

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS DE
ASENTAMIENTO URBANO CON FINES DE CIMENTACIÓN EN
EL DISTRITO DE SAMANCO – PROVINCIA DEL SANTA -
DEPARTAMENTO ANCASH”**

PRESENTADO POR:

BACH. CORDOVA QUIÑONES LUIS JUNIOR

BACH. SANCHEZ ABANTO JUAN MIGUEL

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

Chimbote – Perú

2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

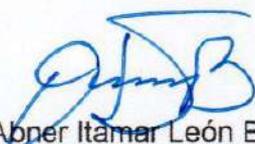
Siendo las diez horas del día ocho de Agosto del año dos mil diecinueve, en el Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del Campus Universitario de la Universidad Nacional del Santa, El Jurado Evaluador integrado por los docentes Ms. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretario), Ms. Julio Rivasplata Díaz (Integrante), en cumplimiento a la Resolución N° 306-2019-UNS-CFI y Resolución Decanal N° 431-2019-UNS-FI, dan inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **"ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS DE ASENTAMIENTO URBANO CON FINES DE CIMENTACIÓN EL DISTRITO DE SAMANCO PROVINCIA DEL SANTA DEPARTAMENTO ANCASH"** presentado por los Bachilleres: CORDOVA QUIÑONES LUIS JUNIOR Y SANCHEZ ABANTO JUAN MIGUEL, quienes fueron asesorados por el Ms. Julio Rivasplata Díaz, según Resolución Decanal N° 240-2018-UNS-F.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

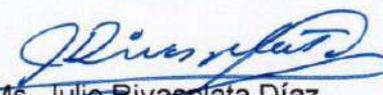
BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
CORDOVA QUIÑONES LUIS JUNIOR	17	MUY BUENO

Siendo las doce horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 08 de agosto 2019


Ms. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente


Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretario


Ms. Julio Rivasplata Díaz
Integrante



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

Siendo las diez horas del día ocho de Agosto del año dos mil diecinueve, en el Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil del Campus Universitario de la Universidad Nacional del Santa, El Jurado Evaluador integrado por los docentes Ms. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretario), Ms. Julio Rivasplata Díaz (Integrante), en cumplimiento a la Resolución N° 306-2019-UNS-CFI y Resolución Decanal N° 431-2019-UNS-FI, dan inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **"ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS DE ASENTAMIENTO URBANO CON FINES DE CIMENTACIÓN EL DISTRITO DE SAMANCO PROVINCIA DEL SANTA DEPARTAMENTO ANCASH"** presentado por los Bachilleres: CORDOVA QUIÑONES LUIS JUNIOR Y SANCHEZ ABANTO JUAN MIGUEL, quienes fueron asesorados por el Ms. Julio Rivasplata Díaz, según Resolución Decanal N° 240-2018-UNS-F.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
SANCHEZ ABANTO JUAN MIGUEL	17	MUY BUENO

Siendo las doce horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 08 de agosto 2019


Ms. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente


Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Secretario


Ms. Julio Rivasplata Díaz
Integrante

DEDICATORIA

A ustedes: mi familia, los amo.

Juan Sánchez Abanto

AGRADECIMIENTO

A mi madre y a mi padre, por todo su apoyo y comprensión.

Al Ing. Julio Rivasplata Díaz, por la ayuda brindada en el desarrollo de este estudio.

Juan Sánchez Abanto

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.1.1. INTERNACIONALES	2
1.1.2. NACIONALES	3
1.1.3. LOCAL	5
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.3. OBJETIVOS	8
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	8
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	9
1.5. JUSTIFICACIÓN	9
1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO.....	10

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....	12
2.2. LICUEFACCIÓN	12
2.3. INVESTIGACIONES DE CAMPO	17
2.3.1. SONDAJES.....	17
2.3.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA (DPL)	19
2.4. ENSAYOS DE LABORATORIO	19
2.4.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	19
2.4.2. LÍMITES DE ATTERBERG.....	22
2.4.3. ENSAYO DE CORTE DIRECTO.....	24
2.4.4. DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA.....	24
2.4.5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS	25
2.5. TEORÍA DE MECÁNICA DE SUELOS	28
2.5.1. CIMENTACIONES.....	28
2.5.2. TEORÍA DE LA CAPACIDAD DE CARGA.....	32
2.5.3. ASENTAMIENTOS PERMISIBLES.....	37

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES	44
3.1.1. PARA LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	44
3.1.2. PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	45
3.2. MÉTODOS	48
3.2.1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.2.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	55
3.2.3. UNIVERSO Y MUESTRA	56

3.2.4. DISEÑO UTILIZADO	57
3.2.5. PROCEDIMIENTOS Y TRATAMIENTOS DE LOS DATOS.....	58

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS.....	75
4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS	84
4.3. ANÁLISIS DE LICUACIÓN	107
4.4. ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....	111
4.4.1. CC.PP. HUAMBACHO, EL ARENAL.....	111
ZONA GEOTÉCNICA I.....	111
ZONA GEOTÉCNICA II	112
4.4.2. CC.PP. HUAMBACHO, LA HUACA	114
ZONA GEOTÉCNICA I.....	114
ZONA GEOTÉCNICA II	115
ZONA GEOTÉCNICA III.....	117
4.4.3. CC.PP. LOS CHIMUS.....	118
ZONA GEOTÉCNICA I.....	118
ZONA GEOTÉCNICA II	119
4.4.4. CC.PP. LA CAPILLA.....	121
ZONA GEOTÉCNICA I.....	121
ZONA GEOTÉCNICA II	122
4.4.5. CC.PP. SAMANCO.....	124
ZONA GEOTÉCNICA I.....	124
ZONA GEOTÉCNICA II	125

4.4.6. CC.PP. SAN PEDRITO	127
ZONA GEOTÉCNICA I.....	127
4.5. DISCUSIÓN	131

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	133
5.2. RECOMENDACIONES	136

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES.....	139
--	-----

CAPÍTULO VII: ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tamices de malla cuadrada.	21
Tabla 2. Factores de capacidad de carga de Terzaghi.	33
Tabla 3. Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi.	35
Tabla 4. Rango de valores del Módulo de elasticidad respecto al tipo de suelo.	40
Tabla 5. Rango de valores del Módulo de Poisson respecto al tipo de suelo.	40
Tabla 6. Valores de factores de influencia para asentamientos.	41
Tabla 7. Distribución puntos investigación de campo.	60
Tabla 8. Calicatas con sus respectivas coordenadas y cotas.	60
Tabla 9. Volúmenes mínimos del hoyo de ensayo basado en el tamaño máximo de la partícula.	64
Tabla 10. Masa mínima recomendada para la determinación del contenido de humedad según el tamaño de las partículas.	66
Tabla 11. Peso mínimo recomendado para el análisis granulométrico de la fracción gruesa según el tamaño de las partículas.	68
Tabla 12. Resumen de clasificación de suelos por estratos y nivel freático por calicatas.	76

Tabla 13. Resumen de ángulos de fricción interna de los suelos obtenidos con el ensayo de DPL.	79
Tabla 14. Resumen de ángulos de fricción interna de los suelos obtenidos con el ensayo de Corte Directo.	82
Tabla 15. Comparación de los ángulos de fricción del suelo obtenidos mediante los métodos aplicados.	83
Tabla 16. Distribución de los perfiles estratigráficos con su respectivo N° de figura en la zona de estudio.....	84
Tabla 17. Ejemplo de Qadm por limitación de esfuerzo cortante por ancho de zapata (B) y profundidad de desplante (Df).	109
Tabla 18. Ejemplo de Qadm por limitación asentamiento por ancho de zapata (B) y asentamiento probable (Si).	110
Tabla 19. Capacidad carga admisible ZONA I Huambacho, El Arenal.	112
Tabla 20. Capacidad carga admisible ZONA II Huambacho, El Arenal.	113
Tabla 21. Capacidad carga admisible ZONA I Huambacho, La Huaca.	115
Tabla 22. Capacidad carga admisible ZONA II Huambacho, La Huaca.	116
Tabla 23. Capacidad carga admisible ZONA III Huambacho, La Huaca.	117
Tabla 24. Capacidad carga admisible ZONA I Los Chimus.	119

Tabla 25. Capacidad carga admisible ZONA II Los Chimus.....	120
Tabla 26. Capacidad carga admisible ZONA I La Capilla.....	122
Tabla 27. Capacidad carga admisible ZONA II La Capilla.....	123
Tabla 28. Capacidad carga admisible ZONA I Samanco.....	125
Tabla 29. Capacidad carga admisible ZONA II Samanco.....	126
Tabla 30. Capacidad carga admisible ZONA I San Pedrito.....	128
Tabla 31. Resumen de la zonificación geotécnica en el distrito de Samanco.	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre valores de Esfuerzo que causan Licuación y valores de $(N1)_{60}$ para sismos de $M=7.5$	16
Figura 2. Posteadora manual penetrando el suelo cada 10 a 15 cm.	18
Figura 3. Toma de muestras con barreno tipo Riverside.	18
Figura 4. Aparato de Límite líquido (o Casagrande).	22
Figura 5. Esquema del aparato de resistencia al esfuerzo cortante.	24
Figura 6. Carta de plasticidad.	26
Figura 7. Cimentaciones Superficiales.	29
Figura 8. Zapata aislada.	30
Figura 9. Tipos de losa de cimentación.	31
Figura 10. Falla por capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida continua.	32
Figura 11. (a) Asentamiento uniforme (b) Volteo (c) Asentamiento no uniforme.	37
Figura 12. Criterios de daños en estructuras.	38
Figura 13. Asentamiento diferencial.	42
Figura 14. Perfil estratigráfico calicatas 01 – 02.	85
Figura 15. Perfil estratigráfico calicatas 02 – 03.	86

Figura 16. Perfil estratigráfico calicatas 03 – 04.	87
Figura 17. Perfil estratigráfico calicatas 04 – 01.	88
Figura 18. Perfil estratigráfico calicatas 05 – 06.	89
Figura 19. Perfil estratigráfico calicatas 06 – 07.	90
Figura 20. Perfil estratigráfico calicatas 07 – 08.	91
Figura 21. Perfil estratigráfico calicatas 08 – 05.	92
Figura 22. Perfil estratigráfico calicatas 09 – 10.	93
Figura 23. Perfil estratigráfico calicatas 10 – 11.	94
Figura 24. Perfil estratigráfico calicatas 10 – 12.	95
Figura 25. Perfil estratigráfico calicatas 13 – 15.	96
Figura 26. Perfil estratigráfico calicatas 15 – 14.	97
Figura 27. Perfil estratigráfico calicatas 14 – 16.	98
Figura 28. Perfil estratigráfico calicatas 16 – 13.	99
Figura 29. Perfil estratigráfico calicatas 17 – 18.	100
Figura 30. Perfil estratigráfico calicatas 18 – 19.	101
Figura 31. Perfil estratigráfico calicatas 19 – 20.	102
Figura 32. Perfil estratigráfico calicatas 19 – 21.	103
Figura 33. Perfil estratigráfico calicatas 21 – 22.	104

Figura 34. Perfil estratigráfico calicatas 22 – 17.	105
Figura 35. Perfil estratigráfico calicatas 23 – 24.	106

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación del método simplificado de Seed e Idriss.....	14
Ecuación 2. Ecuación del factor de seguridad a la licuación.....	15
Ecuación 3. Ecuación para hallar el coeficiente de uniformidad (C_u).....	20
Ecuación 4. Ecuación para hallar el coeficiente de curvatura (C_c).....	20
Ecuación 5. Ecuación para hallar el índice plástico (IP).....	23
Ecuación 6. Ecuación para hallar la densidad máxima y mínima ($\gamma_{\text{mín}}$, $\gamma_{\text{máx}}$).....	24
Ecuación 7. Ecuación de la capacidad de carga última de Terzaghi.....	32
Ecuación 8. Ecuación para hallar el factor de capacidad de carga (N_q).....	33
Ecuación 9. Ecuación para hallar el factor de capacidad de carga (N_c).....	33
Ecuación 10. Ecuación para hallar el factor de capacidad de carga (N_γ).....	33
Ecuación 11. Ecuación de la capacidad de carga última de cimentaciones cuadradas.....	34
Ecuación 12. Ecuación de la capacidad de carga última de cimentaciones circulares.....	34
Ecuación 13. Ecuación de la capacidad de carga última por el modo de falla local para cimentaciones continuas.....	34
Ecuación 14. Ecuación de la capacidad de carga última por el modo de falla local para cimentaciones cuadradas.....	34

Ecuación 15. Ecuación de la capacidad de carga última por el modo de falla local para cimentaciones circulares.....	34
Ecuación 16. Ecuación para hallar la capacidad de carga permisible (q_{perm}).....	37
Ecuación 17. Ecuación para hallar el asentamiento probable (S_i).....	39
Ecuación 18. Ecuación para hallar el módulo de elasticidad (E_s) en arenas.....	41
Ecuación 19. Ecuación para hallar el módulo de elasticidad (E_s) en arenas arcillosas.....	41
Ecuación 20. Ecuación para hallar el módulo de elasticidad (E_s) en arcillas sensibles normalmente consolidadas.....	41
Ecuación 21. Ecuación para hallar el módulo de elasticidad (E_s) en arcillas poco sensibles.....	41
Ecuación 22. Ecuación para hallar el asentamiento diferencial (δ).....	42
Ecuación 23. Relación de Meyerhoff para suelos con arena fina y limo mayor a 5%.....	72
Ecuación 24. Relación de Meyerhoff para suelos con arena fina y limo menor a 5%.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: REGISTROS DE CALICATAS

ANEXO 2: REGISTROS DE SONDAJES DPL

ANEXO 3: ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO 4: ENSAYOS DE CORTE DIRECTO

ANEXO 5: ANÁLISIS DE LICUACIÓN DE SUELOS

ANEXO 6: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS

ANEXO 7: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO 8: PLANOS

RESUMEN

Este estudio realiza una zonificación geotécnica de los suelos de asentamiento urbano en el distrito de Samanco para conocer las características del terreno, con la finalidad de utilizarlas en el análisis de las cimentaciones de viviendas.

Los suelos de asentamiento urbano considerados en esta investigación pertenecen a seis centros poblados del distrito: Huambacho El Arenal, Huambacho La Huaca, Los Chimus, La Capilla, Samanco y San Pedrito. En estos centros poblados se ejecutaron puntos de investigación de campo (sondajes, auscultación con DPL y ensayo densidad de campo con cono de arena) y se recolectaron muestras de suelos para los ensayos de laboratorio (clasificación unificada de suelos, densidad máxima - mínima y corte directo).

Se determinó que los tipos de suelos predominantes en los asentamientos urbanos del distrito de Samanco, son la arena limosa (SM) y la arena mal graduada (SP). También se evidenció la presencia de limos y arcillas ambos arenosos inorgánicos de baja plasticidad (ML, CL) en los CC.PP. de Huambacho El Arenal, Huambacho La Huaca, Los Chimus y La Capilla.

Los suelos con alta capacidad portante son los pertenecientes a la zona geotécnica I del CC.PP. San Pedrito.

Los suelos con capacidad portante media son los pertenecientes a las zonas geotécnicas: II del CC.PP. Huambacho El Arenal, II y III del CC.PP. Huambacho La Huaca, II del CC.PP. Los Chimus, I y II del CC.PP. La Capilla y II del CC.PP. Samanco.

Los suelos con baja capacidad portante son los pertenecientes a las zonas geotécnicas: I del CC.PP. Los Chimus y I del CC.PP. Samanco.

ABSTRACT

This study performs a geotechnical zoning of urban settlement soils in the district of Samanco to know the characteristics of the land, with the purpose of using them in the analysis of the foundations of households.

The urban settlement soils considered in this investigation belong to six population centers of the district: Huambacho El Arenal, Huambacho La Huaca, Los Chimus, La Capilla, Samanco and San Pedrito. In these population centers, field Research points were carried out (drilling, auscultation with DPL and field density test with sand cone) and soil samples were collected for laboratory tests (unified classification of soils, maximum – minimum density and cut direct).

