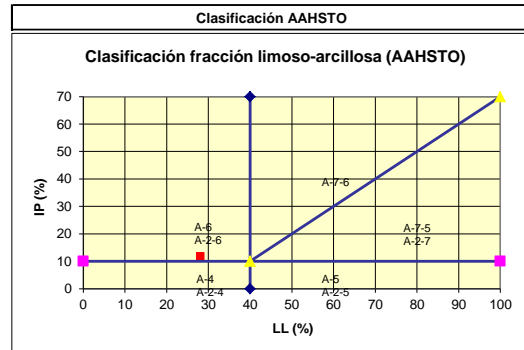
PROYECTO: ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS - CUSCO	
UBICACIÓN: YANAOCA- CANAS - CUSCO	FECHA: CUSCO, FEBRERO DEL 2019
SOLICITA: BACH. EDISON QUISPE HUANCA	CALICATA 02: Alterada

Tamiz	Pasa	Pasante	Retenido	Retenido
Tamiz N°	(mm)	(%)	(%)	Acumulado (%)
4"	100	100.00	100.00	0.00
3"	75	100.00	100.00	0.00
2"	50	100.00	100.00	0.00
1 1/2"	38.1	100.00	100.00	0.00
1"	25.4	100.00	100.00	0.00
3/4"	19	100.00	100.00	0.00
1/2"	12.7	99.89	99.89	0.11
3/8"	9.5	99.87	99.87	0.13
1/4"	6.35	96.31	96.31	3.69
4	4.75	92.47	92.47	7.53
10	2	85.69	85.69	14.31
20	0.85	77.12	77.12	22.88
40	0.425	74.63	74.63	25.37
60	0.25	70.48	70.48	29.52
100	0.15	67.25	67.25	32.75
200	0.075	62.54	62.54	37.46

Límite líquido LL	28.09 %
Límite plástico LP	16.23 %
Índice plasticidad IP	11.86 %

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	92.47 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	62.54 %
D60:	mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	
Grado de curvatura (Cc):	

Gravas:	7.53 %
Arena:	25.22 %
Limo y Arcillas:	67.25 %
	100.00 %

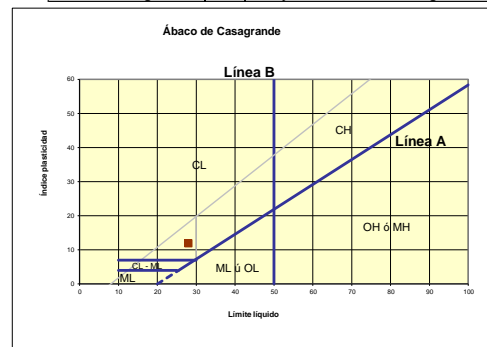
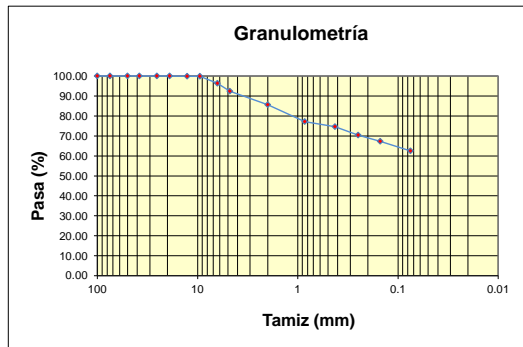


Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
Suelo de partículas finas.
Arcilla baja plasticidad arenosa CL

Material limoso-arenoso
Pobre a malo como subgrado
A-6 Suelo arcilloso

Valor del índice de grupo (IG): 5

SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA N° 200	CLASIFICACION DE SUELOS
GW	GW	Gravas bien graduadas
GP	GP	Gravas mal graduadas
GM	GM	Gravas Limosas
GC	GC	Gravas Arcillosas
SW	SW	Arenas bien graduadas
SP	SP	Arenas mal graduadas
SM	SM	Arenas Limosas
SC	SC	Arenas Arcillosas
ML	ML	Limo Inorgánicos
CL	CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad
OL	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas
MH	MH	Limos Inorgánicos
CH	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad
OH	OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad
Pt	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos



SUELO DE PARTÍCULAS FINAS
Arcilla de baja plasticidad arenosa CL (SUCS)

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

En el ensayo granulométrico del suelo de la calicata N°2, se obtiene que pasa por el tamiz N°4 el 92.47% y 62.54% por la malla N°200, también se puede verificar que se tiene gravas 7.53%, arena 25.22% , limo y arcillas de 67.25% que nos permite determina el análisis granulométrico.



3.6.2 determinación del límite líquido de los suelos MTC E 110 - 2000

a) procesamiento de datos.

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{O} \quad LL = KW^n$$

Dónde:

N = Numero de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad

Wn = contenido de humedad del suelo

K = factor dado en la tabla

b) Tablas y diagramas

Tabla 42. Ensayo de límites liquido

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES										
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA										
PROYECTO :	ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS - CUSCO									
UBICACIÓN :	CUSCO - CANAS - YANAOCA		Calicata N° 02							
SOLICITADO:	BACH. EDISON QUISPE HUANCA		Segundo Estrato							
FECHA :	CUSCO, FEBRERO DE 2019		MUESTRA : Suelo Marron							
LIMITE LIQUIDO										
Muestra N°	1	2	3	4						
Peso de la capsula	12.54	10.45	11.56	10.15						
Peso capsula. + suelo humedo	96.76	98.89	97.04	95.52						
Peso capsula + suelo seco	80.84	80.78	77.98	75.94						
Numero de golpes	36	30	24	21						
Peso suelo seco	68.3	70.33	66.42	65.79						
Peso agua	15.92	18.11	19.06	19.58						
% humedad	23.31%	25.75%	28.70%	29.76%						
LIMITE PLASTICO										
Muestra	1	2	3							
Peso de la capsula	6.15	5.54	5.84							
Peso capsula. + suelo humedo	9.58	9.66	9.60							
Peso capsula + suelo seco	9.10	9.07	9.09							
Peso suelo seco	2.95	3.53	3.25							
Peso agua	0.48	0.59	0.51							
% humedad	16.27%	16.71%	15.69%							
OBSERVACIONES:										
RESULTADOS	<table border="1"> <tr> <td>LIMITE LIQUIDO</td> <td>28.09%</td> </tr> <tr> <td>LIMITE PLASTICO</td> <td>16.23%</td> </tr> <tr> <td>INDICE PLASTICO</td> <td>11.86%</td> </tr> </table>				LIMITE LIQUIDO	28.09%	LIMITE PLASTICO	16.23%	INDICE PLASTICO	11.86%
LIMITE LIQUIDO	28.09%									
LIMITE PLASTICO	16.23%									
INDICE PLASTICO	11.86%									
<p style="text-align: center;">LIMITE LIQUIDO</p>										

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

En el ensayo de limite liquido del suelo de la calicata N°2, se realiza cuatro pruebas por no llegar al Numero óptimo de golpes que requeridos para cerrar la ranura en nuestro caso se



tiene 34, 30,24 y 21 golpes que nos permite determina el promedio del límite liquido de 28.09 %.

3.6.3 determinación del límite plástico e índice de plasticidad MTC E 111 – 2000

a) procesamiento de datos.

$$Limite..platico = \frac{peso..de..agua}{peso..de..suelo..secado.al.horno} \times 100$$

$$I.P. = L.L - L.P$$

Dónde:


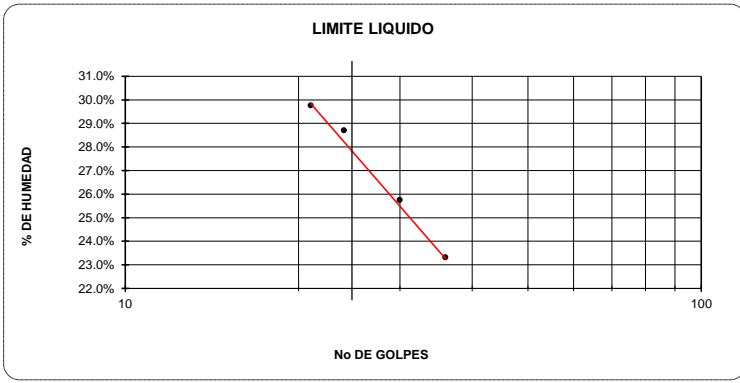
L.L = Limite Liquido

P.L = Limite plástico

L.L Y L.P son números enteros

b) Tablas y diagramas

Tabla 43. Ensayo de limites plasticos

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES				
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA				
PROYECTO :		ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS - CUSCO		
UBICACIÓN :		CUSCO - CANAS - YANAOCA		Calicata N° 02
SOLICITADO:		BACH. EDISON QUISPE HUANCA		Segundo Estrato
FECHA :		CUSCO, FEBRERO DE 2019		MUESTRA : Suelo Marron
LIMITE LIQUIDO				
Muestra N°	1	2	3	4
Peso de la capsula	12.54	10.45	11.56	10.15
Peso capsula. + suelo humedo	96.76	98.89	97.04	95.52
Peso capsula + suelo seco	80.84	80.78	77.98	75.94
Numero de golpes	36	30	24	21
Peso suelo seco	68.3	70.33	66.42	65.79
Peso agua	15.92	18.11	19.06	19.58
% humedad	23.31%	25.75%	28.70%	29.76%
LIMITE PLASTICO				
Muestra	1	2	3	
Peso de la capsula	6.15	5.54	5.84	
Peso capsula. + suelo humedo	9.58	9.66	9.60	
Peso capsula + suelo seco	9.10	9.07	9.09	
Peso suelo seco	2.95	3.53	3.25	
Peso agua	0.48	0.59	0.51	
% humedad	16.27%	16.71%	15.69%	
OBSERVACIONES:				
				