It was determined that the predominant soil types in the urban settlements of the Samanco district are silty sand (SM) and poorly graded sand (SP). It also showed the presence of silts and clay both inorganic low plasticity (ML, CL) in the CC.PP. from Huambacho El Arenal, Huambacho La Huaca, Los Chimus and La Capilla.

The soils with high bearing capacity are those belonging to the geotechnical zone I of the CC.PP. San Pedrito.

The soils with average bearing capacity are those belonging to the geotechnical zones: II of the CC.PP. Huambacho El Arenal, II and III of the CC.PP. Huambacho La Huaca, II of the CC.PP. Los Chimus, I and II of the CC.PP. La Capilla and II of the CC.PP. Samanco.

The soils with low bearing capacity are those belonging to the geotechnical zones: I of the CC.PP. Los Chimus and, I of the CC.PP. Samanco.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. INTERNACIONALES

- María Castillo Castillo (2017). Proyecto Técnico *“Estudio de Zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la parroquia la Matriz del Cantón Patate Provincia de Tungurahua”*. Nos habla sobre la utilización de un software de análisis estructural para establecer la relación entre la capacidad portante del suelo y la cimentación. Para esto se realiza un estudio de mecánica de suelos en el sitio indicado hallando la capacidad portante del suelo para luego averiguar la repercusión en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano. Se elaboró un mapa de zonificación, con identificadores de colores para las zonas con resistencia baja, media y alta. Esto de acuerdo a la capacidad portante del suelo y a sus características.

En el cual muestran sus resistencias, la altura del nivel freático y proponen un mejoramiento de suelo y un sistema de drenaje con la construcción de una cimentación reforzada para evitar fallo por hundimiento. Nos muestra también una clasificación de suelos SUCS.

1.1.2. NACIONALES

- José Cotrina (2016). En la tesis *“Zonificación Geotécnica de los suelos de fundación, mediante el ensayo de corte directo y DPL en la urbanización los Girasoles-Jaen-2016”*. En la cual clasifica a la zona estudiada en tres zonas (I-II-III) y señala el nivel freático y se halló sendas capacidades portantes con el ensayo del Corte Directo y el ensayo Penetrómetro Dinámico Ligero (DPL) con una variación promedio entre ambos de 14% concluyendo con una Zonificación Geotécnica realizada mediante áreas de aporte, en el cual se realizó una triangulación con los puntos de investigación y se tomó como referencia la carga crítica. Nos habla que la comparación de capacidad portante referente al proyecto de investigación la variación promedio de resultados es del 14% de capacidad portante DPL, respecto al ensayo de Corte Directo realizado y no el 30% como se había planteado en su hipótesis inicial.

Para la aplicación de las Normas de Diseño Sismo resistente del R.N.E (2016), desde el punto de vista sísmico, se considera la zona más crítica ante sismo, el factor de Zona (2) $Z = 0.25$, Factor de uso $U = 1.0$, Factor de suelo $S = 1.4$ y periodo predominante $T_p = 1.00$ seg, $C = 2.5$, calculando una fuerza basal máxima DE 37.76 Tn, en cimentaciones de edificaciones de 3 niveles.

-
- Carlos Aguilar y Solver Delgado (2015). En la tesis *“Zonificación del suelo subyacente para el diseño de cimentación de los sectores: Miraflores, San Isidro, San Borja y Centro Poblado Torres Belón, del Distrito de Pomalca-Chiclayo-Lambayeque”*. Este trabajo divide a los distritos estudiados en 2 zonas y en la cual nos muestra su nivel freático, sus perfiles estratigráficos y su clasificación de suelo.

Se determinó que los suelos encontrados en la zona de estudio en su mayoría son suelos cohesivos, como: CL y ML, las cuales poseen un grado de plasticidad entre baja y media. Sus colores varían entre marrón oscuro y marrón claro de acuerdo a su profundidad, otra de sus características es el porcentaje (%) de finos que varía entre los rangos de 62.19% - 96.74% para el CL, de 51.41% - 92.95% para el ML. En un menor porcentaje se encontró suelo cohesivo CH, que posee un grado de plasticidad alta, los colores varían desde marrón oscuro y marrón amarillo y presenta un porcentaje de finos entre 84.28% - 95.15%.

De la tesis también se concluye que las edificaciones existentes en su mayoría están cimentadas en estratos de arcilla de baja plasticidad (CL), y no se observan visibles muestras de hundimiento y levantamiento de veredas exteriores.

- Óscar Vásquez (2014). En la tesis *“Evaluación Geotécnica de los suelos de fundación en la zona urbana del Centro Poblado San Miguel de las Naranjas-Jaén”*. Nos explica que cuando la edificación colapsa, sin intervención de agentes exteriores, generalmente se debe a una sobrecarga en el terreno de fundación, los cuales no están en la capacidad de soportar un exceso de carga es por ello la necesidad de saber la Zonificación Geotécnica. Para ello se realizó

exploraciones a cielo abierto (calicatas) de la cual se obtuvo muestras para obtener los parámetros geotécnicos característicos, clasificación de suelos, contenido de humedad, densidad aparente, límites de plasticidad y capacidad portante.

En este estudio se dividió el centro poblado de San Miguel de las Naranjas en 4 zonas geotécnicas cada una con un tipo de suelo y capacidad portante diferente y su recomendación respectiva de la cimentación a realizarse.

1.1.3. LOCAL

- Meylin Chacón Alcántara y Jhadrit Guevara Tuesta (2007). En la tesis *“Zonificación Geotécnica de los suelos de Nuevo Chimbote”*. Esta investigación fue realizada en todo el distrito de Nuevo Chimbote, donde se ejecutaron calicatas y sondeos hechos con barrenos, también uso del ensayo de penetración ligera (DPL) como también el Cono de Densidad, así como ensayos en el laboratorio para obtener los datos necesarios para poder evaluar las características y propiedades de los suelos de cimentación del área de estudio para finalmente dar a conocer una zonificación geotécnica y un cálculo de licuación de suelos.

Elaboraron también perfiles estratigráficos con los datos obtenidos en la exploración de las excavaciones, en total se realizaron un total de catorce (14) sondajes DPL y diecisiete (17) calicatas.

El análisis de licuación de suelos lo realizaron con el programa de computo DLICUA, en donde se realizó para un sismo de magnitud 8.0 Ms y una

aceleración sísmica de 0.20 g. en donde se observa que alguna zona no presentara el fenómeno de licuación, pero en las zonas de Villa María, Primero de Mayo, 3 de octubre, Golfo Pérsico y el Satélite, entre los 0.00 – 1.50 m. se presentarían condiciones para la presencia del fenómeno de licuación en caso de ocurrencia de sismo severo.

El cálculo de la capacidad portante se determinó en base a la fórmula de Terzaghi y Peck (1967) con los parámetros de Vesic (1973) y en función a esto y a los tipos de suelos encontrados se realizó una división de siete (7) Zonas Geotécnicas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Conocer las características del suelo de fundación para predecir el comportamiento del terreno es fundamental en el desarrollo de toda obra civil. El estudio de los suelos de fundación lo lleva a cabo la ingeniería geotécnica, que se encarga de determinar sus propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles. Estas propiedades determinaran parámetros que son la base para el análisis de las cimentaciones asentadas en estos suelos. Se observa que el distrito de Samanco está en expansión urbana y las nuevas habilitaciones urbanas son construidas sin un conocimiento geotécnico del suelo, y no siguen criterios técnicos de diseño ni construcción en la cimentación de la estructura. Resultando esto en edificios con una mayor probabilidad de sufrir daños al paso del tiempo o ante algún fenómeno natural. Ante esta problemática proponemos realizar una zonificación geotécnica de los suelos de asentamiento urbano para delimitar zonas de iguales características del suelo. Y con esto realizar un análisis de las cimentaciones que podrían asentar en estas zonas geotécnicas.

¿De qué manera influye usar la zonificación geotécnica de los suelos de Asentamiento Urbano en el análisis de las cimentaciones del distrito de Samanco?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar la zonificación geotécnica de los suelos de asentamiento urbano, para usarla en el análisis de las cimentaciones del distrito de Samanco, provincia Del Santa, departamento de Áncash.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar zonas geotécnicas en los suelos de asentamiento urbano del distrito de Samanco.
- Identificar y clasificar los suelos de asentamiento urbano en el distrito de Samanco, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- Hallar la capacidad portante y los asentamientos de los suelos de asentamiento urbano del distrito.
- Determinar el nivel freático superficial de los suelos de asentamiento urbano del distrito.
- Evaluar el potencial de licuefacción de los suelos de asentamientos urbano del distrito.

1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Usar la zonificación geotécnica de los suelos de asentamiento urbano influiría en la determinación de espacios de suelos con similares características para el análisis de las cimentaciones en el distrito de Samanco, provincia Del Santa, departamento de Áncash.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Con esta investigación se espera realizar un análisis para las cimentaciones de edificaciones tipo vivienda, guiados de los parámetros del suelo según cada zona geotécnica determinada.

El análisis de las cimentaciones es de suma importancia para la construcción de viviendas seguras que garanticen las condiciones mínimas de seguridad. Ya que es a través de la cimentación que se transmiten las cargas el edificio hacia el terreno de fundación.

El terreno del distrito de Samanco está ubicado en la costa peruana, zona con una alta sismicidad, siendo así indispensable el conocimiento del suelo de asentamiento urbano y el diseño de las cimentaciones de la edificación.

Esta investigación beneficiará a los pobladores del distrito de Samanco, en la construcción de viviendas seguras, que disminuyan los riesgos de pérdidas materiales y de vidas humanas ante alguna eventualidad.

También como fuente antecedente a otros estudios, beneficiando indirectamente a otros proyectos a ejecutarse en el distrito donde el conocimiento del suelo es de primordial importancia.

1.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO

- No se conoce investigación que nos indique las características del suelo en el distrito de Samanco que sirva de fuente antecedente para este estudio.
- No existen planos catastrales actualizados de las zonas en expansión urbana de los centros poblados incluidos en este estudio que sirvan en la etapa de planificación de los puntos de investigación de campo. Estos planos catastrales no diferencian con claridad las zonas agrícolas de las zonas de posible expansión urbana.
- El uso del ensayo DPL para conocer las características del suelo, en lugar del ensayo SPT debido al costo que resultaría usar este último ensayo. Siendo recomendado usar el ensayo SPT a comparación del DPL, por tener el mayor tipo de suelo de aplicación recomendada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Son los estudios geotécnicos los que nos permiten conocer las características físico – mecánicas del suelo, para luego analizar estos datos y cuantificarlos en valores que describan estas características.

Una zonificación geotécnica es hecha en base a estudios geotécnicos adecuados, que toman en cuenta el nivel freático, la clasificación unificada de suelos por estratos identificados y la capacidad de carga admisible.

Estas zonas geotécnicas reúnen el conjunto de características de los suelos, que representan el comportamiento de estos ante cargas externas.

Según Forero y Dueñas (1994), La Zonificación Geotécnica consiste en delimitar sectores relativamente homogéneos, con características físico-mecánicas similares, donde se identifican parámetros fundamentales que prevén algunos problemas constructivos que pueden presentarse, además permite conocer el comportamiento del terreno para diferentes usos desde el punto de vista del desarrollo urbano.

2.2. LICUEFACCIÓN

Fenómeno que ocurre cuando un suelo ubicado bajo el nivel freático se comporta como líquido viscoso.

La licuación se origina por una vibración violenta, algo parecido a un sismo. Las ondas sísmicas provocadas son de corte y deforman la estructura de los estrados de materiales granulados saturados, causando el colapso de las partículas sueltas.

Los suelos más probables a tener una licuación son las arenas y los limos, la probabilidad de que una zona o territorio tenga una licuación de suelos depende de las siguientes propiedades del suelo:

- Densidad Relativa
- Contenido de arcilla u otro material cementante
- Facilidad de drenaje

La magnitud de la deformación del suelo licuado está en función de:

- Densidad Relativa
- Profundidad del área del estrato licuado
- Pendiente del terreno
- Cargas aplicadas por la estructura

Áreas con potencial de licuación

- Depósitos limosos y arenosos de espesor del al menos 10 m, poco consolidados.
- Nivel freático a poca profundidad (menos de 3m).
- El grado de compactación baja, equivalente a un promedio de 20 golpes en pruebas de penetración estándar
- Que el lugar se ubique a menos de 22 km, de posibles epicentros de sismos con magnitudes mayores o iguales a 6 grados.
- Terrenos sujetos a aceleraciones de 0.1g o mayores.
- Si se encuentran suelos finos cohesivos que cumplan simultáneamente con lo siguiente:
 - Porcentaje de partículas más finas que 0.005 m < 15%

- Límite líquido $LL < 35$
- Contenido de humedad $w > 0.9 LL$

Métodos Basados en el Ensayo de Penetración Estándar

Este método es un tanto difícil para realizar, algunos parámetros de los suelos pueden tal vez ser medidos con mayor exactitud sobre un amplio rango de profundidades y en condiciones ambientales más difíciles. Pero ya que el uso del SPT ha sido ampliamente usado en el pasado, la gran parte de datos de comportamiento de campo están generalmente correlacionados con este índice de resistencia del suelo.

a) Método Simplificado de Seed e Idriss

Este método sirve para estimar la resistencia al fenómeno de licuación de arenas, antiguamente el método usaba la compacidad relativa, que se obtenía por correlación con el ensayo SPT como un parámetro principal del suelo en la determinación de la resistencia a la licuación.

Seed e Idriss propusieron que la relación de esfuerzo cíclico para un suelo a una profundidad determinada durante un terremoto puede ser evaluada mediante la Ecuación 1.

$$\frac{\tau_d}{\sigma_o} = 0.65 * \frac{a_{max}}{g} * \frac{\sigma_o}{\sigma'_o} * r_d$$

Ecuación 1. Ecuación del método simplificado de Seed e Idriss

Donde:

T_d : Esfuerzo de corte promedio inducido por el terremoto.

$a_{m\acute{a}x}$: Aceleración máxima en la superficie del terreno.

g : Aceleración de la gravedad.

σ_0 : Esfuerzo total vertical a la profundidad considerada.

R_d : Factor de reducción del esfuerzo

b) Evaluación de la Resistencia a la Licuación

Los métodos basados en la experiencia de campo y de laboratorio, proponen diversas expresiones para evaluar, tanto la relación de esfuerzos que se requiere para causar licuación en un suelo dado, cuyas características son conocidas $(\frac{\tau_1}{\sigma_v})$, como la relación de esfuerzos que induce un movimiento sísmico donde las características también son conocidas $(\frac{\tau_d}{\sigma_v})$.

Por lo tanto, se puede definir el factor de seguridad contra la ocurrencia del fenómeno de licuefacción (FL), a través de la Ecuación 2.

$$FL = \frac{\tau_1/\bar{\sigma}_v}{\tau_d/\bar{\sigma}_v}$$

Ecuación 2. Ecuación del factor de seguridad a la licuación

Donde:

Si $FL > 1$ no se producirá licuación.

Si $FL < 1$ se producirá licuación.

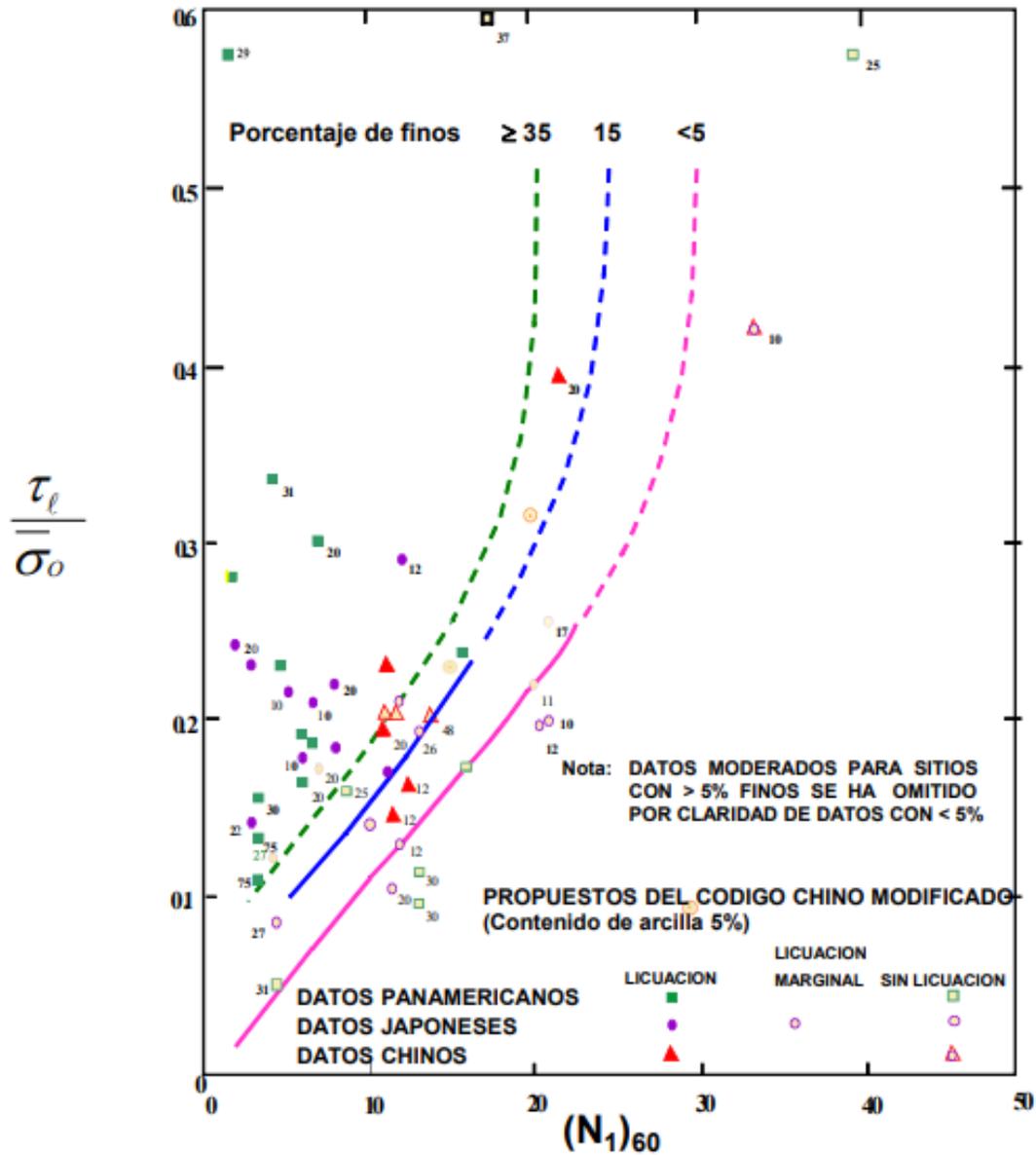


Figura 1. Relación entre valores de Esfuerzo que causan Licuación y valores de $(N_1)_{60}$ para sismos de $M_w=7.5$ (Ref. Seed et al., 1984).

2.3. INVESTIGACIONES DE CAMPO

2.3.1. SONDAJES

El sondaje es un método de exploración usado para el reconocimiento del terreno a estudiarse y no pueda ser realizado con el uso de calicatas por la profundidad que esto requiera o por la existencia de agua cerca de la superficie.

Debe tenerse en cuenta y cuidado de la profundidad a la cual se realizará la exploración del terreno, en general los puntos básicos que la mecánica de suelo debe cuidar en un caso dado se refieren a la posibilidad y cálculo de asentamientos y a la determinación de resistencia de los suelos.

- Pozos a cielo abierto, con muestreo alterado o inalterado

Es el método más practicable para conocer las condiciones del subsuelo y consiste en excavar un agujero de dimensiones suficientes para que una persona pueda entrar y examinar los diferentes estratos del suelo en su estado natural, así como también verificar el nivel de agua existente. Este método no se usa para grandes profundidades por el peligro que podría generar un derrumbe y también si existe agua la excavación sería dificultosa, para este tipo de excavación se recomienda la presencia de un técnico conocedor que lleve un registro completo de las condiciones del subsuelo.

- Perforaciones con posteadora

En este método de sondeo la muestra que se obtiene es completamente alterada, pero es una muestra representativa.

La posteadora se usa en campo penetrando con giros sobre el suelo y sacando una muestra cada vez que se introduce, este cada vez que va ingresando al terreno se va acoplando barras de acero para poder introducir cada vez más la posteadora.

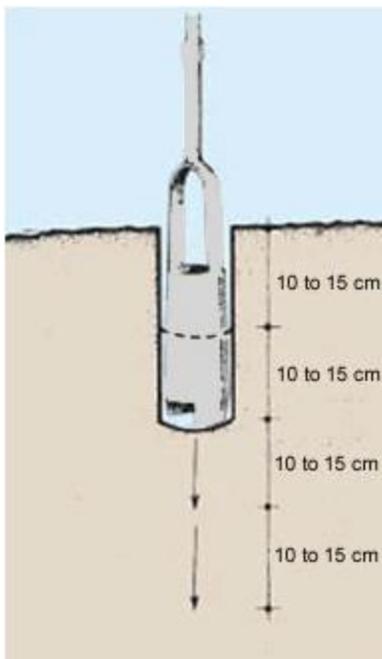


Figura 2. Posteadora manual penetrando el suelo cada 10 a 15 cm.

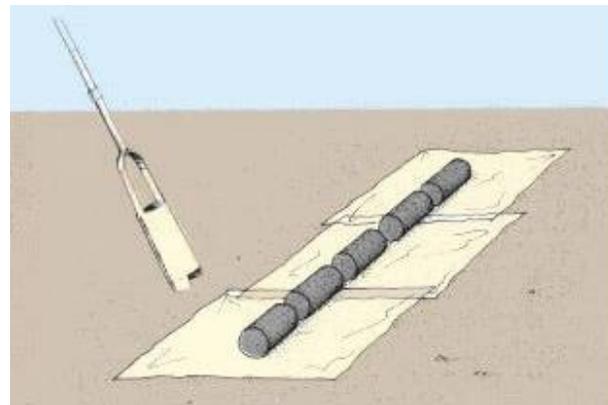


Figura 3. Toma de muestras con barreno tipo Riverside.

2.3.2. ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA (DPL)

El ensayo DPL consiste en el hincado continuo en tramos de 10 cm. De una punta cónica de 60° utilizando la energía de un martillo de 10 kg de peso, que cae libremente desde una altura de 50 cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración en función del tipo de suelo, para cada 30 cm de hincado. NTP 339.159:2001

Atala (2011) señala que la correlación entre el número de golpes normalizados para un 60 % de eficiencia del ensayo SPT (N_{60}) y el número de golpes del ensayo DPL ($ndpl$), es $N_{60} = 0.1277 ndpl + 5.5492$. Siendo $ndpl$, la suma de los números de golpes cada 0.30 m., del ensayo DPL que mide los números de golpes cada 0.10 m. de penetración.

2.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

2.4.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

Este modo operativo describe el método para determinar los diferentes tamaños de las partículas de un suelo y obtener la cantidad, expresada en tanto por ciento de éstas, que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200). Se clasifica la muestra, expresando en porcentaje la proporción de gravas, arena y arcilla o limo. ASTM D-422, MTC E 107.

Para el tamaño efectivo, coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura son parámetros básicos del suelo que determinan en las curvas del análisis granulométrico y se usan para clasificar los suelos granulares.

El diámetro en la curva de distribución del tamaño de las partículas correspondiente al 10% de finos se define como el diámetro efectivo o D_{10} .

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

Ecuación 3. Ecuación para hallar el coeficiente de uniformidad (C_u)

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

Ecuación 4. Ecuación para hallar el coeficiente de curvatura (C_c)

Donde:

C_u = Coeficiente de Uniformidad.

D_{10} = Diámetro correspondiente al 10% de finos en la curva de distribución granulométrica.

D_{30} = Diámetro correspondiente al 30% de finos en la curva de distribución granulométrica.

D_{60} = Diámetro correspondiente al 60% de finos en la curva de distribución granulométrica.

Tabla 1
Tamices de malla cuadrada.

TAMICES	ABERTURA (mm)
3/4"	19.000
1/2"	12.500
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° 100	0.106
N° 200	0.075

FUENTE: Elaboración propia.

2.4.2. LÍMITES DE ATTERBERG

Lo constituyen el límite líquido y límite plástico. El índice de plasticidad resultará de la diferencia entre ambos. ASTM D-4318, MTC E 111 y MTC E 110.

- Límite Líquido

Su objetivo es determinar y conocer las características del suelo en su límite líquido y para esto se emplea el método estándar el procedimiento de Casagrande, con el cual se define como límite líquido el contenido de humedad de fracción de suelo que pasa la malla N°40.

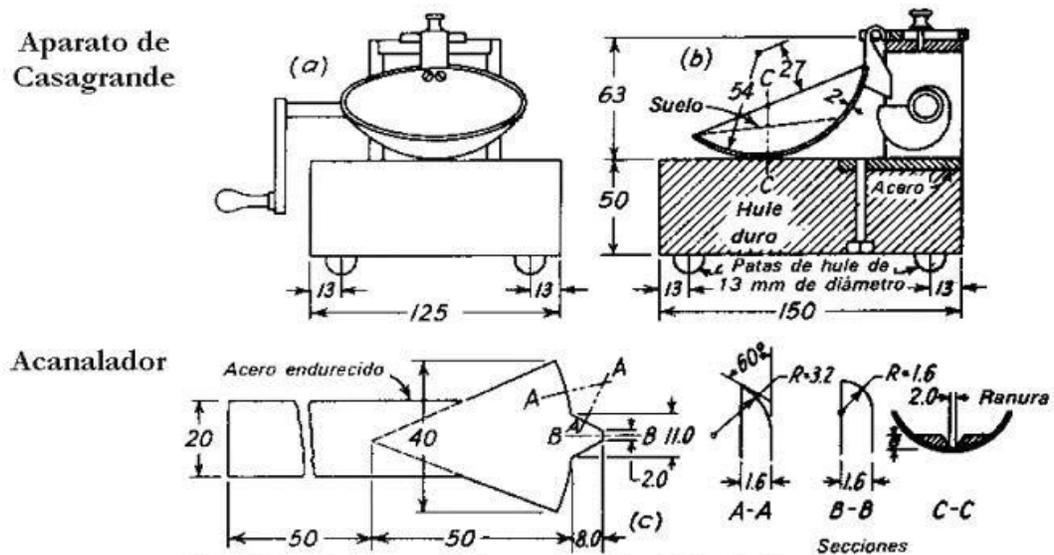


Figura 4. Aparato de límite líquido (o Casagrande).

- Límite Plástico

Su objetivo es determinar y conocer el límite plástico en el suelo que se define como el mínimo contenido de agua de la fracción que pasa la malla N°40, para que se puedan formar con ellas cilindros de 3 mm., sin que se rompan o desmoronen.

Para este procedimiento se hacen uso de una cápsula de porcelana de 12cm de diámetro, una espátula de hoja de acero y un vidrio áspero de aproximadamente 30x30 cm. de tamaño.

- Índice Plástico

Es las diferencias numéricas entre el Limite Liquido (LL) y el Limite Plástico (LP), es el índice de plasticidad (IP)

$$LL - LP = IP$$

Ecuación 5. Ecuación para hallar el índice plástico (IP)

Esto hace referencia a la cantidad de humedad, al cual el suelo se encuentra en una condición plástica; relacionada generalmente con la cantidad de arcilla del suelo.

2.4.3. ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Tiene como objetivo determinar la resistencia al esfuerzo cortante de una muestra teniendo en cuenta que en el suelo se debe a 2 componentes: La cohesión, dada por la fricción fina del suelo y responsable a su vez del comportamiento plástico del suelo, y el rozamiento interno entre las partículas. NTP 339.171:2002, ASTM D3080-90.

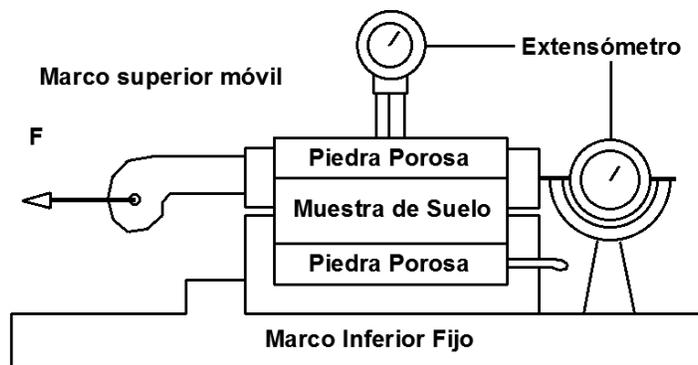


Figura 5. Esquema del aparato de resistencia al esfuerzo cortante.

2.4.4. DENSIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA

La densidad mínima se refiere al estado más suelto posible, donde el suelo presenta la máxima relación de vacíos.

La densidad máxima se refiere al estado donde el suelo presenta la mínima relación de vacíos.

$$\gamma_{min}, \gamma_{max} = \frac{W_{min}, W_{max}}{V_t}$$

Ecuación 6. Ecuación para hallar la densidad máxima y mínima (γ_{min} , γ_{max})

Donde:

$W_{mín}, W_{max}$ = Peso del suelo suelto, compactado

$\gamma_{mín}, \gamma_{max}$ = Densidad mínima, densidad máxima

V_t = Volumen del molde

2.4.5. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

La más usada es el Sistema Unificado de clasificación de los suelos (SUCS). Este sistema fundamentado principalmente en la experiencia divide a los suelos en dos grandes grupos:

Finos: Suelos en donde más del 50% pasa el tamiz N° 200.

Gruesos: Suelos donde más del 50% se retiene en el tamiz N° 200.

Para subdividir a su vez a los suelos finos, una gran cantidad de estos y en diferentes variedades. La carta de plasticidad Figura 07, nos muestra la clasificación de suelos en función al límite líquido y al índice de plasticidad.

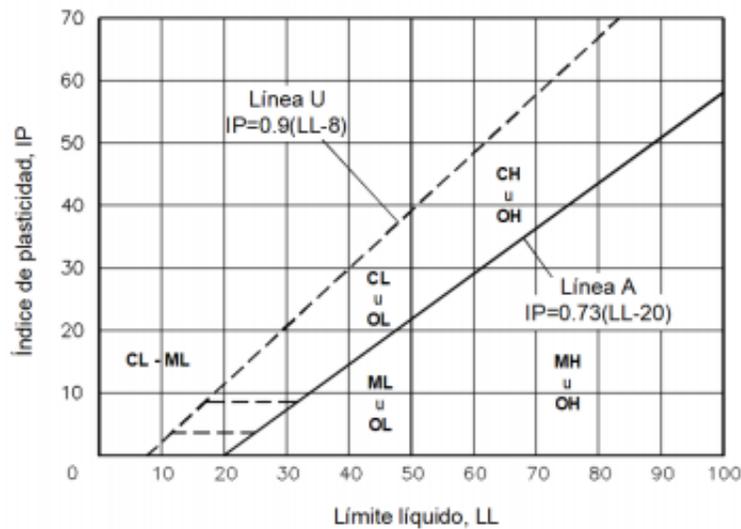


Figura 6. Carta de plasticidad.

Se trazó empíricamente la línea A, que pasa por los puntos de coordenadas (20-0) y (50-22).

Por encima de esta línea se ubican las arcillas que se las simboliza con la letra C del inglés Clay, por debajo están los limos y suelos orgánicos que se simbolizan con las letras M del inglés Mud y O respectivamente. Luego está la línea vertical y quedó dividida la carta de plasticidad en cuatro grandes zonas.

La línea B la vertical divide a los suelos finos en dos grupos:

Suelos Finos de alta plasticidad $LL > 50$.

Suelos Finos de baja plasticidad $LL < 50$.