RESULTADOS				
LIMITE LIQUIDO				28.09%
LIMITE PLASTICO				16.23%
INDICE PLASTICO				11.86%
LIMITE LIQUIDO				
				

Fuente: Elaboración propia



c) Análisis de la prueba

En el ensayo de límite plástico del suelo de la calicata N°2, se tomó tres muestras para la evaluación del suelo para luego determinar el promedio del porcentaje del límite plástico 16.23%.

3.6.4 determinación del contenido de humedad

a) procesamiento de datos.

$$W = \frac{\text{Peso..de..agua}}{\text{peso..de..suelo..secado..al..horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Dónde:

W = es el contenido de humedad, (%)

M_{cws} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

M_{cs} = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos

M_c = es el peso del contenedor, en gramos

M_w = es el peso del agua, en gramos

M_s = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

b) Tablas y diagramas



Tabla 44. Ensayos de Contenido de Humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD MTC - E 108 - 99 MICROOVEN METHOD			
Proyecto : ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS - CUSCO			
Ubicación : CUSCO - CANAS - YANAOCA		Calicata : N° 02	
Solicitante : BACH. EDISON QUISPE HUANCA			
Fecha : CUSCO, FEBRERO DE 2019.		Prof : 1.50m.	
muestra Profundidad (Mt)	N- 01 1.50		N 02 1.50
Peso de Capsula (gr)	51.38		52.49
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	93.76		96.51
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr)	86.89		89.98
Peso del Suelo Humedo (gr)	42.38		44.02
Peso del Suelo Seco (gr)	35.51		37.49
Peso del Agua (gr)	6.87		6.53
Contenido de Humedad (w)	19.35		17.42
Promedio : 18.38%			

Fuente: Elaboración propia

c) Analisis de la prueba

En el ensayo de contenido humedad del suelo de la calicata N°2, se tomó dos muestras para la evaluación del suelo para luego determinar el promedio 18.38%.

3.6.5 Metodo de ensayo de penetracion estandar SPT MTC E 119

a) procesamiento de datos

La información de la perforación deberá ser registrada en el campo y deberá incluir lo siguiente:

- Nombre y localización de la obra.
- Nombre del personal.
- Tipo y marca de la máquina de perforación.
- Condiciones ambientales.
- Fecha y hora de comienzo y fin de la perforación.



- Número de sondaje y ubicación (estación y coordenadas, si están disponibles y son aplicables).
- Elevación de la superficie, si está disponible.
- Método de avance y limpieza de la perforación.
- Método de mantenimiento de la perforación.
- Profundidad de la superficie de agua y profundidad de perforación al momento de notar pérdida del fluido de perforación y fecha cuando se hizo la lectura o anotación.
- Localización de cambios de estratos.
- Tamaño de entubado, profundidades de la porción entubada de la perforación.
- Equipo y método de hincado del muestreador.
- Tipo, longitud y diámetro interior del muestreador (anotar el uso de revestimientos).
- Tamaño, tipo y longitud de sección de las varillas de muestreo.
- Observaciones.



Los datos obtenidos de cada muestra deberán ser registrados en el campo y deberán incluir lo siguiente:

- Profundidad de la muestra, y si se utiliza, el número de la muestra.
- Descripción del suelo.
- Cambios de estratos dentro de la muestra.
- Penetración del muestreador y longitudes de recuperación.
- Número de golpes por 6 pulg (0,15m) o incremento parcial.

b) Tablas y diagramas



Tabla 45. Ensayo de Penetración Estándar

		ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR		
		NORMA NTP 339.133: 1999	Rev1.0	
PROYECTO	: ZONIFICACION GEOTECNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAQOA- PROVINCIA DE CANAS- CUSCO.			
SOLICITANTE	: EDISON QUISPE HUANCA			
UBICACIÓN	: YANAQOA- CANAS- CUSCO			
Nº DE EXPLORACION	: SPT-2 (C-23)			
COORDENADAS UTM	:			
NIVEL FREÁTICO (m)	: 5.50			
PROF. DE EXPLORACION (m)	: 7.00			
FECHA DE EXPLORACIÓN	: 11/06/2019			

DATOS:	SPT-01
Peso de la Masa:	63.50 Kg
Altura de caída:	0.762 m
Sección de la punta:	8.00 cm ²
Energía Específica:	6.048
Diámetro de forado:	3.000 pulg
Nivel freático	5.50m

Correcciones:	
Eficiencia de martinete	63.5%
Variación de diametro:	1
Corrección por muestreador	1
Corrección de longitud de barra	0.75

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	% Recuperación	LP Limite Plástico	LL Limite Liquido	w% Contenido de Humedad	Clasificación	CORRELACIONES			Z (m)	Nspt	Gráfica Nspt vs Prof(m)	Nprom	Peso Unitario (KN/m3)	N 60 N1 60
							N 60	φ suelo (°) friccionante	Cu (Kg/cm ²) suelo cohesivo						
1.50	Arcilla de media plasticidad color marron	5%				CM	3.70	-	0.28	0					
2.10	Arcilla de media plasticidad color marron	90%				CM	2.38	-	0.18	1.50	2	4.67	17.28	3.70	
2.70	Arcilla de baja plasticidad color marron	85%				CB	3.18	-	0.40	1.65	2				
3.30	Limo arenoso con grava color marrón rojizo oscuro	80%				S	8.42	28.0	-	1.80	7				
3.90	Arcilla de baja plasticidad color marron	90%				CB	5.29	-	0.66	1.95	3	3.00	16.71	2.38	
4.50	Arcilla de baja plasticidad color marron	80%				CB	6.00	-	0.75	2.10	4				
5.10	Limo arenoso con grava color marrón rojizo oscuro	80%				S	9.99	29.1	-	2.25	5	3.00	17.05	3.18	
5.70	Arcilla de baja plasticidad color marron	80%				CB	6.00	-	0.75	2.40	3				
6.30	Arcilla de baja plasticidad color marron	75%				CB	6.00	-	0.75	2.55	4	3.00	16.67	8.42	
6.90	Arcilla de baja plasticidad color marron					CB	6.00	-	0.75	2.70	2	4.00	16.73	9.99	

S: Arenas y gravas
 CB: arcilla de baja plasticidad y limos arcillosos
 CM: arcilla de media plasticidad
 CA: arcilla de alta plasticidad

Cn: Skempton 1986

Fuente: Elaboración propia

c) Análisis de la prueba

En la tabla 45 se observa. Los diferentes tipos de suelos encontrados en el ensayo SPT como son arcillas de media plasticidad color marrón, arcillas baja plasticidad color marrón y limo arenoso con grava color marrón rojizo oscuro desde 1.50 hasta 6.90m se encontró napa freática, por lo que hay peligro de licuefacción de los suelos, el número de golpes varían entre 2 y 9 respectivamente y una carga admisible que varía entre 0.28 hasta 0.75 kg/cm².



3.6.6 Clasificación de suelos

3.6.6.1 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS).

Con el procesamiento de los parámetros de granulometría, contenido de humedad y límites de consistencia, se obtuvieron la clasificación de los diferentes tipos de suelos presentes en la zona de estudio. En la tabla 46, se muestra los parámetros y su respectiva clasificación por el método SUCS; Los suelos de la **“ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAoca - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO”**, se clasifican según SUCS, en arcillas de alta plasticidad arenosa (CH) y arcillas de baja plasticidad arenosa (CL), se encuentra dentro de los suelos de partículas finas. Estos resultados se muestran en el anexo.