De esta manera quedó definida la carta de seis grupos de suelos añadiéndola las letras L o H del inglés Low y High (baja y alta plasticidad respectivamente).

Suelos Gruesos: Los suelos gruesos a su vez se subdividen en dos grupos:

- Gravas: más del 50% retiene el tamiz N°4.
- Arenas: más del 50% pasa el tamiz N°4.

Se las designa con las letras G y S del inglés Gravel y Sand respectivamente.

También a las arenas pueden ser bien y pobremente graduadas y es así como a los símbolos anteriores se posponen las letras P y W del inglés Poorly y Well respectivamente, por lo tanto, se tienen los 4 grupos principales de suelos gruesos.

- GP = Gravas pobremente graduadas
- GW = Gravas bien graduadas
- SP = Arenas pobremente graduadas
- SW = Arenas bien graduadas
- Se dice que un suelo es bien graduado cuando los porcentajes que pasan y retienen los tamices son proporcionalmente distribuidos.

Otros grupos diferentes:

- GC = Gravas arcillosas
- GM = Gravas limosas
- SC = Arenas arcillosas
- SM = Arenas limosas

2.5. TEORÍA DE MECÁNICA DE SUELOS

2.5.1. CIMENTACIONES

Las cimentaciones se encuentran en toda edificación y transmiten directamente las cargas al terreno, distribuyendo las cargas del edificio para que pueda soportar la edificación sin sufrir deformaciones excesivas.

Tipos de cimentación

Los cimientos pueden clasificarse en cimentaciones propiamente dichas, anclajes y muros pantalla. Las primeras transmiten al terreno principalmente esfuerzos de compresión y momentos flectores, contada siempre desde la línea de cota de la obra, en directas o superficiales, cimentación en pozo y cimentaciones profundas.

Clasificación de cimentaciones pueden ser superficiales, profundas:

- Superficiales

Son superficiales cuando transmiten la carga al suelo por presión bajo su base sin rozamientos laterales de ningún tipo, también es cuando tiene una profundidad de entre 0.50 m. y 4 m.

Engloban las zapatas en general y las losas de cimentación, los distintos de cimentación superficial dependen de las cargas de la estructura.

- Puntuales: Zapatas aisladas, centrada, combinada, medianera, esquinera.
- Lineales: Zapatas corridas, bajo muro, bajo pilares.
- Superficiales: Losas de cimentación.

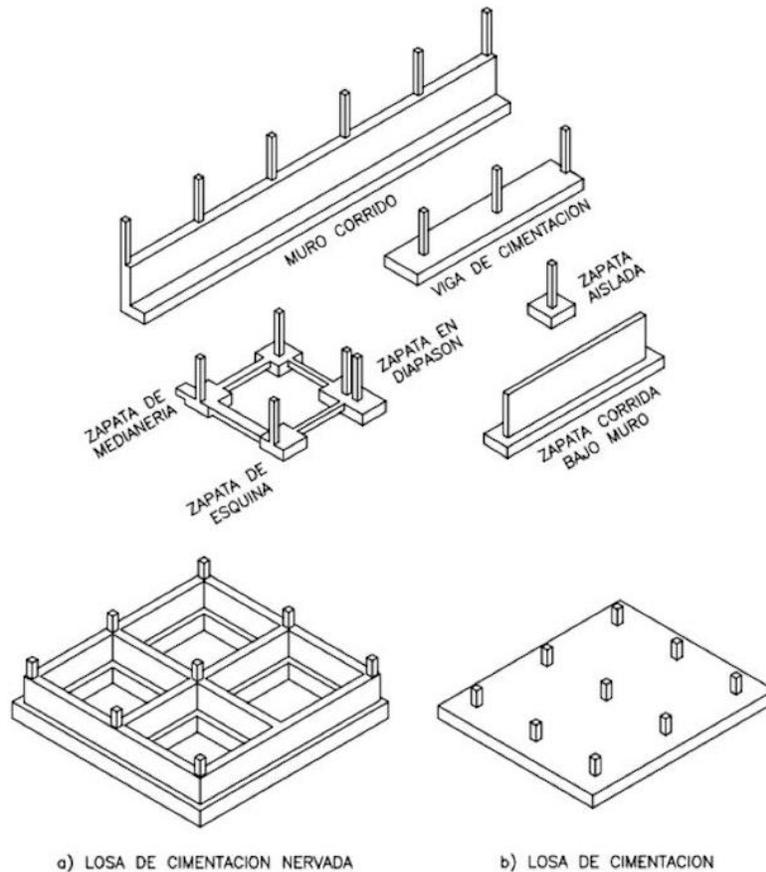


Figura 7. Cimentaciones superficiales.

- Zapatas Aisladas

Las zapatas aisladas son de forma cuadrada o rectangular, soportan un único pilar. Cuando las zapatas sufren una excentricidad alta en cualquiera de sus direcciones, es necesario el uso de vigas de cimentación para disminuir los momentos aplicados. En todo caso es conveniente el uso de estos elementos en el perímetro de la cimentación con el objetivo de disminuir la incidencia de los asentamientos diferenciales.

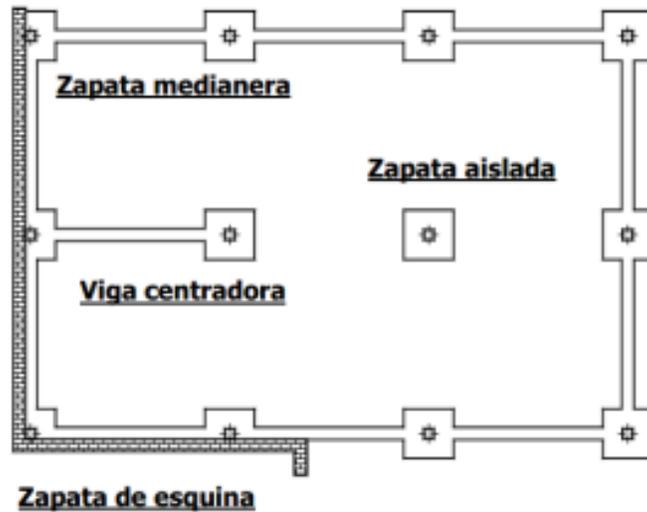


Figura 8. Zapata aislada.

- Zapata Combinada

Son aquellas fundaciones que soportan más de una columna. Se opta por esta solución cuando se tienen dos columnas muy juntas y al calcular el área necesaria de zapata para suplir los esfuerzos admisibles sobre el suelo nos resulta con sus áreas montadas.

También se puede construir una zapata combinada en el caso de que una de las zapatas sea medianera y se quiera unir con una de las fundaciones interiores, aquí la zapata cumpliría la función de viga de cimentación, también se puede dar cuando el esfuerzo admisible es pequeño y se requiere de un área grande de fundación.

- Losa de Cimentación

La losa de cimentación se define como una estructura que soporta varias columnas o muros a mismo tiempo. Se emplea cuando la capacidad de carga del suelo es muy baja o cuando el área cimentada es mayor al 75% del área total del terreno.

Existen varios tipo de losa de cimentación las cuales se muestran en la Figura 9.

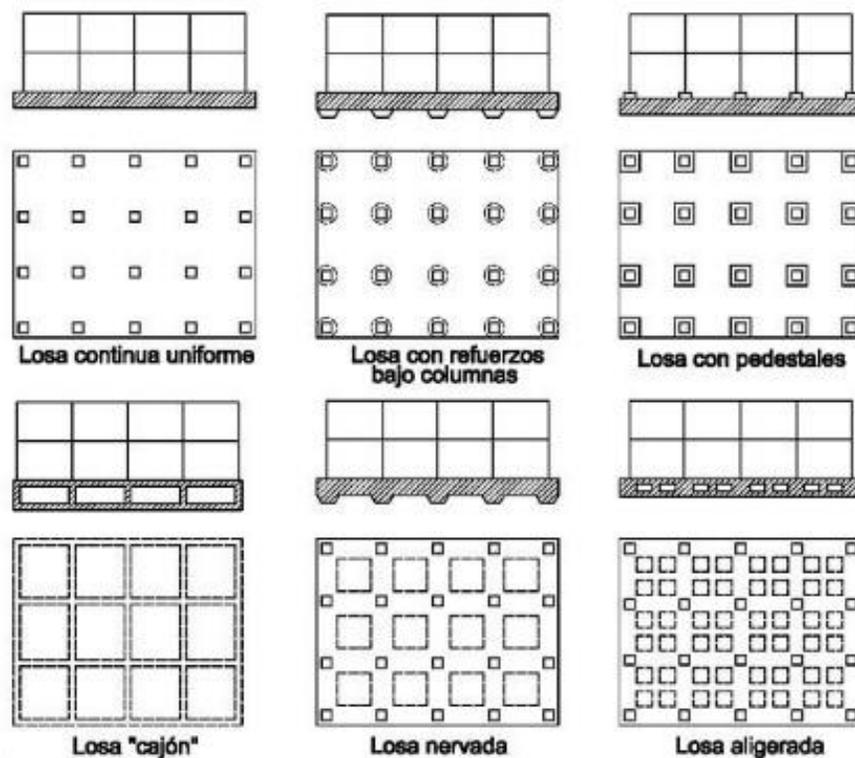


Figura 9. Tipos de losa de cimentación.

2.5.2. TEORÍA DE LA CAPACIDAD DE CARGA

De acuerdo a esta teoría, una cimentación es superficial si su profundidad, D_f es menor igual o menos a su ancho, luego sugirieron que las cimentaciones con D_f igual a tres o cuatro veces su ancho se podían definir como cimentaciones superficiales.

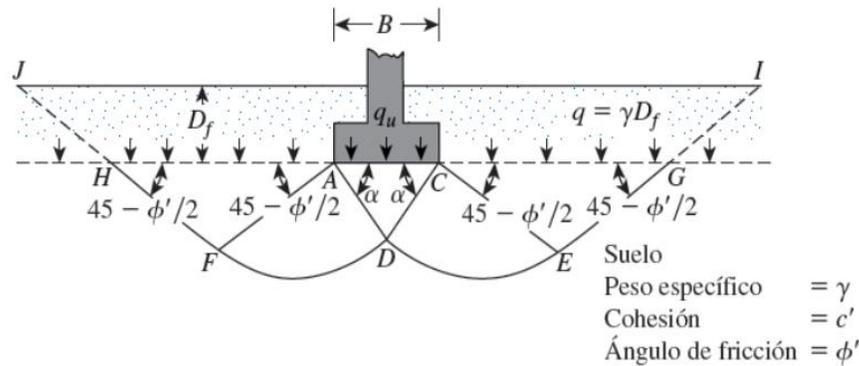


Figura 10. Falla por capacidad de carga en un suelo bajo una cimentación rígida continua.

Luego aplicando un análisis de equilibrio, Terzaghi expresó la capacidad de carga última para una cimentación continua o corrida, esto se muestra en la Ecuación 7.

$$q_u = c'N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$$

Ecuación 7. Ecuación de la capacidad de carga última de Terzaghi

Donde:

C = Cohesión del suelo

γ = Peso específico del suelo

$q = \gamma D_f$

$$Nq = \tan^2(45 + \phi'/2) e^{\pi \tan \phi'}$$

Ecuación 8. Ecuación para hallar el factor de capacidad de carga (Nq)

$$Nc = (Nq - 1) \cot \phi'$$

Ecuación 9. Ecuación para hallar el factor de capacidad de carga (Nc)

$$N\gamma = 2(Nq + 1) \tan \phi'$$

Ecuación 10. Ecuación para hallar el factor de capacidad de carga (N γ)

Tabla 2.

Factores de capacidad de carga de Terzaghi.

ϕ	Nc	Nq	N γ	ϕ	Nc	Nq	N γ
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.10	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	12.85	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.66	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	1460	5.45	2.18	43	134.58	125.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.98	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	8.25	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.71	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 de cimentaciones". (Das. 2011)

Para calcular la capacidad de carga última de cimentaciones cuadradas y circulares, la ecuación se puede modificar respectivamente a:

$$q_u = 1.3c'Nc + qNq + 0.4 \gamma BN\gamma$$

Ecuación 11. Ecuación de la capacidad de carga última de cimentaciones cuadradas

$$q_u = 1.3c'Nc + qNq + 0.3 \gamma BN\gamma$$

Ecuación 12. Ecuación de la capacidad de carga última de cimentaciones circulares

Para cimentaciones que presentan el modo de falla local por corte en suelos, Terzaghi sugirió las modificaciones siguientes para las ecuaciones:

$$q_u = \frac{2}{3}c'Nc + qNq + \frac{1}{2} \gamma BN\gamma$$

Ecuación 13. Ecuación de la capacidad de carga última por el modo de falla local para cimentaciones continuas

$$q_u = 0.867c'Nc + qNq + 0.4 \gamma BN\gamma$$

Ecuación 14. Ecuación de la capacidad de carga última por el modo de falla local para cimentaciones cuadradas

$$q_u = 0.867c'Nc + qNq + 0.3 \gamma BN\gamma$$

Ecuación 15. Ecuación de la capacidad de carga última por el modo de falla local para cimentaciones circulares

Nc' , Nq' y $N\gamma'$ Los factores de capacidad de carga modificados, se pueden calcular utilizando las ecuaciones de los factores de capacidad de carga de carga reemplazando \emptyset por $\emptyset' = \tan^{-1} \left(\frac{2}{3} \tan \emptyset \right)$ la variación de Nc' , Nq' y $N\gamma'$ con el ángulo de fricción del suelo \emptyset se da en la Tabla 3.

Tabla 3.
*Factores de capacidad de carga modificados de
 Terzaghi.*

ϕ	Nc	Nq	Ny	ϕ	Nc	Nq	Ny
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.009	0.07	27	23.94	13.20	14.47
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.40	22.40
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.90	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.10	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.80	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.40	5.39	46	152.10	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.20	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.20	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.60	9.44	50	266.89	319.07	762.89
25	20.72	10.66	10.88				

FUENTE: "Fundamentos de ingeniería de cimentaciones". (Das, 2011)

Las ecuaciones de capacidad de carga de Terzaghi ahora se han modificado para tomar en cuenta los efectos de la forma de la cimentación (B/L), la profundidad de empotramiento (D_f) y la inclinación de la carga.

Capacidad de Carga Última

La capacidad de carga del suelo de los cimientos depende de la resistencia al corte y compresibilidad del terreno de fundación, y también de los factores producidos por la construcción y el funcionamiento de las estructuras.

Cuando dimensionamos los cimientos en función de la magnitud de las cargas, necesitamos determinar un valor de presión media para que pueda aplicarse en el contacto suelo-fundación, y permitir un comportamiento satisfactorio de la cimentación.

Debemos considerar la posible incidencia de las condiciones relativas a la ubicación y profundidad de la fundación y factores del tipo y diseño. La presión portante permisible, constituye una medida de la capacidad de carga del suelo de soporte de un sitio dado.

Los métodos analíticos de la geotecnia permiten cuantificar ciertos factores, pero pueden requerir la aplicación del buen juicio del ingeniero. Se consideran los siguientes criterios generales:

- No presentar movimientos en la fundación y el buen funcionamiento de la estructura.
- Deben aplicarse en forma equilibrada los criterios de seguridad.