Tabla 46. Resumen general de los puntos evaluados, con sus parámetros y su clasificación SUCS

PUNTO	COORDENADAS			PRF. CALICATA (m)	granulometria % que pasa		% de Humedad	Limites de consistencia			CLASIFICACION SUCS
	X	Y	msnm		N°4	N°200		L.L.(%)	L.P.(%)	I.P.(%)	
C1	237736.79	8426988.16	3920.15	3.0	94.02	64.25	19.69	29.14	17.09	12.05	CL
C2	237764.68	8426903.35	3922.92	3.0	92.47	62.54	18.38	28.09	16.23	11.86	CL
C3	237811.75	8426815.95	3924.25	3.0	62.31	20.54	19.85	28.80	18.35	10.45	CL
C4	237838.21	8426745.36	3924.75	3.0	92.47	56.34	18.01	27.02	14.52	12.50	CL
C5	237852.00	8426705.49	3926.27	3.0	94.02	66.25	19.95	50.10	17.09	33.01	CH
SPT-6	237749.75	8426670.32	3920.53	7.0							
C7	237671.98	8426635.70	3916.08	3.0	94.02	67.35	19.73	52.28	17.83	34.45	CH
C8	237632.33	8426619.36	3914.38	3.0	94.22	62.25	18.23	51.96	16.53	35.43	CH
C9	237745.05	8427000.01	3920.15	3.0	92.48	62.54	18.82	28.58	15.45	13.13	CL
C10	237715.89	8427083.53	3918.43	3.0	94.02	50.00	18.50	26.34	14.83	11.51	CL
C11	237675.04	8427200.58	3920.25	3.0	92.46	63.55	19.48	30.84	18.63	12.21	CL
C12	237614.14	8427195.23	3914.71	3.0	88.47	56.46	19.33	26.13	13.84	12.29	CL
C13	237594.94	8427238.51	3914.38	3.0	92.47	55.39	20.34	29.12	16.24	12.88	CL
C14	237484.27	8427193.84	3906.46	3.0	90.10	52.81	18.83	31.52	18.54	12.80	CL
C15	237447.00	8427075.00	3916.04	3.0	83.2	53.14	20.43	27.14	14.64	12.50	CL
C16	237489.00	8427107.00	3908.07	3.0	91.71	62.15	18.18	51.47	16.28	35.19	CH
C17	237578.00	8427130.00	3911.10	3.0	91.71	58.25	18.01	28.33	16.96	11.37	CL
C18	237561.00	8427217.00	3910.01	3.0	94.11	50.63	19.98	27.21	15.00	12.21	CL
C19	237680.00	8427178.00	3920.06	3.0	92.45	63.52	18.15	27.30	16.26	11.04	CL
C20	237702.00	8427075.00	3917.13	3.0	94.11	50.83	19.64	28.65	16.20	12.45	CL
C21	237595.00	8427065.00	3911.11	3.0	92.47	58.62	18.26	27.04	13.71	13.33	CL
C22	237516.00	8427022.00	3912.08	3.0	90.10	52.85	19.90	26.23	15.59	10.64	CL
SPT- 23	237298.00	8426852.00	3900.03	7.0							
C24	237229.00	8426758.00	3895.14	3.0	88.47	55.39	18.86	52.25	16.28	35.97	CH
C25	237530.00	8426888.00	3913.10	3.0	91.74	58.13	18.81	51.64	16.04	35.61	CH
C26	237631.00	8427005.00	3913.05	3.0	94.02	51.1	18.94	26.47	14.54	11.93	CL
C27	237721.00	8427026.00	3918.04	3.0	92.44	63.84	18.65	26.60	13.96	12.64	CL
C28	237425.00	8426712.00	3907.12	3.0	88.85	54.63	19.49	51.08	14.12	36.96	CH



PUNTO	COORDENADAS			PRF. CALICATA (m)	granulometria % que pasa		% de Humedad	Limites de consistencia			CLASIFICACION SUCS
	X	Y	msnm		N°4	N°200		L.L(%)	L.P(%)	I.P(%)	
C29	237701.68	8427120.19	3918.95	3.0	92.43	57.25	18.56	51.54	16.31	35.23	CH
C30	237757.00	8426938.00	3923.04	3.0	90.12	53.32	19.33	51.00	17.52	33.48	CH
C31	237683.00	8426899.00	3918.11	3.0	90.64	54.62	18.44	26.42	15.42	11.00	CL
SPT-32	237672.00	8426897.00	3917.07	7.0							
C33	237360.00	8426735.00	3904.04	3.0	88.54	55.46	19.65	51.48	15.32	36.16	CH
C34	237482.00	8426569.00	3908.14	3.0	91.71	57.45	19.78	51.07	16.50	34.56	CH
C35	237581.00	8426778.00	3913.04	3.0	94.02	50.1	19.07	50.61	14.52	36.09	CH
C36	237699.00	8426820.00	3918.01	3.0	92.47	62.64	20.34	27.48	15.99	11.49	CL
C37	237721.00	8426826.00	3919.00	3.0	91.71	57.51	18.31	27.72	17.58	10.14	CL
C38	237789.00	8426874.00	3924.16	3.0	92.47	56.52	19.43	28.25	16.75	11.50	CL
C39	237578.00	8426691.00	3912.18	3.0	90.10	52.73	19.62	51.14	14.94	36.20	CH
C40	237485.00	8426549.00	3908.09	3.0	83.19	52.52	19.78	51.12	16.28	34.84	CH
C41	237527.00	8426592.00	3910.11	3.0	88.37	56.54	19.93	51.74	17.04	34.7	CH
C42	237604.00	8426645.00	3913.04	3.0	88.47	55.63	19.24	51.35	16.82	34.53	CH
C43	237730.00	8426742.00	3918.17	3.0	91.71	57.52	19.70	28.26	14.40	13.86	CL
C44	237827.00	8426751.00	3924.01	3.0	94.02	50.23	19.88	50.34	16.44	33.90	CH
C45	237685.00	8426673.00	3917.00	3.0	92.47	56.37	19.66	51.42	16.75	34.67	CH
C46	237706.00	8426683.00	3918.09	3.0	92.47	63.52	19.63	51.92	15.74	36.18	CH
C47	237640.00	8427260.00	3919.16	3.0	94.02	50.53	19.14	27.22	16.88	10.34	CL
C48	237613.00	8427115.00	3913.07	3.0	92.47	56.53	19.83	30.64	19.11	11.53	CL
SPT- 49	237608.00	8427098.00	3912.00	7.0							
C50	237639.00	8427049.00	3913.00	3.0	83.21	52.54	18.71	31.84	18.93	12.91	CL
C51	237603.72	8426948.03	3912.61	3.0	88.73	55.39	18.93	27.23	15.67	11.56	CL
C52	237559.19	8426833.80	3913.73	3.0	91.71	56.36	19.71	50.57	17.12	33.45	CH
C53	237316.57	8426764.23	3901.58	3.0	93.63	56.24	19.49	51.00	17.16	33.84	CH
C54	237344.62	8426685.77	3901.57	3.0	92.47	56.47	19.64	51.55	16.47	35.08	CH
C55	237392.19	8426701.02	3904.74	3.0	90.10	53.62	18.32	51.82	16.79	35.03	CH
C56	237414.10	8426625.54	3905.12	3.0	90.10	58.42	19.03	52.08	15.01	37.07	CH
C57	237498.23	8426643.31	3907.12	3.0	98.08	69.42	18.61	52.87	20.73	32.14	CH
C58	237581.60	8426670.86	3912.04	3.0	90.11	65.42	19.32	51.61	21.24	30.37	CH
SPT-59	237523.31	8426708.42	3909.59	7.0							
C60	237500.81	8426744.29	3909.72	3.0	97.11	70.42	19.08	52.29	17.91	34.38	CH

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



3.6.6.2 ANÁLISIS DE LA CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

De acuerdo a la prospección de la zona de estudio, trabajo de campo, ensayos de laboratorio, descripción de los perfiles estratigráficos y características del proyecto se ha considerado un tipo de cimentación de zapatas cuadradas aisladas de concreto armado de longitud 2.20 M y ancho 2.20 M; desplantados a profundidades de 1.80 – 2.40 – 3.00 – 3.60 – 4.20 – 4.80 – 5.40 – 6.00 y 6.60 m.

3.6.6.3 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE DE LOS ENSAYOS SPT

Para determinar la capacidad admisible del suelo, se ha considerado una zapata cuadrada de 2,20 m de ancho de 1.80 a 6.60m de profundidad de desplante, por ser la más típica del lugar y la más favorable en comparación con otros tipos de cimentación superficiales.

La capacidad de carga se ha determinado en base a la fórmula de Meyerhof, los factores de capacidad de carga para cimentaciones fueron asumidas a partir de la Tabla (Factores de capacidad de carga según vesic (1973).

Los parámetros de Ángulo de fricción interna, Cohesión, Peso Específico, Peso Específico saturado, fueron obtenidos a partir de Pruebas insitu con equipo SPT, para suelos de naturaleza friccionantes.

Fórmula general:

$$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + 1/2 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

$$F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}$$

$$F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$$

$$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D_f}{B}$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Donde: Factores de Forma:

Factores de Profundidad



Los Factores de capacidad de carga: N_c , N_q , N_r fueron determinados de acuerdo a la Tabla (Factores de capacidad de carga según vesic (1973). Se utilizó un factor de seguridad igual a 3, de acuerdo a la norma Peruana E-050 de suelos y cimentaciones $q_{ad}=q_{ult}/FS$.

En tabla 47 se observa: un suelo de baja plasticidad desde 1.80 hasta 6.60m, no se encontró mapa freática, por lo que no hay peligro de licuefacción de los suelos, el número de golpes varía entre 2 y 9 respectivamente; una carga admisible que varía entre 0.09 hasta 0.25 kg/cm². Son constantes el módulo de elasticidad con un valor 124.70, el módulo de poisson de 0.5kg/cm², el coeficiente de balasto con un valor de 12kg/cm³, factor de seguridad 3 con una profundidad mínima de 3m para cimentaciones superficiales.

Tabla 47.resumen de ensayos obtenidos con equipo SPT1

PROF. (m)	CLASIFICACION SUCS	NAPA FREATICA (m)	N° DE GOLPES SPT	CAPACIDAD PORTANTE Kg/cm ² (FALLA GENERAL POR CORTE)	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA LOCAL POR CORTE)	MODULO DE ELASTICIDAD E Kg/cm ³	MODULO DE POISSON μ	COEFICIENTE DE BALASTO K Kg/cm ³	FACTOR DE SEGURIDAD
1.80	CL	6.0	5	0.05	0.09	124.70	0.5	12	3
2.40	CL		2	1.07	0.18		0.5		3
3.00	CL		6	1.46	0.25		0.5		3
3.60	CL		3	1.05	0.16		0.5		3
4.20	CL		7	2.82	0.68		0.5		3
4.80	CL		8	3.26	0.92		0.5		3
5.40	CL		8	3.82	1.12		0.5		3
6.00	CL		9	3.86	1.15		0.5		3
6.60	CL		9	3.54	1.29		0.5		3

Fuente: elaboración propia

En tabla 48 se observa: un suelo de baja plasticidad desde 1.80 hasta 6.60m, no se encontró mapa freática, por lo que no hay peligro de licuefacción de los suelos, el número de golpes varía entre 3 y 9 respectivamente; una carga admisible que varía entre 0.19 hasta 1.49 kg/cm². Son constantes el módulo de elasticidad con un valor 124.70, el módulo de poisson de 0.5kg/cm², el coeficiente de balasto con un valor de 12kg/cm³, factor de seguridad 3 con una profundidad mínima de 3m para cimentaciones superficiales.



Tabla 48. Resumen de ensayos obtenidos con equipo SPT2

PROF. (m)	CLASIFICACION SUCS	NAPA FREATICA (m)	N° DE GOLPES SPT	CAPACIDAD PORTANTE Kg/cm ² (FALLA GENERAL POR CORTE)	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA LOCAL POR CORTE)	MODULO DE ELASTICIDAD E Kg/cm ³	MODULO DE POISSON μ	COEFICIENTE DE BALASTO K Kg/cm ³	FACTOR DE SEGURIDAD
1.80	CH	5.4	7	0.10	0.19	124.70	0.5	12	3
2.40	CH		3	0.66	0.74		0.5		3
3.00	CH		3	1.43	1.49		0.5		3
3.60	CH		6	1.83	0.41		0.5		3
4.20	CH		5	2.59	1.90		0.5		3
4.80	CH		5	3.07	2.23		0.5		3
5.40	CH		5	2.79	1.31		0.5		3
6.00	CH		5	3.51	3.58		0.5		3
6.60	CH		9	3.71	3.31		0.5		3

Fuente: elaboración propia

En tabla 49 se observa: un suelo de baja plasticidad desde 1.80 hasta 6.60m, no se encontró mapa freática, por lo que no hay peligro de licuefacción de los suelos, el número de golpes varía entre 4 y 8 respectivamente; una carga admisible que varía entre 0.23 hasta 2.49 kg/cm². Son constantes el módulo de elasticidad con un valor 124.70, el módulo de poisson de 0.5kg/cm², el coeficiente de balasto con un valor de 12kg/cm³, factor de seguridad 3 con una profundidad mínima de 3m para cimentaciones superficiales.

Tabla 49. Resumen de ensayos obtenidos con equipo SPT3

PROF. (m)	CLASIFICACION SUCS	NAPA FREATICA (m)	N° DE GOLPES SPT	CAPACIDAD PORTANTE Kg/cm ² (FALLA GENERAL POR CORTE)	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA LOCAL POR CORTE)	MODULO DE ELASTICIDAD E Kg/cm ³	MODULO DE POISSON μ	COEFICIENTE DE BALASTO K Kg/cm ³	FACTOR DE SEGURIDAD
1.80	CL	4.8	8	0.125	0.23	124.70	0.5	12	3
2.40	CL		6	1.044	1.14		0.5		3
3.00	CL		5	2.860	2.49		0.5		3
3.60	CL		6	2.919	2.38		0.5		3
4.20	CL		4	2.649	3.24		0.5		3
4.80	CL		4	2.872	1.12		0.5		3
5.40	CL		6	4.085	1.18		0.5		3
6.00	CL		5	3.145	1.63		0.5		3
6.60	CL		5	1.109	1.26		0.5		3

Fuente: elaboración propia.

En tabla 50 se observa: un suelo de baja plasticidad desde 1.80 hasta 6.60m, no se encontró mapa freática, por lo que no hay peligro de licuefacción de los suelos, el número de golpes varía entre 2 y 12 respectivamente; una carga admisible que varía entre 0.50 hasta 1.44 kg/cm². Son constantes el módulo de elasticidad con un valor 124.70, el módulo de poisson de 0.5kg/cm², el coeficiente de balasto con un valor de 12kg/cm³, factor de seguridad 3 con una profundidad mínima de 3m para cimentaciones superficiales.



Tabla 50. Resumen de ensayo obtenidos con equipo SPT4

PROF. (m)	CLASIFICACION SUCS	NAPA FREÁTICA (m)	N° DE GOLPES SPT	CAPACIDAD PORTANTE Kg/cm ² (FALLA GENERAL POR CORTE)	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA LOCAL POR CORTE)	MODULO DE ELASTICIDAD E Kg/cm ³	MODULO DE POISSON μ	COEFICIENTE DE BALASTO K Kg/cm ³	FACTOR DE SEGURIDAD
1.80	CL	6.90	2	0.125	0.22	124.70	0.5	12	3
2.40	CL		8	1.044	1.44		0.5		3
3.00	CL		6	2.860	0.50		0.5		3
3.60	CL		8	2.919	3.24		0.5		3
4.20	CL		8	2.649	2.08		0.5		3
4.80	CL		12	2.872	1.05		0.5		3
5.40	CL		4	4.085	1.16		0.5		3
6.00	CL		4	3.145	3.59		0.5		3
6.60	CL		12	1.109	3.45		0.5		3

Fuente: elaboración propia

En tabla 51 se observa: un suelo de baja plasticidad desde 1.80 hasta 6.60m, no se encontró mapa freática, por lo que no hay peligro de licuefacción de los suelos, el número de golpes varía entre 4 y 15 respectivamente; una carga admisible que varía entre 0.18 hasta 1.70 kg/cm². Son constantes el módulo de elasticidad con un valor 124.70, el módulo de poisson de 0.5kg/cm², el coeficiente de balasto con un valor de 12kg/cm³, factor de seguridad 3 con una profundidad mínima de 3m para cimentaciones superficiales.

Tabla 51. Resumen de ensayos obtenidos con equipo SPT5

PROF. (m)	CLASIFICACION SUCS	NAPA FREÁTICA (m)	N° DE GOLPES SPT	CAPACIDAD PORTANTE Kg/cm ² (FALLA GENERAL POR CORTE)	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA LOCAL POR CORTE)	MODULO DE ELASTICIDAD E Kg/cm ³	MODULO DE POISSON μ	COEFICIENTE DE BALASTO K Kg/cm ³	FACTOR DE SEGURIDAD
1.80	CH	6.0	10	0.09	0.18	124.70	0.5	12	3
2.40	CH		9	1.10	1.18		0.5		3
3.00	CH		4	1.87	1.70		0.5		3
3.60	CH		5	1.78	0.45		0.5		3
4.20	CH		5	2.97	3.04		0.5		3
4.80	CH		5	3.33	2.74		0.5		3
5.40	CH		7	1.26	1.22		0.5		3
6.00	CH		15	3.50	1.20		0.5		3
6.60	CH		8	2.54	2.46		0.5		3

Fuente: Elaboración propia



CAPITULO IV: RESULTADOS.