Capacidad de Carga Permisible

La capacidad de carga permisible bruta de cimentaciones superficiales, se calcula aplicando un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última.

$$q_{perm} = \frac{q_u}{FS}$$

Ecuación 16. Ecuación para hallar la capacidad de carga permisible (q_{perm})

2.5.3. ASENTAMIENTOS PERMISIBLES

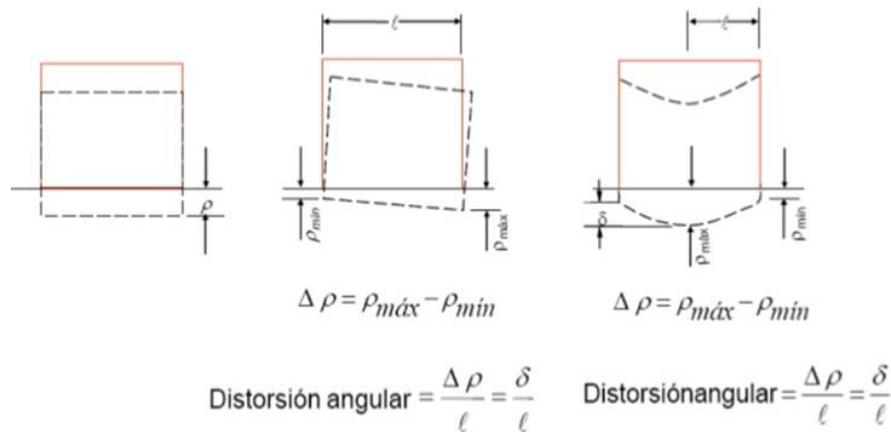


Figura 11. (a) Asentamiento uniforme (b) Volteo (c) Asentamiento no uniforme.

a) Movimientos Permisibles

Es un importante criterio para el diseño de las estructuras, necesitamos de 2 puntos para aplicar este criterio:

- Que el movimiento sea tolerable por la estructura
- Predecir los movimientos que se puedan producir

Los asentamientos previstos en una cimentación son los asentamientos totales y los asentamientos diferenciales, siendo estos las que podrían comprometer la seguridad cuando sus valores exceden $1''$, asentamiento diferencial máximo tolerable para estructuras convencionales, este se caracteriza por la distorsión angular.

b) Relación entre Asentamiento y Daño

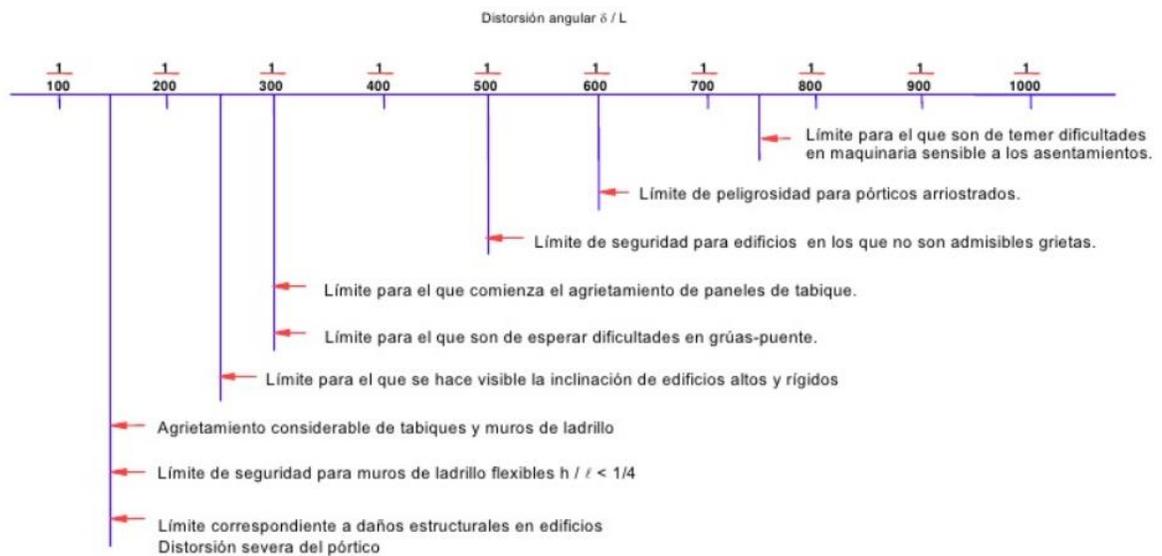


Figura 12. Criterios de daños en estructuras.

Es más importante el asentamiento diferencial que el total, así sea más difícil estimar el diferencial ya que este depende del suelo y la estructura.

Normalmente se establecen relaciones entre distorsión máxima y el asentamiento diferencial máximo y luego de esto se tiene relaciones entre estos.

c) Asentamientos Inmediatos

El diseño de una cimentación, necesita una seguridad razonable respecto a la resistencia por corte y a los asentamientos admisibles.

- Método Elástico

Para determinar la carga admisible por asentamiento en suelos sin cohesión, se utilizará la relación dada por la teoría de elasticidad (Lambe y Whitman, 1964). Donde se asume que el esfuerzo transmitido es uniforme y además que los esfuerzos transmitidos son iguales a la capacidad admisible de carga. El asentamiento elástico inicial estará definido por la Ecuación 17.

$$S_i = \frac{qB(1-u^2)}{E_s} I_f$$

Ecuación 17. Ecuación para hallar el asentamiento probable (S_i)

Donde:

S_i = Asentamiento Probable (cm)

u = Relación de Poisson (-)

E_s = Modulo de Elasticidad (ton/m²)

I_f = Factor de Forma (cm/m)

q = Presión de Trabajo (ton/m²)

B = Ancho de la Cimentación (m)

Tabla 4.
*Rango de valores del Módulo de elasticidad
 respecto al tipo de suelo.*

TIPO DE SUELO	Es (ton/m²)
ARCILLA: MUY BLANDA	30 – 300
BLANDA	200 – 400
MEDIA	450 – 900
DURA	700 – 2000
ARCILLA ARENOSA	3000 – 4250
SUELOS GLACIARES	1000 – 16000
LOESS	1500 – 6000
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: “Diseño de Cimentaciones”. (Alva Hurtado, 2010)

Tabla 5.
*Rango de valores del Módulo de Poisson
 respecto al tipo de suelo.*

TIPO DE SUELO	μ (-)
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
CONCRETO	0.15

FUENTE: “Diseño de Cimentaciones”. (Alva Hurtado, 2010)

Tabla 6.
 Valores de factores de influencia para asentamientos.

FORMA DE LA ZAPATA	VALORES DE I_f (cm/m)			
	CIM. FLEXIBLE			RÍGIDA
UBICACIÓN	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: "Diseño de Cimentaciones". (Alva Hurtado, 2010)

Ecuaciones para determinar el módulo de Elasticidad de los suelos (E_s):

$$E_s = 50(N+15) \text{ Ton/m}^2$$

Ecuación 18. Ecuación para hallar el módulo de elasticidad (E_s) en arenas

$$E_s = 30(N+5) \text{ Ton/m}^2$$

Ecuación 19. Ecuación para hallar el módulo de elasticidad (E_s) en arenas arcillosas.

$$E_s = (125-250) q_u$$

Ecuación 20. Ecuación para hallar el módulo de elasticidad (E_s) en arcillas sensibles
 normalmente consolidadas

$$E_s = 500 q_u$$

Ecuación 21. Ecuación para hallar el módulo de elasticidad (E_s) en arcillas poco sensibles

Donde:

$N = \text{SPT}$

$q_u = \text{Compresión Simple (ton/m}^2\text{)}$

d) Asentamiento Diferencial

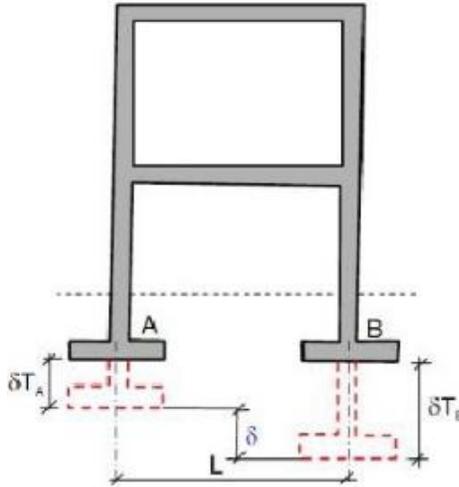


Figura 13. Asentamiento Diferencial.

Una vez calculado el asentamiento inmediato debe comprobarse si su magnitud es inferior o superior a los límites tolerables. La Norma Técnica de Suelos y Cimentaciones E-050 establece que el asentamiento diferencial no debe ser mayor que el calculado para una distorsión angular prefijada, de acuerdo al tipo de edificación, así como la naturaleza del terreno.

$$\partial = \alpha * L$$

Ecuación 22. Ecuación para hallar el asentamiento diferencial (∂)

Donde:

∂ = Asentamiento Diferencial en cm

α = Distorsión Angular

L = Longitud entre ejes de zapatas y/o cimientos cm.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

En este título se menciona los equipos, aparatos y materiales utilizados en este trabajo. Estos están agrupados según su utilidad en las etapas seguidas en el desarrollo de la investigación, las cuales se detallan en los subtítulos siguientes.

3.1.1. PARA LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

a) PLANIFICACIÓN PARA REALIZAR LAS INVESTIGACIONES DE CAMPO

- GPS (Global Positioning System).
- Mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19-g).
- Mapa catastral de los centros poblados del distrito de Samanco.

b) INVESTIGACIONES DE CAMPO

- **Pozos o calicatas y la perforación manual con barreno:**
 - ✓ Bolsas herméticas
 - ✓ Barreno manual tipo Riverside
 - ✓ Herramientas manuales (llaves de tubo, pico, palas y barretas)
 - ✓ Accesorios complementarios (cinta métrica, cámara fotográfica)

- **Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL):**
 - ✓ Equipo de DPL
 - ✓ Sonda (varillaje)
 - ✓ Equipo de protección personal
 - ✓ Herramientas manuales (llaves de tubo, pala, pico y barreta)

- **Densidad in-situ mediante el método del cono de arena:**
 - ✓ Balanza
 - ✓ Arena calibrada
 - ✓ Aparato de densidad de cono de arena
 - ✓ Equipos diversos (espátula, cuchara, cincel, bolsas herméticas, brocha)

3.1.2. PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

- **Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo**
 - ✓ Balanzas
 - ✓ Recipientes (taras)
 - ✓ Horno de secado (temperatura constante $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$)
 - ✓ Otros utensilios (cuchillo, espátula, cuchara)
 - ✓ Utensilios para manipulación de recipientes (guantes, tenazas)

- **Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado**
 - ✓ Balanzas
 - ✓ Tamizadora mecánica
 - ✓ Recipientes (taras)
 - ✓ Cepillo, brocha y martillo de caucho
 - ✓ Horno de secado (temperatura constante $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$)
 - ✓ Serie de tamices de malla cuadrada ($3/4''$, $1/2''$, $3/8''$, N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200)

- **Determinación del Límite Líquido de los Suelos**
 - ✓ Tamiz N° 40
 - ✓ Acanalador
 - ✓ Balanza
 - ✓ Agua destilada
 - ✓ Recipientes (vasija y taras)
 - ✓ Aparato del límite líquido (copa de Casagrande)
 - ✓ Horno de secado (temperatura constante $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$)

- **Determinación del Límite Plástico de los Suelos e Índice de Plasticidad**
 - ✓ Tamiz N° 40
 - ✓ Espátula
 - ✓ Balanza
 - ✓ Agua destilada

- ✓ Vidrio grueso esmerilado
- ✓ Recipientes (vasija y taras)
- ✓ Horno de secado (temperatura constante $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$)

- **Densidades máximas y mínimas**

- ✓ Moldes
- ✓ Apisonador
- ✓ Balanza
- ✓ Regla metálica
- ✓ Mesa vibradora
- ✓ Martillo de caucho

- **Corte Directo**

- ✓ Balanza
- ✓ Mortero
- ✓ Papel filtro
- ✓ Piedras porosas
- ✓ Discos de carga
- ✓ Agua destilada
- ✓ Probeta de 200 ml.
- ✓ Recipientes (vasija y taras)
- ✓ Equipo de corte directo y caja de corte
- ✓ Dispositivo para la aplicación de la fuerza de corte

- ✓ Dispositivo para la aplicación de la fuerza normal
- ✓ Indicadores de deformación o diales (adecuados para medir los cambios en el espesor y la deformación con sensibilidad de 0.02 mm)
- ✓ Horno de secado (temperatura constante $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$)
- ✓ Equipo para el tallado de la muestra (pisón, cuchara, martillo de caucho, espátula).

3.2. MÉTODOS

La metodología utilizada consistió en la recolección de datos para probar la hipótesis formulada al inicio de la investigación, esto pertenece al enfoque cuantitativo de la investigación.

Esta metodología se desarrolló de la siguiente manera: contexto de la investigación, tipo de investigación, universo y muestra, diseño utilizado, procedimientos y tratamiento de los datos.

3.2.1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación tiene como área de estudio al distrito de Samanco. El distrito de Samanco tiene aproximadamente una superficie de 154.14 km^2 y una altitud media de 21 m.s.n.m.

Por ley N° 12294 dada el 15 de abril de 1955, se creó el distrito con el primer nombre de 1ro de junio, en el gobierno del presidente Manuel A. Odría.

Posteriormente por ley N° 12713 del 31 de enero de 1957 se cambió la denominación por Samanco.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), cuenta con 8 centros poblados (CC.PP.) rurales y 3 CC.PP. urbanos.

Dentro de esta zona estudio, fueron analizados los suelos de los centros poblados con mayor densidad *hab/km²*. Ya que en estos, se concentran la mayor cantidad de habitantes que destinan el uso del suelo a zonas residenciales.

Siendo importante el análisis de la cimentación de las futuras viviendas a asentarse en estos centros poblados, que son: Huambacho El Arenal, Huambacho La Huaca, Los Chimus, La Capilla, Samanco, San Pedrito. Los otros centros poblados no considerados en este estudio, tienen como uso de suelo diferentes fines ya sea recreativo, industrial o agrícola.

Ubicación

El distrito de Samanco limita al norte con el distrito de Nuevo Chimbote, hacia el sur con el distrito de Casma y el distrito de Comandante Noel, por el este con el distrito de Nepeña y oeste con el Océano Pacífico.

Clima

La zona del proyecto tiene un clima templado a cálido. Con picos de temperatura aproximadamente desde los 27°C hasta los 17°C.

El distrito de Samanco está ubicado en la faja costera peruana, donde la temperatura promedio anual es de 21°C.

Topografía

La zona de estudio es relativamente llana, con una elevación promedio de 21 m.s.n.m.

Con un equipo GPS se recolectaron datos los cuales indicaron elevaciones desde 53 hasta 14 m.s.n.m.

Hidrografía

El último trayecto del río Nepeña pertenece al distrito de Samanco. Este río tiene su desembocadura en el Océano Pacífico, por la zona del CC.PP. Los Chimus. La desembocadura del río en el mar solo se da en ocasiones de grandes avenidas causadas por el fenómeno del Niño. Las aguas del río Nepeña sirven para la irrigación de los sembradíos locales.

La hidrografía de la cuenca del río Nepeña; el río Nepeña resulta de la confluencia de los ríos Jimbe, Chumbe, y Loco. Nace en las alturas de la laguna Chupicocha a 4600 m.s.n.m., alimentándose con las precipitaciones que ocurren en las partes altas del flanco occidental de la Cordillera Negra.

El curso del río Nepeña es algo sinuoso desde sus nacientes hasta su desembocadura, siguiendo en general una dirección predominantemente noreste a sureste; a la altura de la localidad de Huambacho adopta una dirección este a oeste y desemboca al Océano Pacífico en las cercanías de la bahía de Samanco.

Geología

El área de estudio está formada principalmente del Batolito de la Costa. En el Perú el Batolito se encuentra paralelo a la Cordillera Occidental de los Andes y se presenta como un afloramiento casi continuo, desde Trujillo en el Norte hasta Ocoña en el Sur, a lo largo de 1100 Km. continúa como cuerpos aislados irregulares tanto al norte como al sur.

Trabajos de Jenks W. (1948) y Jenks y Harris (1953) describieron al Batolito como un complejo de rocas intrusivas de variada composición que va de gabro a granito potásico.

Pitcher W. (1978) describe al Batolito de la Costa como un conjunto estructuralmente compuesto de un gran número de intrusiones individuales y diques asociados en complejos plutónicos que progresivamente se van haciendo más ácidos en relación al tiempo.

Los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras forman parte de la denominada cuenca Huarmey ubicada en el eugeosinclinal occidental de la cuenca occidental peruana (Cobbing E.J., 1978) y que grada hacia el este al miogeosinclinal.

El eugeosinclinal corresponde a una cuenca rellenada por material esencialmente volcánico que hacia el este dio lugar a una zona de transición con litofacies mayormente sedimentarias.