INTERPRETACIÓN DEL PLANO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR EL SISTEMA SUCS

En este ítem se muestra la distribución de la clasificación de suelos, según el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS). Para la clasificación se han dividido en dos zonas a nivel superficial, intermedio y de cimentación, encontrándose similares características en cada estrato. Ver Anexo de Planos.

Zona I: En la tabla 52 se observa; que los ensayos SPT 1, SPT 3 Y SPT 4 se realizaron a profundidades de 1.80 hasta 6.60m donde la carga admisible a 3m de profundidad para cimentaciones superficiales cuadradas es 0.09 hasta 2.49 kg/cm² Está conformada por Arcillas de baja plasticidad arenosa simbolizadas con CL de color marrón.

Tabla 52.Capacidad portante de los ensayos SPT ZONA I

ENSAYO SPT	PROF. DE ENSAYO (m)	CLSIFICACION SUCS	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA GENERAL POR CORTE)	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA LOCAL POR CORTE)	ENSAYO SPT	CLSIFICACION SUCS	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA GENERAL POR CORTE)	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA LOCAL POR CORTE)	ENSAYO SPT	CLSIFICACION SUCS	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA GENERAL POR CORTE)	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA LOCAL POR CORTE)
SPT1	1.80	CL	0.05	0.09	SPT3	CL	0.125	0.23	SPT4	CL	0.125	0.22
	2.40	CL	1.07	0.18		CL	1.044	1.14		CL	1.044	1.44
	3.00	CL	1.46	0.25		CL	2.860	2.49		CL	2.860	0.50
	3.60	CL	1.05	0.16		CL	2.919	2.38		CL	2.919	3.24
	4.20	CL	2.82	0.68		CL	2.649	3.24		CL	2.649	2.08
	4.80	CL	3.26	0.92		CL	2.872	1.12		CL	2.872	1.05
	5.40	CL	3.82	1.12		CL	4.085	1.18		CL	4.085	1.16
	6.00	CL	3.86	1.15		CL	3.145	1.63		CL	3.145	3.59
6.60	CL	3.54	1.29	CL	1.109	1.26	CL	1.109	3.45			

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Zona II: En la tabla 53 se observa; que los ensayos SPT 2 Y SPT 5 se realizaron a profundidades de 1.80 hasta 6.60m donde la carga admisible a 3m de profundidad para cimentaciones superficiales cuadradas es 0.18 hasta 1.70 kg/cm² Está conformada por Arcillas de alta plasticidad arenosa simbolizadas con CH de color marrón.



Tabla 53. Capacidad portante de los ensayos SPT ZONA II

ENSAYO SPT	CLASIFICACION SUCS	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA GENERAL POR CORTE)	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA LOCAL POR CORTE)	ENSAYO SPT	CLASIFICACION SUCS	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA GENERAL POR CORTE)	CARGA ADMISIBLE Kg/cm ² (FALLA LOCAL POR CORTE)
SPT2	CH	0.10	0.19	SPT5	CH	0.09	0.18
	CH	0.66	0.74		CH	1.10	1.18
	CH	1.43	1.49		CH	1.87	1.70
	CH	1.83	0.41		CH	1.78	0.45
	CH	2.59	1.90		CH	2.97	3.04
	CH	3.07	2.23		CH	3.33	2.74
	CH	2.79	1.31		CH	1.26	1.22
	CH	3.51	3.58		CH	3.50	1.20
	CH	3.71	3.31		CH	2.54	2.46

Fuente: elaboración propia

INTERPRETACIÓN DE SECCIÓN DE SUELOS 1-1´

Esta sección tiene una orientación W-E, representa la distribución espacial de la estratigrafía del subsuelo. Esta ilustración representa una zona bien definida, una formada arcillas de baja plasticidad arenosa (CL); El corte transversal 1-1 se muestra en el Anexo de Planos.

INTERPRETACIÓN DE SECCIÓN DE SUELOS 2-2´

Esta sección tiene una orientación N-S, Esta ilustración representa una zona bien definida, una formada arcillas de alta plasticidad arenosa (CL); El corte Longitudinal 2-2 se muestra en el Anexo de Planos.

INTERPRETACIÓN DEL MAPA DE ZONIFICACIÓN POR HABITABILIDAD

El mapa de habitabilidad es construido a partir del Mapa de pendientes, Geomorfológico y Geológico del distrito de Yanaoca a detalle para este tipo de Zonificación, tal como se muestra en el siguiente tabla.



Tabla 54. Resumen de criterio geológico por pendiente

CLASE	RANGO	DESCRIPCION	SUP. %	CONDICION
A	0-2	ALLANADO	51.57	ZONAHABITADAS Y HABITABLES
B	2-4	LIGERAMENTE INCLINADO	48.43	ZONA HABITABLE CON O SIN RESTRICCIONES
C	4- 8	MODERADAMENTE INCLINADO	0	ZONA HABITABLE CON O SIN RESTRICCIONES
D	8-15	FUERTEMENTE INCLINADO	0	ZONA HABITABLE CON RESTRICCIONES O RESTRINGIDA POR PENDIENTE
E	15-25	MODERADAMENTE EMPINADO	0	HABITABLE O RESTRINGIDA
F	25-50	EMPINADO	0	ZONARESTRINGIDA POR PENDIENTE
G	50-75	FUERTEMENTE EMPINADO	0	ZONA RESTRINGIDA POR PENDIENTE
TOTAL			100.000	

Fuente: elaboración propia

La interpretación se realiza en base al Mapa de Zonificación por Habitabilidad presentado en el Anexo Mapas, en el cual se presenta dos zonas de acuerdo a las condiciones topográficas, Geológicas, Geomorfológicas encontradas en la **ZONA DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO** Está conformada por suelos estables Geotécnicamente, pendientes llanas variables entre 0% - 4%, geomorfológicamente lo constituyen terrazas bajas y medias que ya se encuentran habitadas, también lo constituyen sectores que cuentan con planos de proyección Urbana. Constituyen esta zona 20 Ha correspondiente al 20.43% del área total de del Distrito de Yanaoca.

Tabla 55. Resumen zonificación por habitabilidad

ZONA	DESCRIPCION DE HABITABILIDAD	SUPERFICIE	
		(HA)	(%)
ZONA A	URBANIZADA HABITADA	20	20.43

Fuente: elaboración propia



CAPITULO V

DISCUSIÓN

Discusión N° 1: ¿El equipo de SPT se puede utilizar para suelos ML, CL, SC, CH, MH (arcillas inorgánicas, limos inorgánicos, arenas arcillosas, arcillas orgánicas)?

- Según la Norma Técnica Peruana E-050, el equipo de SPT, tiene una aplicación recomendada para los suelos (SP); (SW), (SM), (SC) y (SM) una aplicación restringida para los suelos (CL),(ML),(SC),(MH),(CH) que constituyen suelos fricciónaste; una aplicación no recomendada para los demás suelos, entre los que se encuentran los suelos cohesivos.
- Los ensayos de SPT están íntimamente relacionados con el ensayo PDL Y según la Norma Técnica Peruana E-050, los ensayos insitu SPT, tienen una aplicación restringida con los suelos CL, SC, MH, ML, CH (arcillas inorgánicas, limos inorgánicos, arenas arcillosas, arcillas orgánicas); sin embargo también se puede aplicar a estos suelos.

Discusión N° 2: ¿Qué equipo se puede utilizar para suelos cohesivos de la zona de investigación?

- Se puede utilizar el Equipo de Corte Directo en muestras talladas inalteradas.
- Se puede utilizar Veleta de campo, una aplicación directa de este ensayo es el Equipo Torvane, cuya aplicación puede ser insitu o con una muestra tallada del cual se puede obtener parámetros de Cohesión (kg/cm²).

Discusión N° 3: ¿El equipo PDL puede reemplazar al SPT?

Los ensayos realizados con el PDL, requieren investigación adicional de suelos para su interpretación y no sustituyen al Ensayo de Penetración



Estándar (SPT). Los parámetros obtenidos con este ensayo deberán ser correlacionados con los parámetros de los ensayos SPT (N) en el sitio de estudio.

Discusión N° 4: ¿Por qué se obtuvieron parecidos tipos de suelos en sectores cercanos?

Después de la investigación realizada, se puede concluir que, el principal modo de formación de los sedimentos lo constituye la meteorización física y química de las rocas de la superficie terrestre. En general las partículas de limo, arena y grava existentes en este sector se formaron por la meteorización física de la roca, mientras que las partículas arcillosas encontradas muy cercanamente son formadas por procesos de alteración químicas de las mismas. La formación de partículas arcillosas a partir de las rocas puede producirse por combinación de elementos en disolución o por la descomposición química de otros minerales.

Los sedimentos fueron transportados a través del agua, el cual modifico la forma, tamaño y textura de las partículas por abrasión, desgaste, impacto y disolución, posteriormente se produjo una graduación de dichas partículas (grava).Finalizando este proceso se realiza el depósito de los sedimentos de las partículas que se han formado y transportado. Las variaciones se muestran en la tabla 56.

Tabla 56. Variación geológica en la zona de estudio

LITO ESTRATIGRAFIA	SIMBOLOGIA
DEPOSITO ALUVIAL	QH-AL
DEPOSITO COLUVIAL	QH-CO
DEPOSITO FLUVIAL	QH-FL
DEPOSITO FLUVIOGLACIARICO	QH-FLG
FORMACION YAURI.	QP-SA

Fuente: elaboración propia



Discusión N° 5: ¿La variación de la Capacidad portante del suelo de fundación, depende directamente de la profundidad de la zona de estudio o del tipo de suelo?

De acuerdo a la investigación realizada, la capacidad portante del suelo de fundación, determinó que a mayor profundidad se logra una mayor Capacidad portante del suelo dentro del mismo estrato. Si el suelo presenta variaciones estratigráficas, la resistencia del mismo variará de acuerdo a la naturaleza predominante del tipo de suelo hallado en cada estrato, esto se debe a la variación de los parámetros C y ϕ (cohesión y fricción), determinantes para hallar la Capacidad portante del suelo. Otro factor importante a tomar en consideración es la presencia de nivel freático, en cuyo caso los valores de Capacidad portante disminuirán en cualquier tipo de suelo.

Discusión N° 6: ¿Son absolutos los resultados obtenidos con equipos de prospección, como el SPT, para todos los tipos de suelos?

El ensayo SPT son absolutos, cuyos resultados en suelos cohesivos resultan excesivamente fiables para la aplicación de correlaciones, porque produce la disipación de los incrementos de presiones intersticiales generados en estos suelos arcillosos.



GLOSARIO.

ABRASION (pista húmeda (WTAT)): Procedimiento de ensayo para determinar las pérdidas de peso para muestra de lechada asfáltica al someterlo a desgaste.

ACEITE DE CARRETERA: Un aceite pesado de petróleo, generalmente del tipo de los asfaltos de curado lento (SC).

ADHESION: Resistencia al corte entre el suelo y otro material cuando la presión que se aplica externamente es cero.

ADHESIVIDAD: Grado de adherencia de los ligantes bituminosos a los áridos finos.

AGREGADO DE GRADACION FINA: Agregado cuya gradación es continua desde tamaños gruesos hasta tamaños finos, y donde predominan estas últimas

AGREGADO DE GRADACION GRUESA: Agregado cuya gradación es continua desde tamaños gruesos hasta tamaños finos, y donde predominan los tamaños gruesos.

AGREGADO DENSAMENTE GRADADO: Agregado con una distribución de tamaños de partícula tal que cuando es compactado, los vacíos que resultan entre las partículas, expresados como un porcentaje del espacio total ocupado, son relativamente pequeños.

AGUA ABSORBIDA: Agua que es retenida mecánicamente en el suelo o roca.

ALMACENAMIENTO (estabilidad al): Ensayo que sirve para determinar si ha habido un asentamiento en el almacenamiento de un asfalto modificado.

ANALISIS MECANICO: Sirve para determinar la granulometría en un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

APARATO DE VICAT: Instrumento que sirva para determinar la consistencia normal del cemento hidráulico.

APARATO A VAPOR: Se utiliza para determinar la estabilidad de volumen (método del agua hirviendo por el procedimiento de las “galletas”).

ASFALTO NATURAL: Asfalto que ocurre en la naturaleza y que ha sido derivado del petróleo por procesos naturales de evaporación de las fracciones volátiles, dejando así las fracciones asfálticas. Los asfaltos naturales de mayor importancia se encuentran en los depósitos de los lagos de Trinidad y Bermúdez. El asfalto de estas fuentes es comúnmente llamado asfalto de lago. En el Perú, existen importantes yacimientos de asfaltos naturales.

ASFALTOS DE ROCA: Roca porosa, tal como la arenisca o la caliza, que ha sido impregnada con asfalto natural mediante un proceso geológico.



BALANZA DE “MICHAELIS”: Equipo que se utiliza para el ensayo de tracción de testigo de montos de cemento, moldeados en moldes especiales que tienen forma de “ochos”.

BAÑO DE AGUA: Elemento (baño) provisto de termostato.

BLAINE (finura): Que corresponde a un material pulverulento, como un cemento y/o puzolana y que se expresa como área superficial en cm^2/gramo .

CAL- Oxido de calcio CaO: Adopta la denominación de cal rápida e hidratada, según su proceso de producción.

CANTABRO (ensayo): Procedimiento para determinar la pérdida por desgaste de una probeta de ensayo elaborado con mezcla asfáltica.

CARBURO DE CALCIO: Material utilizado en instrumentos destinados a medir el porcentaje (%) de humedad de suelos y materiales, en forma rápida y aproximada. Manual de Ensayo de Materiales.

COMPRESION: Acción de comprimir un material aplicando una carga que puede ser axial, existiendo variantes en ensayos como: no confinada, triaxial y entre estos el ensayo consolidado no drenado; el ensayo drenado, el ensayo no consolidado no drenado y que sirven para medir el ángulo de fricción interna (ϕ) y la cohesión (C), cuyos valores se emplean en análisis de estabilidad en estructuras (fundaciones), cortes, taludes, muros de contención, etc.

COMPRESION NO CONFINADA: Procedimiento para determinar la resistencia al corte de un suelo.

CONSISTENCIA: Relativa facilidad con que el suelo puede fluir y deformarse.

CONSOLIDACION (ensayo): Es una prueba en la cual el espécimen está lateralmente confinado en una arcilla y es comprimido entre dos superficies porosas.

CONTRACCION (factores): Parámetros relativos a cambios de volumen de un suelo.

DRILL: Máquina o pieza de equipo diseñado para penetrar en la tierra o formación de roca.

DUREZA BRINELL: Ensayo para determinar la resistencia a la penetración de una esfera dura dentro de la superficie.

EXTRACCIÓN (cuantitativa) del asfalto: Sirve para determinar el porcentaje (%) de bitumen de una mezcla asfáltica.

FRAGILIDAD FRAAS: Ensayo que permite determinar el punto de fragilidad Fraas (temperatura).



FRASCO DE LE CHATELIER: Aparato que sirve para determinar el peso específico del cemento hidráulico.

HUMEDAD: Porcentaje de agua en suelo o material.

MODULO DE FINURA: Número empírico que se obtiene sumando los porcentajes retenidos en cada una de las mallas que se indican mas abajo y luego dividiendo el resultado entre 100.

MUESTREADORES: Instrumentos que permiten obtener muestras, existiendo: los muestradores de pistón y los de tubo abierto.

MU METER: Aparato similar a un remolque que se utiliza para determinar la fuerza en fracción lateral sobre superficies pavimentadas.

PICNOMETRO: Recipiente de vidrio, forma cilíndrica o cónica.

PIEZOMETRO: Aparato que mide la carga en un punto por debajo de la superficie.

POISE: Una unidad de centímetro-gramo-segundo de viscosidad absoluta, correspondiente a la viscosidad de un fluido en donde un esfuerzo de una dina por centímetro cuadrado es requerido para mantener una diferencia de velocidad de un centímetro por segundo entre dos planos paralelos del fluido, orientados en la dirección del flujo y separados por una distancia de un centímetro.

PUNTO DE INFLAMACIÓN: Temperatura a la cual los vapores de un material bituminoso producen ignición (inflamación) al contacto directo con una llama puede hacerse con la copa abierta TAG o copia abierta Cleveland.

POLIMER: Compuesta de moléculas de alto peso molecular, con cadenas ramificadas o interconectadas mediante grado polimerización.

RELACIONES HUMEDAD/DENSIDAD (Proctor): Humedad vs. P.U. de suelos compactados.

RELLENO MINERAL: Un producto mineral finamente dividido en donde más del 70 por ciento pasa el tamiz de 0.075 mm (#200). La caliza pulverizada constituye el relleno mineral fabricado más común. También se usan otros polvos de roca, cal hidratada, cemento Portland, y ciertos depósitos naturales de material fino.