La secuencia sedimentaria volcánica está dispuesta en afloramientos de rumbo NO-SE que se encuentran en pliegues más apretados hacia el este. Debido a la presencia del Batolito de la Costa no se observa una continuidad de afloramientos. No

obstante, se nota un cambio que va de una secuencia oriental sedimentaria a una secuencia occidental mayormente volcánica.

La zona de estudio pertenece al Grupo Casma, donde se distinguen esencialmente rocas cretáceas y cenozoicas, en la cual se ha reconocido unidades formacionales, que son: la formación Junco y la formación La Zorra.

✓ **Formación Junco**

La Formación Junco tiene un color gris oscuro a verdoso, aspecto macizo que genera geformas de relieve moderado a abrupto. Su estratificación y estructura no es muy evidente, aunque si es más nítida en los casos de las secuencias esquistosas, y cuando se encuentran como almohadillas.

Algunos de los afloramientos de la Formación Junco se encuentran en los cerros Porvenir, Virahuanca al noreste del cruce de tortugas, hasta el cerro Chorreadero y en el cerro Colorado al noreste de Samanco.

✓ **Formación La Zorra**

La Formación La Zorra sobreyace concordantemente a la Formación Junco y comprende principalmente flujos de andesita en capas delgadas, y piroclastos de mayor dimensión intercalados con sedimentitas. Esta unidad se encuentra en la parte occidental del Batolito de la Costa.

La Formación La Zorra característicamente está bien estratificada y presenta mayor grado de plegamiento que otras unidades.

Al norte de Playa Grande y desde el cerro Las Lomas hasta Puerto Casma, se tiene afloramientos parciales, desde allí se encuentran ocurrencias más limitadas hacia el norte en la cadena de cerros que se encuentran en Tortugas, isla Los Chimus, en el cerro de la Cruz, etc.

Geomorfología

✓ **Cerros Costeros**

Son aquellos cerros aislados próximos al litoral y promontorios rocosos que forman colinas bajas y que muestran señales de haber sido afectadas parcialmente por la erosión marina.

Muchos de ellos muestran cierta cobertura eólica y están por lo general conformados de rocas volcánicas y sedimentarias.

Al suroeste de Samanco, en la playa Mar Brava se puede notar características interesantes de esta playa que son las sucesivas líneas de costa que se han preservado y llegado a alcanzar una altitud de 20 metros en el acantilado.

✓ **Pampa Costera**

Son consideradas como tal aquellas áreas de muy poca pendiente que incluyen playas y pampas que están en su totalidad cubiertas por arenas eólicas o marinas. El origen primario de la arena eólica es la línea de costa. En las bahías y ensenadas que consisten de arena de grano fino a medio; el retrabajo eólico rápidamente destruye y cubre los depósitos de playa; un buen ejemplo de esto puede verse al suroeste de Samanco en la playa Mar Brava.

✓ **Valles**

Estos valles se caracterizan por tener actividad fluvial durante todo el año. Sus afluentes son quebradas de actividad esporádica durante el año. Casi la totalidad del área de valles es aprovechada para la agricultura.

Se presentan terrazas más recientes, compuestas completamente de sedimentos, se pueden encontrar en la parte inferior del río Nepeña. La selección de granos es pobre pero los clastos muestran una amplia variedad en su origen.

Las zonas pobladas dentro de los cuadrángulos de Casma y culebras se ubican en los valles que poseen un fondo amplio, con una napa freática que se aprovecha en irrigaciones. La capa de sedimento superior se encuentra en su mayor parte cultivada, la acción de las lluvias sobre terrenos suaves y muy alterados provoca la formación de suelos bastante inestables que rápidamente son erosionados.

✓ **Dunas y médanos**

Resultante de procesos eólicos que acarrear material desde las ensenadas y playas.

Estas geoformas, por lo general, son alargadas y perpendiculares a la línea de costa. Cubren áreas que se encuentran contiguas a las zonas de pampas costeras. El movimiento eólico de material elástico es uno de los aspectos característicos de las planicies costaneras del Perú.

Sismicidad

La zona de estudio está ubicada en la franja costera, que está en el cinturón Circum Pacífico; región de una alta sismicidad. En esta región se concentra la actividad sísmica, por la subducción de la placa de Nazca.

Según el reglamento nacional de edificaciones, el área de estudio está ubicada en la zona 4 del mapa de zonificación sísmica. Al cual le corresponde un factor de zona “Z” de 0.45 g, siendo g la aceleración de la gravedad.

3.2.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- Según su naturaleza: Descriptiva – Propositiva.
- Según su propósito: Aplicada.

3.2.3. UNIVERSO Y MUESTRA

a) UNIVERSO

Nuestro universo comprende a todos aquellos suelos del distrito de Samanco que tienen usos de asentamientos urbanos. Estos suelos tienen una densidad poblacional considerable para los fines de esta investigación. Y son los centros poblados (CC.PP.) de: Huambacho El Arenal, Huambacho La Huaca, Los Chimus, La Capilla, Samanco y San Pedrito.

b) MUESTRA

El tipo de muestra corresponda a una no probabilística o dirigida, en donde la elección de los elementos de muestra no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación. Así en este estudio fueron escogidos los puntos de investigación de campo para la recolección de datos; de acuerdo con la carta geológica nacional, planos catastrales de las zonas de estudio y el criterio del profesional responsable (asesor).

3.2.4. DISEÑO UTILIZADO

El diseño utilizado para este trabajo de investigación fue el no experimental, el cual nos indica que la investigación se realizó sin la manipulación de variables y en lo que sólo se observaron los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos. Este diseño es del tipo transeccional, ya que la recopilación de datos se da en un determinado momento.

De acuerdo a esta definición se encuentra nuestro trabajo de investigación, porque observamos las características físicas y mecánicas del suelo de análisis en el distrito de Samanco en determinado tiempo para determinar parámetros y realizar una zonificación geotécnica de estos suelos de asentamiento urbano. Con esta zonificación se hizo el análisis de las cimentaciones, que nos indicó lineamientos ingenieriles a seguir para la construcción de las habilitaciones urbanas considerando las características propias del suelo y siguiendo las normas estipuladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Así en esta investigación nos encargamos de recopilar datos acerca de los suelos de asentamiento urbano en el distrito de Samanco, para describir zonas con iguales características geotécnicas. Estas zonas nos serán útiles para poder analizar las cimentaciones que serán las bases de las habilitaciones urbanas en los centros poblados analizados.

3.2.5. PROCEDIMIENTOS Y TRATAMIENTOS DE LOS DATOS

Para el desarrollo de esta investigación se buscó en fuentes anteriores a este estudio para recopilar información acerca de las características del suelo en el distrito de Samanco. Habiéndose encontrado como fuente anterior a este estudio de manera general el documento: “Geología de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras”. Con los mapas geológicos de los cuadrángulos de Chimbote y Casma; y con los planos catastrales de los centros poblados analizados en este trabajo, se procedió a la planificación de los puntos de investigación de campo para la recopilación de los datos del suelo, que nos indicaron las características físicas – mecánicas del mismo y la presencia de nivel freático. Con estos datos determinamos la capacidad de carga admisible del terreno de fundación, el potencial de licuación de los suelos y los parámetros de sitio para el diseño sismorresistente de las futuras edificaciones.

En este título se desarrollaron los pasos seguidos en la recolección de los datos que nos sirvieron para identificar las características de los suelos de asentamiento urbano en el distrito de Samanco.

a) PARA LA INVESTIGACIÓN DE CAMPO

- Planificación para realizar las investigaciones de campo

Conocido el universo de esta investigación; los suelos de asentamiento urbano de los centros poblados: Huambacho El Arenal, Huambacho La Huaca, Los Chimus, La Capilla, Samanco, San Pedrito. Se planeó realizar las investigaciones de campo con el fin de zonificar geotécnicamente estos suelos.

Las investigaciones de campo realizadas fueron: Pozos o calicatas y perforación manual con barreno, método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL), densidad in-situ mediante el método del cono de arena.

Utilizando el Mapa Geológico del cuadrángulo de Casma (19- g) y los planos catastrales de los centros poblados considerados en nuestro estudio. Se procedió a la ubicación y distribución de los puntos de investigación de campo, con la guía del profesional responsable (asesor).

Se muestra la ubicación de los puntos en los planos catastrales de cada centro poblado en el Anexo 8. Y la distribución de estos puntos de investigación de campo en el siguiente en la Tabla 7.

Tabla 7.
Distribución puntos investigación de campo.

	CALICATAS	DPL	CONO DE ARENA
Huambacho, El Arenal	4	4	4
Huambacho, La Huaca	4	4	4
Los Chimus	4	4	4
La Capilla	4	4	4
Samanco	6	6	6
San Pedrito	2	2	2

FUENTE: Elaboración Propia

Luego con un GPS se geocalizó las 24 calicatas distribuidas en los 6 centro poblados mencionados anteriormente, esto nos sirvió para hacer un reconocimiento previo a las zonas de estudio y también para dar cotas a los perfiles estratigráficos en los suelos de asentamiento urbano del distrito. Las coordenadas de cada punto, se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8
Calicatas con sus respectivas coordenadas y cotas.

CALICATA	ESTE	NORTE	ALT. (m.s.n.m.)
Huambacho, El Arenal			
C – 01	782983	8975014	50
C – 02	783047	8974878	53
C – 03	782898	8974719	52
C – 04	782802	8974946	50
Huambacho, La Huaca			
C – 05	781716	8975391	47

C – 06	781618	8975548	46
C – 07	781833	8975728	47
C – 08	781949	8975590	47

Los Chimus

C – 09	777312	8968794	14
C – 10	777268	8968878	15
C – 11	777140	8968830	30
C – 12	777376	8969135	15

La Capilla

C – 13	777512	8974728	22
C – 14	777349	8974936	22
C – 15	777384	8974791	26
C – 16	777492	8974979	22

Samanco

C – 17	775033	8975238	15
C – 18	775158	8975341	14
C – 19	775707	8975154	16
C – 20	775963	8975154	16
C – 21	775283	8975200	14
C – 22	775058	8975115	15

San Pedrito

C – 23	780278	8978168	51
C – 24	780293	8977867	45

FUENTE: Elaboración Propia

- **Investigaciones de campo**

Pozos o calicatas y perforación manual con barreno

Se consideró para las exploraciones del suelo 24 calicatas (C – 01, C – 02, C – 03, etc.); de diámetros 1.00 m. aproximadamente; de profundidades variables que dependieron de las características del suelo, el nivel freático y la seguridad ante derrumbes. Por esto la exploración del suelo se continuo con una posteadora manual barreno tipo Riverside hasta alcanzar las profundidades deseadas para relacionarlas con el ensayo DPL y también obtener las muestras representativas de los estratos más profundos.

Mediante la apreciación visual de las características del suelo, se identificó los estratos correspondientes a cada calicata, y con una cinta métrica se determinó el espesor de cada estrato.

Las muestras obtenidas fueron de la capa más profundo y son representativas de los estratos analizados. Estas muestras fueron colocadas en bolsas herméticas para evitar la pérdida de humedad; la identificación de las muestras se realizó de acuerdo al número de calicata y al número de muestra obtenida en cada una de ellas.

Las muestras fueron llevadas a laboratorio para realizar los ensayos de análisis granulométrico por tamizado, contenido de humedad, determinación del límite líquido, determinación del límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.

Con los datos obtenidos de estos ensayos se realizó la Clasificación Unificada de suelos (SUCS) - NTP 339.134 (ASTM D2487) de cada estrato de suelo.

Método de ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL)

Se realizaron 24 auscultaciones al suelo en las zonas de interés, con el fin de conocer el valor de n (número de golpes cada 0.10 m. de penetración) para correlacionarlo con algunas propiedades del suelo como su densidad relativa o consistencia, ángulo de fricción, resistencia al corte y capacidad portante.

Las correlaciones con estas propiedades del suelo fueron investigadas en mayor medida a través de las correlaciones con el método de ensayo de penetración estándar (SPT).

Este ensayo se realizó con el conocimiento previo de la zona obtenido de las calicatas y la perforación con posteadora manual barreno tipo Riverside.

Para el ensayo DPL; se limpió el punto de investigación y no se tomó en cuenta los 0.20 m. iniciales del terreno. El equipo DPL se instaló verticalmente y se cuidó que se mantuviera así durante todo el ensayo.

Luego se dejó caer el martillo sobre la base del equipo DPL, esto se realizó a una velocidad de unos 15 a 30 golpes por minuto. Y con un movimiento giratorio del varillaje con unas llaves de tubo, se ajustó estas barras cada metro, una vuelta y media en sentido horario para prevenir el desenroscamiento.

El ensayo se detuvo cuando se registró alrededor de 30 golpes en 5 capas seguidas, o cuando el número golpes fue mayor a 50.

Con los números de golpes DPL correlacionamos para obtener los números de golpes SPT, y a partir de estos golpes por medio de relaciones obtener el ángulo de fricción interna de la capa de suelo.

Densidad in-situ mediante el método del cono de arena

Para la realización de este ensayo se excavaron 21 calicatas a 1 m. de profundidad y 3 calicatas a 0.50 m. de profundidad. Esta diferencia es debido al nivel freático superficial encontrado en el CC.PP. Los Chimus.

Realizadas las excavaciones de las calicatas, se procedió a nivelar la superficie a la profundidad donde se realizó el ensayo, esto se hizo con cuidado de no cambiar las condiciones naturales de la estructura del suelo.

En esta superficie se fijó la placa metálica hueca y con una cuchara se excavó unos 10 cm. aproximadamente para que el volumen del orificio de ensayo cumpla con el mínimo dispuesto en la Tabla 9.

Tabla 9.
Volúmenes mínimos del hoyo de ensayo basado en el tamaño máximo de la partícula.

Tamaño Máximo de la partícula		Volumen Mínimo del Orificio de ensayo	
Pulgada	mm.	cm³	pies³
1/2	12.5	1420	0.05
1	25	2120	0.075
2	50	2830	0.1

FUENTE: "Manual de ensayo de materiales". (MTC, 2016)

Se determinó la masa del material que se extrajo del orificio de ensayo, y se guardó en bolsas herméticas la muestra completa para determinar el contenido de humedad en el laboratorio.

Después se colocó el embudo del aparato de cono de arena en el agujero central de la placa metálica y abrió la válvula hasta que la arena llenó el orificio, el embudo y el plato base. Luego se pesó el aparato con la arena restante, se registró y calculó la masa de la arena utilizada para llenar el orificio del ensayo.

Con estos datos, se calculó el volumen del orificio de prueba, la masa húmeda y la masa seca del hueco de ensayo. Con las masas y el volumen se halló las densidades húmedas y secas respectivamente.

Las densidades secas, húmedas y el contenido de humedad nos sirvieron en el cálculo de la capacidad portante, densidad relativa y para el ensayo de corte directo.

b) PARA LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

- Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo

Este ensayo se realizó para todas las muestras representativas de los 94 estratos del suelo en las zonas de estudio. Las muestras estuvieron en bolsas herméticas antes de ser ensayadas y fueron almacenadas en un área sin contacto directo con la luz solar.

Se determinó el contenido de humedad tan pronto como fue posible después del muestreo. Y se escogió una cantidad representativa de muestra húmeda de cada estrato para el ensayo. En todos los casos las masas utilizadas para el ensayo fueron mayores a las mínimas establecidas en la Tabla 10.

Tabla 10.

Masa mínima recomendada para la determinación del contenido de humedad según el tamaño de las partículas.

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 ± 0.1 %	a ± 1 %
		2 mm. o menos	2.00 mm. (N° 10)
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

NOTA: *Se usará no menos de 20 g. para que sea representativa

FUENTE: "Manual de ensayo de materiales". (MTC, 2016)

Se determinó y registró la masa del contenedor. Luego colocamos el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y se halló su masa utilizando una balanza.