REFRENTAR EL CONCRETO (los testigos): Acción de colocar una cubierta sobre los testigos antes de ser ensayados a la compresión (“capping”). Manual de Ensayo de Materiales

SECADOR: Aparato que seca los agregados y los calienta a la temperatura especificada.



SOLUBILIDAD: Medida de la pureza de un cemento asfáltico. La porción del cemento asfáltico que es soluble en un solvente específico tal como el tricloroetileno.

STOKE: Unidad de viscosidad cinemática, igual a la viscosidad de un fluido en poises dividida por la densidad del fluido en gramos por centímetro cúbico.

TESTIGO: Muestra cilíndrica de concreto hidráulico o de mezcla bituminosa.

TOLERANCIAS DE ENTREGA: Variaciones permisibles en las proporciones de asfalto y agregado que se descargan en el amasadero.

TURBIDIMETRO (de Wagner): Equipo que permite determinar la finura del cemento Portland en cm^2/g , tal como el aparato de Blaine (permeabilidad).

VACIOS: Espacios en una mezcla compactada rodeados de partículas cubiertas de asfalto.

VELETA: Instrumento para determinar la resistencia al corte de un suelo en campo o laboratorio.

VISCOSIMETRO SAYBOLT: Aparato que se utiliza para determinar la Viscosidad Saybolt

CONCLUSIONES.

Conclusión N° 1: Se logró cumplir con el objetivo general de realizar una zonificación geotécnica, mediante el método de poligonación de Thiessen, a partir de la clasificación de suelos, sectorizando áreas seguras e inseguras para la habitabilidad de la población del sector urbano **DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO**”.

Zona I: Zona urbanizada habitada, con mayor crecimiento demográfico, disponibilidad de servicios básicos, topografía adecuada, con pendientes de 2 a 4%, cuenta con vías principales, calles secundarias. Comprende un área de extensión de 7.30 Ha, correspondiente a un porcentaje del 48.43% del área total de estudio.

Zona II: Zona habitable sin limitaciones, con presencia esporádica de viviendas, bajo crecimiento demográfico, existencia de recursos con disponibilidad limitada de servicios básicos, relieves llanos y ligeramente inclinados, con pendientes de 0 a 2%, cuenta con vías principales y calles. Comprende un área de extensión de 13.70 Ha, correspondiente a un porcentaje del 51.57% del área total de estudio. Que se muestra en tabla N°54

Conclusión N° 2: Se logró cumplir con el objetivo específico N° 1, de realizar trabajos de campo y gabinete para determinar la estratigrafía y características de los suelos estudiados de acuerdo a la NTP. demostrando la sub hipótesis N° 1, que menciona que el sector



urbano DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO” es variada. De acuerdo a la Tabla N° 22

Conclusión N° 3: Se logró cumplir con el objetivo específico N° 2, de realizar trabajos de campo y gabinete para determinar las características físico mecánicas de los suelos, agrupándolos en zonas que tengan similares características geotécnicas, demostrando la sub hipótesis N° 2, que menciona que el sector urbano DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO” es variada.

Las mapas de zonificación Geotécnica se detallan para el nivel estratigráfico superficial, intermedio y de cimentación, hallados en la zona. La zonificación se realiza mediante el método SUCS que se muestra en la Tabla N° 46

Conclusión N° 4: Se logró alcanzar el objetivo específico N° 3, en este estudio se determinó la capacidad portante de los diferentes tipos de suelo presentes en el sector urbano DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO” demostrando así la sub hipótesis N°3 que la capacidad portante del sector urbano es variado. Se muestra en la Tabla N° 46

Conclusión N° 5: Se logró alcanzar el objetivo específico N° 4, el cual indica que mediante el método de poligonación de Thiessen, se obtuvo un Mapa de distribución de los tipos de suelo hallados en el sector urbano DEL CASCO MONUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO”, demostrando de esta manera la sub hipótesis N° 4, el método de poligonación de Thiessen asegura una distribución real de los tipos de suelo, Se muestra en los planos.



RECOMENDACIONES.

Recomendación N° 1: Para estudios posteriores se recomienda realizar los ensayos in situ, ya que los resultados de estos son con muestras inalteradas y no con muestras alteradas.

Recomendación N° 2: Se recomienda tomar en consideración este trabajo de investigación, ya que el mismo ayudará a alertar situaciones de peligro en la zona en estudio, al categorizar las zonas seguras e inseguras.

Recomendación N° 3: Se recomienda edificaciones menores a cuatro niveles ya que el estudio muestra que estas zonas son restringidas por tratarse de suelos CL y CH.

Recomendación N° 4: Se recomienda habitar en las zonas I, II, ya que del estudio realizado, estas zonas están siendo denominadas como zonas seguras y habitables.

REFERENCIAS.

- ✓ ABARCA ANCORI, Abelardo. (2000). Los ensayos de Mecánica de suelos. Cusco. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- ✓ ALVA HURTADO, José E. (1986). Decenio Internacional para la reducción de los desastres naturales (DIRDN) y el Perú. Lima. Instituto Nacional de Defensa Civil.
- ✓ BENAVENTE V, Ruperto y FERNÁNDEZ BACA, Carlos V. (2004). Estudio del Mapa de Peligros de la ciudad del Cusco. Cusco. Instituto Nacional de Defensa Civil.
- ✓ BOWLES Joseph E. (2000). Manual de Laboratorio de Suelos. México. Limusa Noriega Editores.
- ✓ BRAJA M, Das. (2001) Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. Sacramento, California, International Thomson Editores.
- ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones. (2006). Norma E 050. Ministerio de Vivienda y Construcción.
- ✓ GEOTEST, laboratorio. (2000). Ensayos Geotécnicos y Medioambientales. Cusco. UNSAAC.
- ✓ GONZALES VALLEJOS, Luis. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid. Pearson Educación.



- ✓ JUÁREZ BADILLO, Rico Rodríguez. (1998). Mecánica de Suelos, tomo 1. México. Limusa Noriega Editores.
- ✓ LAMBE T. William y WHITMAN V. Robert. (1997). Mecánica de suelos. México. Limusa Noriega Editores.
- ✓ TERZAGHI, Karl. (2011). Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica. Estados Unidos. El Ateneo Editorial.
Páginas web:
- ✓ TUPIA CORDOVA, Carlos y ALVA HURTADO, Jorge A. XI Congreso Ibero-Latinoamericano del asfalto.
<http://share.pdfonline.com/b920e7a491474b4e86c4577c6ef02a93/sondeo.htm>.
Consultado el 15/03/2013.
- ✓ Construmática. Ensayos de penetración estándar.
http://www.construmatica.com/buscador?q=Ensayo_de_Penetraci%C3%B3n_Est%C3%A1ndar&b=&searchButton=Buscar.html. Consultado el 17/03/2013.
- ✓ Zona ingeniería. Ensayos de penetración estándar.
www.entradas.zonaingenieria.com/.../ensayo-de-penetracion-estandar-spt.html.
Consultado el 20/03/2013.
- ✓ UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL. Ensayos de Penetración de Suelos. <http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/mecanica4>. Consultado el 22/03/2013.
- ✓ UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS. Ensayos de penetración de suelos.
<http://www.grupos.emagister.com>. Consultado el 26/03/2013.

ANEXOS.



MATRIZ DE CONSISTENCIA “ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL CASCO MUNUMENTAL DEL DISTRITO DE YANAOCA - PROVINCIA DE CANAS- CUSCO”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	FUENTE
PROBLEMA GENERAL.	OBJ.GENERAL:	HIPOTESIS GENERAL:	DEPENDIENTE		Guías de observación de campo , equipos de laboratorio , equipo de campo, equipos de gabinete y software de ingeniería	Registros de laboratorio y Libros especializados
¿Cuál será la zonificación geotécnica en el casco monumental del distrito Yanaoca?	Determinar la zonificación geotécnica en el casco monumental del distrito Yanaoca.	La zonificación geotécnica es poco variada, alcanzando dos zonas bien definidas en casco Monumental del Distrito Yanaoca.	Estudio de zonificación geotécnica	La Clasificación de suelos (SUCS). Capacidad portante del suelo.		
PROBLEMAS ESPECIFICOS:	OBJ.ESPECIFICOS	SUB HIPOTESIS	INDEPENDIENTE	INDICADORES		
¿Cuál es la estratigrafía y características de los suelos estudiados de acuerdo a la NTP?	Determinar la estratigrafía y características de los suelos estudiados de acuerdo a la NTP.	Mediante la determinación de la estratigrafía y características del suelo será posible realizar la zonificación geotécnica del casco monumental del distrito de Yanaoca; con la finalidad de proveer información técnica para la construcción de futuras edificaciones.	Determinar las propiedades físicas, mecánicas y características Geotécnicas similares a partir de la variedad de suelos existentes en el casco monumental del distrito de Yanaoca.	Contenido de humedad. Densidad natural. Peso específico. Límite de atterberg. Granulometría. Proctor modificado.		