Después el contenedor con material húmedo fue colocado en el horno. Y secó hasta alcanzar una masa constante, a una temperatura promedio de 110 °C, por un lapso de 24 horas, siendo este tiempo suficiente para garantizar el secado del material. Se sacó el contenedor del horno y se dejó enfriar hasta que pudo ser manipulado para así determinar su masa en la balanza.

Con estos datos se halló el contenido de humedad de las muestras representativas de cada estrato.

- **Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado**

Este ensayo se realizó para los 94 estratos determinados en las 24 calicatas en la zona de estudio. Las muestras de suelo fueron recibidas dentro de bolsas herméticas y se pusieron a secar al aire colocándolas sobre una tela, evitando el contacto directo con el sol. Luego se colocó la muestra seca sobre una superficie dura, limpia y horizontal. La muestra seca que en apariencia no era granular, fue desmenuzada con un martillo de caucho (mortero). Y se realizó el cuarteo para obtener la muestra representativa para este ensayo.

Según las características de la muestra, el análisis granulométrico se hizo con la muestra entera o con parte de ella después de separar los finos por lavado. La muestra se separó en 2 fracciones; una retenida sobre el tamiz de 4.760 mm. (N° 4) y otra que paso ese tamiz. Ambas se ensayaron por separado.

Para la fracción de la muestra retenida sobre el tamiz de 4.760 mm. (N° 4), el peso de la muestra mínimamente será lo dictado en la Tabla 11.

Tabla 11.

Peso mínimo recomendada para el análisis granulométrico de la fracción gruesa según el tamaño de las partículas.

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg.)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
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". (MTC., 2016).

Señala que 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 todos los análisis granulométricos se respetaron estos pesos mínimos para cada fracción de muestra ensayada.

En algunos casos el tamizado se hizo manual, consistió en mover los tamices y haciendo circunferencias. Y en otros se usó la tamizadora mecánica, la cual funcionó por 10 minutos aproximadamente.

Primero se realizó el análisis por medio de tamizado la fracción retenida en el tamiz de 4.760 mm. (N° 4). Se usó los tamices 3/4", 1/2", 3/8". Y se anotó los pesos retenidos en cada tamiz.

Luego se hizo el análisis granulométrico de la fracción fina. Las muestras arenosas que tuvieron muy poco limo y/o arcilla, se tamizaron en seco. Y las muestras limo – arcillosas, cuyos terrones no se rompieron con facilidad se analizaron por lavado sobre el tamiz de 0.074 mm. (N° 200).

Para el tamizado en seco se usaron los tamices N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200. Se anotó los pesos retenido en cada tamiz.

Para el análisis por lavado sobre el tamiz de 0.074 mm. (N° 200), se lavó con abundante agua la muestra sobre este tamiz, evitando la pérdida de material retenido en el tamiz. Se recogió lo retenido en un recipiente y se secó en el horno a una temperatura de 110°C y se determinó su masa. Se calculó la diferencia de material después del lavado anotándolo como pasante del tamiz N° 200.

Luego se tamizó en seco la muestra en los tamices mencionados. Se anotó los pesos retenidos en cada tamiz. Con estos datos se hizo la curva granulométrica. Y se halló el D₁₀, D₃₀, D₆₀, C_u Y C_c. Los porcentajes de finos, gravas y arenas. El análisis granulométrico y la determinación de los límites del suelo son necesarios para la Clasificación Unificada de Suelos (SUCS).

- **Determinación del Límite Líquido de los Suelos**

Se obtuvo una muestra representativa del material aproximadamente de 150 g. a 200 g. pasante del tamiz de 0.425 mm. (N° 40), de la muestra cuarteada antes del análisis granulométrico.

Luego esta muestra se colocó en un recipiente y se le agregó agua para variar su humedad de manera que se requirieron de 15 a 35 golpes para cerrar la ranura.

La porción de muestra de suelo preparado se colocó en la copa en el aparato de límite líquido de los suelos (copa Casagrande), en el punto más hondo de la copa. Se presionó y esparció con una espátula hasta una profundidad aproximada de 10 mm.

Se tuvo en cuenta no dejar ninguna burbuja de aire atrapada en la masa de suelo, y se hizo con el menor número de pasada de espátula posible.

Utilizando el acanalador, la muestra contenida en la copa se dividió, haciendo un surco a través del suelo siguiendo una línea recta hasta el borde de la copa.

Se giró el manubrio de la copa a una velocidad de 2 golpes por segundo, hasta que las dos mitades del suelo se juntaron en la base de la ranura una longitud de 13 mm. (1/2 pulg.).

Se registró el número de golpes N, necesarios para cerrar la ranura. Se tomó una tajada del suelo de aproximadamente el ancho de la espátula. Se colocó en una tara que se llevó al horno para determinar su contenido de humedad.

Se repitió el procedimiento anterior, variando la humedad con la adición de agua. Esta prueba se realizó para un cierre que requirió de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 a 30 golpes, y una prueba para un cierre que requirió de 15 a 25 golpes.

- **Determinación del Límite Plástico de los Suelos e Índice de Plasticidad**

Se tomó una porción de la muestra de suelo humedecida de aproximadamente 15 g. y se amasó para la determinación del límite líquido de los suelos.

Con la muestra se formó una esfera que se pudo amasar fácilmente sin que se pegue en los dedos.

Se moldeó la mitad de la muestra en forma de elipsoide, y con los dedos se rodó sobre una superficie lisa hasta formar cilindros que se desmoronaron a un diámetro de unos 3.2 mm. (1/8”).

Se continuó el procedimiento hasta obtener unos 6 g. de suelo y se determinó su contenido de humedad. Calcular el promedio de 3 contenidos de humedad que representan el límite plástico del suelo.

- **Densidades máximas y mínimas**

Se determinó la masa y el volumen de un molde conocido que nos sirvió de recipiente para las muestras de suelo.

Para la determinación de la densidad mínima se hecho la muestra en el molde, evitando vibraciones y con una regla se enrasó a nivel del recipiente. Se determinó la masa de suelo necesaria para llenar el molde y así obtener la densidad mínima seca de los suelos granulares.

Para la determinación de la densidad máxima, la muestra de suelo se hecho en el molde en 3 capas. Se vació un poco de la muestra en el molde y se llevó a la mesa vibradora. Luego con el apisonador se comprimió la masa de suelo y con el martillo de caucho se dio golpes al costado del molde tratando de llegar al máximo grado de compactación. Después se determinó la masa de suelo y se obtuvo la densidad máxima seca de los suelos granulares. Con estas densidades mínima y máxima y la densidad seca natural hallamos la densidad relativa del

suelo analizado. Con la densidad relativa determinamos un ángulo de fricción interna a partir de las relaciones de Meyerhoff (1957) que se señalan en las Ecuaciones 23 y 24.

$$\varphi = 25 + (0.15 DR) 18$$

Ecuación 23. Relación de Meyerhoff para suelos con arena fina y limo mayor a 5%

$$\varphi = 30 + (0.15 DR) 19$$

Ecuación 24. Relación de Meyerhoff para suelos con arena fina y limo menor a 5%

- **Corte Directo**

Con el ensayo de densidad in-situ mediante el método del cono de arena, se determinó la densidad seca del suelo a ensayar en la profundidad requerida. Se halló el contenido de humedad de la muestra a ensayar.

Se determinó el volumen de la caja de corte (180 cm³), con estos datos hallamos la cantidad de muestra inalterada a tallar en el dispositivo de corte directo.

Se colocó a ambos lados de la muestra las piedras porosas y el papel filtro en la base de la caja de corte.

Se talló la cantidad de muestra necesaria en 3 capas compactadas a distribuir en todo el volumen de la caja de corte. Con una espátula se esparció la muestra por la superficie de la caja tratando de formar una superficie uniforme para luego compactarla con un pisón y un martillo de caucho, dando aproximadamente 25 golpes por capa.

Se colocó la caja de corte conteniendo la muestra inalterada y piedras porosas en el soporte de la caja de corte y fijar la misma. Se ensambló la caja de corte con los marcos alineados y se bloquea.

Se permitió una consolidación inicial adecuada de la muestra bajo una fuerza normal adecuada. Se aplicó unas pesas para determinar el esfuerzo normal para la superficie de la caja de corte. Estas fuerzas normales fueron de 0.50, 1.00 y 1.50 kg/cm².

Se calibró los diales que nos indicaron el desplazamiento horizontal y la fuerza cortante.

Con la caja colocada en la máquina de corte directo, se quitaron los tornillos de seguridad de la caja, y se ajustan los tornillos que fijan la caja a la máquina de corte directo.

Se pone en funcionamiento la máquina de corte directo a una velocidad de 0.50 mm/min. Y se registró la fuerza cortante, los desplazamientos horizontales, para cada esfuerzo normal. Se detuvo el funcionamiento de la máquina al notar que el dial que nos indica la fuerza cortante ya no avanzó o empezó a retroceder.

Este procedimiento se repitió para cada esfuerzo normal necesario para el ensayo y con este ensayo determinamos el ángulo de fricción y la cohesión del suelo ensayado.

CAPÍTULO IV

**RESULTADOS Y
DISCUSIÓN**

4.1. RESULTADOS

De las investigaciones de campo y los ensayos de laboratorio se obtuvieron los datos que describen las características de los suelos de asentamiento urbano en la zona de estudio.

En las Tablas 12, 13, 14; se muestran los resúmenes de los resultados obtenidos de las investigaciones de campo y los ensayos de laboratorio realizados en la zona de estudio.

En la Tabla 15, se muestra la comparación de los ángulos de fricción interna de los suelos obtenidos mediante el ensayo de corte directo, mediante la correlación con la densidad relativa en suelos no cohesivos y la correlación entre el número de golpes del ensayo SPT a partir del número de golpes del ensayo DPL ejecutado en este estudio. Esta comparación nos sirvió para determinar el ángulo de fricción interna crítico a utilizar en las fórmulas de capacidad de carga admisible por limitación de esfuerzo cortante.

Tabla 12.

Resumen de clasificación de suelos por estratos y nivel freático por calicatas.

CALICATA	PROF. (m.)	N.F. (m.)	MUESTRA	ALTURA (m.)	CLASIFICACIÓN (SUCS)
CC.PP. HUAMBACHO EL ARENAL					
C-01	4.20	2.90	M-01	0.00 - 0.60	SP
			M-02	0.60 - 1.40	ML
			M-03	1.40 - 3.20	CL
			M-04	3.20 - 4.20	SM
C-02	4.00	2.80	M-01	0.00 - 0.40	SP
			M-02	0.40 - 1.90	ML
			M-03	1.90 - 2.80	CL
			M-04	2.80 - 4.00	SM
C-03	4.60	3.00	M-01	0.00 - 0.60	SM
			M-02	0.60 - 2.10	SP-SM
			M-03	2.10 - 3.00	CL
			M-04	3.00 - 4.60	SM
C-04	4.30	3.10	M-01	0.00 - 0.80	SM
			M-02	0.80 - 1.50	SP
			M-03	1.50 - 2.60	SP
			M-04	2.60 - 3.20	ML
			M-05	3.20 - 4.30	SM
CC.PP. HUAMBACHO LA HUACA					
C-05	4.70	3.10	M-01	0.00 - 0.40	SP-SM
			M-02	0.40 - 1.20	SP
			M-03	1.20 - 1.70	SM
			M-04	1.70 - 2.50	SP
			M-05	2.50 - 3.10	CL
			M-06	3.10 - 4.70	SP
C-06	4.10	3.20	M-01	0.00 - 0.50	ML
			M-02	0.50 - 1.40	SM
			M-03	1.40 - 1.80	SM
			M-04	1.80 - 2.30	SP
			M-05	2.30 - 2.70	CL
			M-06	2.70 - 4.10	SP-SM
C-07	4.50	2.10	M-01	0.00 - 1.00	SP-SM
			M-02	1.00 - 1.70	ML
			M-03	1.70 - 4.50	SP
C-08	2.00	-----	M-01	0.00 - 0.40	SP-SM
			M-02	0.40 - 0.90	SP
			M-03	0.90 - 2.00	SP

CC.PP. CALETA LOS CHIMUS

C-09	4.70	0.90	M-01	0.00 - 1.10	SP
			M-02	1.10 - 4.70	SM
C-10	4.20	0.80	M-01	0.00 - 0.40	SP
			M-02	0.40 - 1.10	CL
			M-03	1.10 - 4.20	SM
C-11	2.50	-----	M-01	0.00 - 2.50	SM
			M-01	0.00 - 0.80	SP
			M-02	0.80 - 1.60	CL
C-12	4.50	0.70	M-03	1.60 - 4.50	SM

CC.PP. LA CAPILLA

C-13	4.80	2.40	M-01	0.00 - 0.50	SM
			M-02	0.50 - 1.10	SM
			M-03	1.10 - 1.60	ML
			M-04	1.60 - 2.00	SM
			M-05	2.00 - 2.40	SM
C-14	5.00	2.80	M-06	2.40 - 4.80	SM
			M-01	0.00 - 1.40	SM
			M-02	1.40 - 2.10	ML
			M-03	2.10 - 3.10	SP
			M-04	3.10 - 4.00	ML
C-15	4.60	3.00	M-05	4.00 - 5.00	SM
			M-01	0.00 - 0.50	SM
			M-02	0.50 - 0.80	SP-SM
			M-03	0.80 - 1.70	SM
			M-04	1.70 - 2.20	SM
			M-05	2.20 - 3.00	ML
C-16	4.40	3.20	M-06	3.00 - 4.60	SM
			M-01	0.00 - 0.50	SM
			M-02	0.50 - 1.30	SP
			M-03	1.30 - 1.60	SM
			M-04	1.60 - 2.10	SM
			M-05	2.10 - 2.70	SP-SM
			M-06	2.70 - 3.30	ML
M-07	3.30 - 4.40	SM			

CC.PP. SAMANCO

C-17	4.50	2.90	M-01	0.00 - 0.50	SP
			M-02	0.50 - 2.70	SP
			M-03	2.70 - 4.50	SM

C-18	4.30	1.70	M-01	0.00 - 0.50	SP-SM
			M-02	0.50 - 1.80	SP
			M-03	1.80 - 4.30	SM
C -19	4.70	2.90	M-01	0.00 - 0.50	SP
			M-02	0.50 - 1.20	SP
			M-03	1.20 - 1.90	SM
			M-04	1.90 - 2.80	SP
			M-05	2.80 - 4.70	SM
C-21	4.40	1.60	M-02	0.40 - 2.10	SP
			M-03	2.10 - 4.90	SM
			M-01	0.00 - 0.40	SM
C-22	4.60	3.00	M-02	0.40 - 1.20	SP
			M-03	1.20 - 4.40	SM
			M-01	0.00 - 0.30	SP
			M-02	0.30 - 1.70	SM
			M-03	1.70 - 2.40	SM
CC.PP. SAN PEDRITO	1.60	----	M-04	2.40 - 3.00	SP
			M-05	3.00 - 4.60	SM
			M-01	0.00 - 0.50	SP
C-23	1.60	----	M-02	0.50 - 1.60	SP
			M-01	0.00 - 0.20	SP-SM
C-24	1.80	----	M-02	0.20 - 1.80	SP

FUENTE: Elaboración Propia

Tabla 13.

Resumen de ángulos de fricción interna de los suelos obtenidos con el ensayo de DPL.