¿Cuál es el Estudio de Zonificación Geotécnica para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en el casco monumental del distrito Yanaoca?	Determinar los las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en el casco monumental del distrito Yanaoca?	Con un Estudio de Zonificación Geotécnica se determinarán las propiedades físicas y mecánicas para el diseño de Cimentaciones Superficiales del casco monumental del distrito de Yanaoca				
¿Cuál es la capacidad portante de los diferentes puntos de observación a nivel de acuerdo al RNE E050)	determinar la capacidad portante de los diferentes puntos de observación a nivel de acuerdo al RNE E050)	El casco monumental se zonifica como un suelo limoso, arcilloso, rocoso con una capacidad portante admisible de diseño que varía de 0.15 Kg/cm ² a 2.10 Kg/cm ²				
¿Cuál es la zonificación del área según los ensayos realizados?	Determinar la zonificación del área según los ensayos realizados y representar en planos en planta y tridimensional.	Con la zonificación se determinara los planos que facilitaran la inmediata ubicación de las zonas adecuadas y de baja capacidad portante				

DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA.

En base a la información obtenida de las excavaciones y observaciones adicionales, se presenta el perfil estratigráfico característico del terreno en estudio.

CALICATA 01:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3.00 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	0.00		MARRON
		SUELO GRANULAR	-0.40		
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo	-1.00		MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 01.



CALICATA 02:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3.00 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA			
-1.00		GM+bo			MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 02.



CALICATA 03:

- Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m. corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA			
		GM+bo			MARRON
-1.00					
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 03.



CALICATA 04:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo			MARRON
-1.00					
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 04.



CALICATA 05:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -1.50 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD ARENOSA CH**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	0.00		MARRON
		SUELO GRANULAR GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo	-0.40		MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 05.



CALICATA 07:

- Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m. corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD ARENOSA CH**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA			
-1.00		GM+bo			MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 07.

CALICATA 08:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD ARENOSA CH**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA			
-1.00		GM+bo			MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 08.



CALICATA 09:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA			
-1.00		GM+bo			MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 09.



CALICATA 10:

- Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m. corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	-0.40		MARRON
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo	-1.50		MARRON
-1.00					

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 10.



CALICATA 11:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



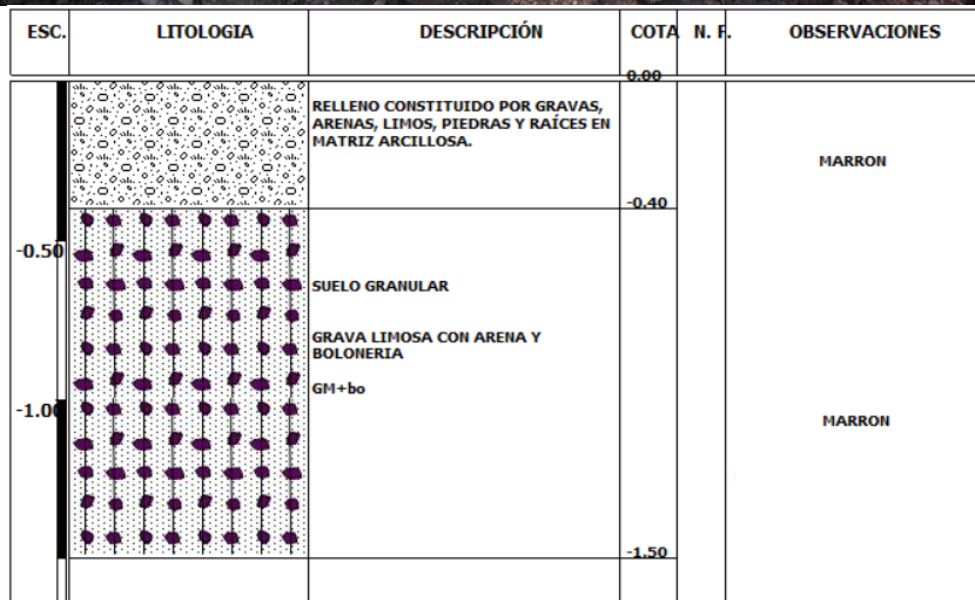
ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA			
-1.00		GM+bo			MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 11.



CALICATA 12:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 12.



CALICATA 13:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	-0.40		MARRON
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo	-1.00		MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 13.



CALICATA 14:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE MEDIA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	0.00		MARRON
		SUELO GRANULAR GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo	-0.40		MARRON
			-1.00		
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 14.



CALICATA 15:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	-0.40		MARRON
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo	-1.00		MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 15.



CALICATA 16:

- Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m. corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- Segundo Estrato de -0.30 m. a -1.50 m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD ARENOSA CH**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA			
-1.00		GM+bo			MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 16.



CALICATA 17:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	0.00		MARRON
			-0.40		
		SUELO GRANULAR			MARRON
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo			
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 17.



CALICATA 18:

- Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m. corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- Segundo Estrato de -0.30 m. a -3m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	0.00		MARRON
		SUELO GRANULAR	-0.40		
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo	-1.00		MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 18.



CALICATA 19:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	0.00		MARRON
-0.50		SUELO GRANULAR	-0.40		
-1.00		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo	-1.50		MARRON

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 19.



CALICATA 20:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	0.00		MARRON
		SUELO GRANULAR	-0.40		
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo	-1.00		MARRON
			-1.50		

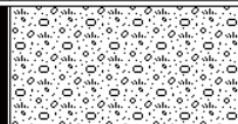
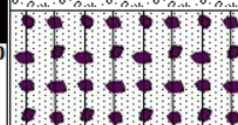
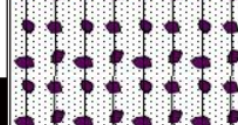
PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 20.



CALICATA 21:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	-0.40		MARRON
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo	-1.00		MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 21.

CALICATA 22:

- Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m. corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	0.00		MARRON
		SUELO GRANULAR	-0.40		
-0.50		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo			MARRON
-1.00			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 22.



CALICATA 24:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD ARENOSA CH**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	0.00		MARRON
-0.50		SUELO GRANULAR	-0.40		
-1.00		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo	-1.50		MARRON

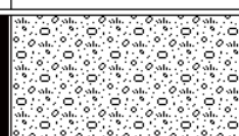
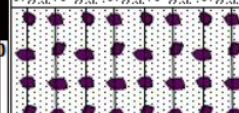

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 24.



CALICATA 25:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD ARENOSA CH**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo			MARRON
-1.00					
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 25.



CALICATA 26:

- Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m. corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- Segundo Estrato de -0.30 m. a -3m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	-0.40		MARRON
-0.50		SUELO GRANULAR GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA			
-1.00		GM+bo	-1.50		MARRON

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 26.



CALICATA 27:

- Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m. corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo			MARRON
-1.00					
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 27.



CALICATA 28:

- Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m. corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD ARENOSA CH**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo			MARRON
-1.00					
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 28.



CALICATA 29:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD ARENOSA CH**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.	0.00		MARRON
-0.50		SUELO GRANULAR	-0.40		
-1.00		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo	-1.50		MARRON

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 29.



CALICATA 30:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD ARENOSA CH**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA			
-1.00		GM+bo			MARRON
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 30.



CALICATA 31:

- Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m. corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- Segundo Estrato de -0.30 m. a -3 m. corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD ARENOSA CL**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA GM+bo			MARRON
-1.00					
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 31.



CALICATA 33:

- **Primer Estrato de 0.00 a -0.30 m.** corresponde a un relleno constituido por gravas, arenas, limos, piedras y raíces en matriz arcillosa.
- **Segundo Estrato de -0.30 m. a -3m.** corresponde a un suelo fino identificado como una **ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD ARENOSA CH**, según SUCS., que presenta una coloración Marrón.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.



ESC.	LITOLÓGIA	DESCRIPCIÓN	COTA	N. F.	OBSERVACIONES
			0.00		
		RELLENO CONSTITUIDO POR GRAVAS, ARENAS, LIMOS, PIEDRAS Y RAÍCES EN MATRIZ ARCILLOSA.			MARRON
			-0.40		
-0.50		SUELO GRANULAR			
		GRAVA LIMOSA CON ARENA Y BOLONERIA			
		GM+bo			MARRON
-1.00					
			-1.50		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA 33.