DPL		
CALICATA	ALTURA (m.)	∅
CC.PP. HUAMBACHO EL ARENAL		
	0.00 - 0.60	28°
C-01	0.60 - 1.40	28°
	1.40 - 3.20	-
	3.20 - 4.20	32°
	0.00 - 0.40	-
C-02	0.40 - 1.90	30°
	1.90 - 2.80	-
	2.80 - 4.00	32°
C-03	0.00 - 0.60	26°
	0.60 - 2.10	29°
	2.10 - 3.00	-
	3.00 - 4.60	30°
C-04	0.00 - 0.80	28°
	0.80 - 1.50	30°
	1.50 - 2.60	31°
	2.60 - 3.20	28°
	3.20 - 4.30	31°
CC.PP. HUAMBACHO LA HUACA		
	0.00 - 0.40	-
C-05	0.40 - 1.20	30°
	1.20 - 1.70	30°
	1.70 - 2.50	30°
	2.50 - 3.10	-
	3.10 - 4.70	32°
C-06	0.00 - 0.50	-
	0.50 - 1.40	28°
	1.40 - 1.80	28°
	1.80 - 2.30	30°
	2.30 - 2.70	-
C-07	2.70 - 4.10	32°
	0.00 - 1.00	30°
	1.00 - 1.70	-
	1.70 - 4.50	31°

	0.00 - 0.40	-
C-08	0.40 - 0.90	30°
	0.90 - 2.00	32°
CC.PP. CALETA LOS CHIMUS		
	0.00 - 1.10	28°
C-09	1.10 - 4.70	31°
	0.00 - 0.40	-
C-10	0.40 - 1.10	-
	1.10 - 4.20	31°
C-11	0.00 - 2.50	29°
	0.00 - 0.80	28°
C-12	0.80 - 1.60	-
	1.60 - 4.50	31°
CC.PP. LA CAPILLA		
	0.00 - 0.50	26°
	0.50 - 1.10	28°
C-13	1.10 - 1.60	28°
	1.60 - 2.00	28°
	2.00 - 2.40	30°
	2.40 - 4.80	31°
	0.00 - 1.40	31°
C-14	1.40 - 2.10	28°
	2.10 - 3.10	30°
	3.10 - 4.00	28°
	4.00 - 5.00	31°
	0.00 - 0.50	26°
	0.50 - 0.80	26°
C-15	0.80 - 1.70	28°
	1.70 - 2.20	30°
	2.20 - 3.00	28°
	3.00 - 4.60	31°
	0.00 - 0.50	28°
	0.50 - 1.30	30°
	1.30 - 1.60	30°
C-16	1.60 - 2.10	30°
	2.10 - 2.70	30°
	2.70 - 3.30	28°
	3.30 - 4.40	31°
CC.PP. SAMANCO		
	0.00 - 0.50	28°
C-17	0.50 - 2.70	30°
	2.70 - 4.50	31°

	0.00 - 0.50	28°
C-18	0.50 - 1.80	30°
	1.80 - 4.30	31°
	0.00 - 0.50	28°
C-19	0.50 - 1.20	30°
	1.20 - 1.90	30°
	1.90 - 2.80	30°
	2.80 - 4.70	31°
C-20	0.00 - 0.40	-
	0.40 - 2.10	29°
	2.10 - 4.90	30°
C-21	0.00 - 0.40	-
	0.40 - 1.20	28°
	1.20 - 4.40	29°
C-22	0.00 - 0.30	-
	0.30 - 1.70	30°
	1.70 - 2.40	28°
	2.40 - 3.00	30°
	3.00 - 4.60	31°
CC.PP. SAN PEDRITO		
C-23	0.00 - 0.50	30°
	0.50 - 1.60	33°
C-24	0.00 - 0.20	-
	0.20 - 1.80	34°

FUENTE: Elaboración Propia.

Tabla 14.

*Resumen de ángulos de fricción interna de los
suelos obtenidos con el ensayo de Corte Directo.*

CORTE DIRECTO		
CALICATA	ϕ	C (kg/cm ²)
C - 01	22.83°	0.100
C - 02	32.54°	0.028
C - 03	31.68°	0.015
C - 04	33.87°	0.007
C - 05	34.31°	0.000
C - 06	29.46°	0.155
C - 07	12.13°	0.450
C - 08	35.10°	0.000
C - 09	31.21°	0.000
C - 10	17.43°	0.320
C - 11	30.75°	0.085
C - 12	30.53°	0.000
C - 13	29.72°	0.190
C - 14	30.15°	0.047
C - 15	30.07°	0.050
C - 16	33.15°	0.000
C - 17	33.94°	0.000
C - 18	32.25°	0.000
C - 19	34.05°	0.000
C - 20	33.70°	0.000
C - 21	30.79°	0.000
C - 22	31.04°	0.050
C - 23	36.17°	0.000
C - 24	36.91°	0.000

FUENTE: Elaboración Propia.

Tabla 15.

Comparación de los ángulos de fricción del suelo obtenidos mediante los métodos aplicados.

CALICATA	PROFUNDIDAD	ϕ Corte Directo	ϕ Densidad Relativa	ϕ Correlación SPT
C-01	1.00 m.	22.83°	-	29.04°
C-02	1.00 m.	32.54°	30.67°	31.45°
C-03	1.00 m.	31.68°	29.70°	30.00°
C-04	1.00 m.	33.87°	35.01°	29.80°
C-05	1.00 m.	34.31°	30.35°	35.46°
C-06	1.00 m.	29.46°	29.05°	29.36°
C-07	1.00 m.	12.13°	-	29.80°
C-08	1.00 m.	35.10°	35.92°	30.63°
C-09	0.50 m.	31.21°	29.08°	32.85°
C-10	0.50 m.	17.43°	-	28.84°
C-11	1.00 m.	30.75°	29.53°	28.56°
C-12	0.50 m.	30.53°	32.66°	28.92°
C-13	1.00 m.	29.72°	28.35°	29.04°
C-14	1.00 m.	30.15°	29.71°	29.60°
C-15	1.00 m.	30.07°	29.56°	29.2°
C-16	1.00 m.	33.15°	34.92°	30.00°
C-17	1.00 m.	33.94°	35.27°	30.00°
C-18	1.00 m.	32.25°	34.26°	29.72°
C-19	1.00 m.	34.05°	34.71°	30.00°
C-20	1.00 m.	33.70°	34.86°	30.00°
C-21	1.00 m.	30.79°	33.05°	28.68°
C-22	1.00 m.	31.04°	30.15°	29.96°
C-23	1.00 m.	36.17°	36.98°	32.68°
C-24	1.00 m.	36.91°	37.22°	32.84°

FUENTE: Elaboración Propia.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

Con los datos obtenidos mediante la perforación de calicatas y barreno de cada punto de investigación de campo proyectado, se halló el tipo de suelo componente de cada estrato y las cotas que determinaron el espesor de estos.

Los estratos, cotas y el nivel freático hallado nos sirvieron para realizar los perfiles estratigráficos entre puntos de investigación.

En la Tabla 16, se presenta la distribución de estos perfiles estratigráficos en los centros poblados que abarco nuestra zona de estudio.

Tabla 16.

Distribución de los perfiles estratigráficos con su respectivo N° de figura en la zona de estudio.

Centro Poblado	PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y N° DE FIGURA
Huambacho, El Arenal	CALICATAS 01 - 02. Figura 15
	CALICATAS 02 - 03. Figura 16
	CALICATAS 03 - 04. Figura 17
	CALICATAS 04 - 01. Figura 18
Huambacho, La Huaca	CALICATAS 05 - 06. Figura 19
	CALICATAS 06 - 07. Figura 20
	CALICATAS 07 - 08. Figura 21
	CALICATAS 08 - 05. Figura 22
Los Chimus	CALICATAS 09 - 10. Figura 23
	CALICATAS 10 - 11. Figura 24
	CALICATAS 10 - 12. Figura 25
La Capilla	CALICATAS 13 - 15. Figura 26
	CALICATAS 15 - 14. Figura 27
	CALICATAS 14 - 16. Figura 28
	CALICATAS 16 - 13. Figura 29
Samanco	CALICATAS 17 - 18. Figura 30
	CALICATAS 18 - 19. Figura 31
	CALICATAS 19 - 20. Figura 32
	CALICATAS 19 - 21. Figura 33
	CALICATAS 21 - 22. Figura 34
	CALICATAS 22 - 17. Figura 35
San Pedrito	CALICATAS 23 - 24. Figura 36

FUENTE: Elaboración Propia.

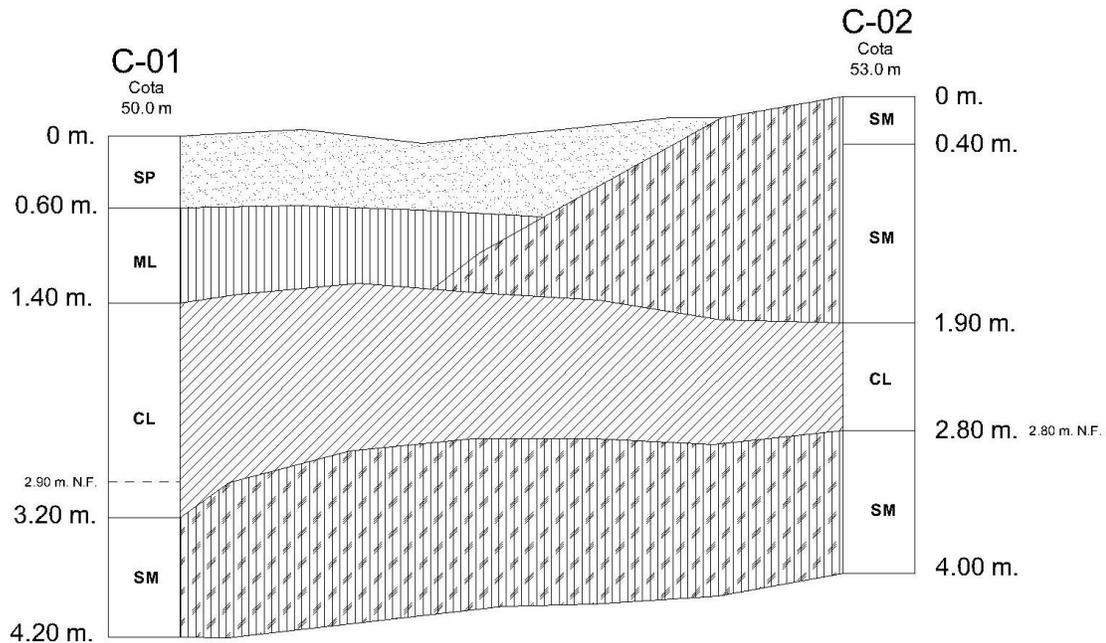


Figura 14. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 01 - 02.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo el suelo predominante la arena limosa (SM), y con la presencia de un estrato de espesor alrededor de 1 m., en la parte central, de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL). En la superficie una capa de arena mal graduada (SP) de 0.40 m. de espesor y debajo de esta una capa de limo inorgánico de baja plasticidad (ML).

La calicata 01 se encuentra a 50 m.s.n.m y la calicata 02 a 53 m.s.n.m con un desnivel de 3 m. en este tramo.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierta superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 2.80 – 2.90 m.

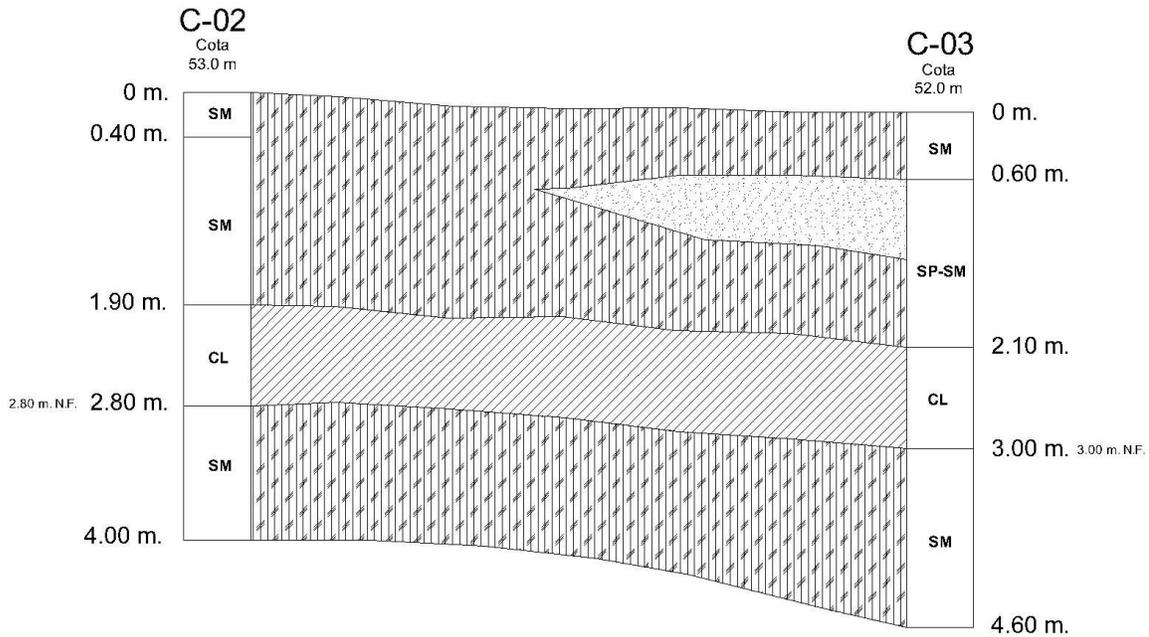


Figura 15. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 02 - 03.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo el suelo predominante la arena limosa (SM), con una pequeña capa de arena mal graduada con limo (SP-SM) cerca de la superficie alrededor de la C – 03 y en la parte central una capa de espesor alrededor de 0.90 m. constituido por arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL).

La calicata 02 se encuentra a 53 m.s.n.m y la calicata 03 a 52 m.s.n.m con un desnivel de 1 m. en este tramo.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierta superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 2.80 – 3.00 m.

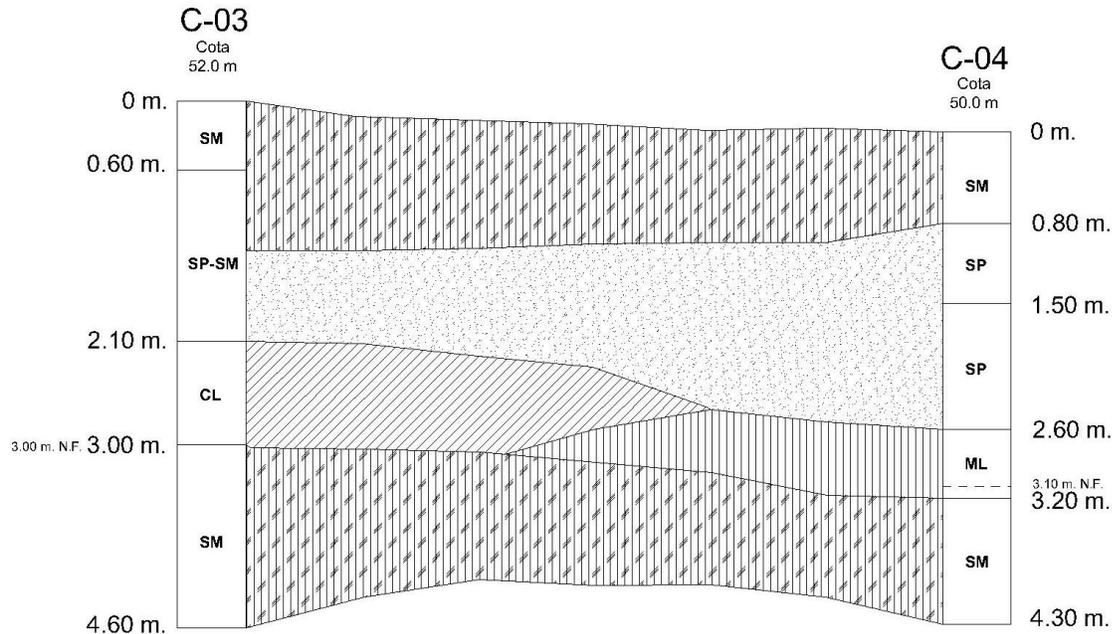


Figura 16. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 03 - 04.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo los suelos predominantes la arena limosa (SM) y arena mal graduada (SP), con una capa a 2.10 m. de profundidad de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) de alrededor 0.90 m. de espesor en la C – 03 y una capa a 2.60 m. de limo inorgánico de baja plasticidad (ML) de alrededor 0.60 m. de espesor en la C – 04.

La calicata 03 se encuentra a 52 m.s.n.m y la calicata 04 a 50 m.s.n.m con un desnivel de 2 m. en este tramo.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierta superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 3.00 – 3.10 m.

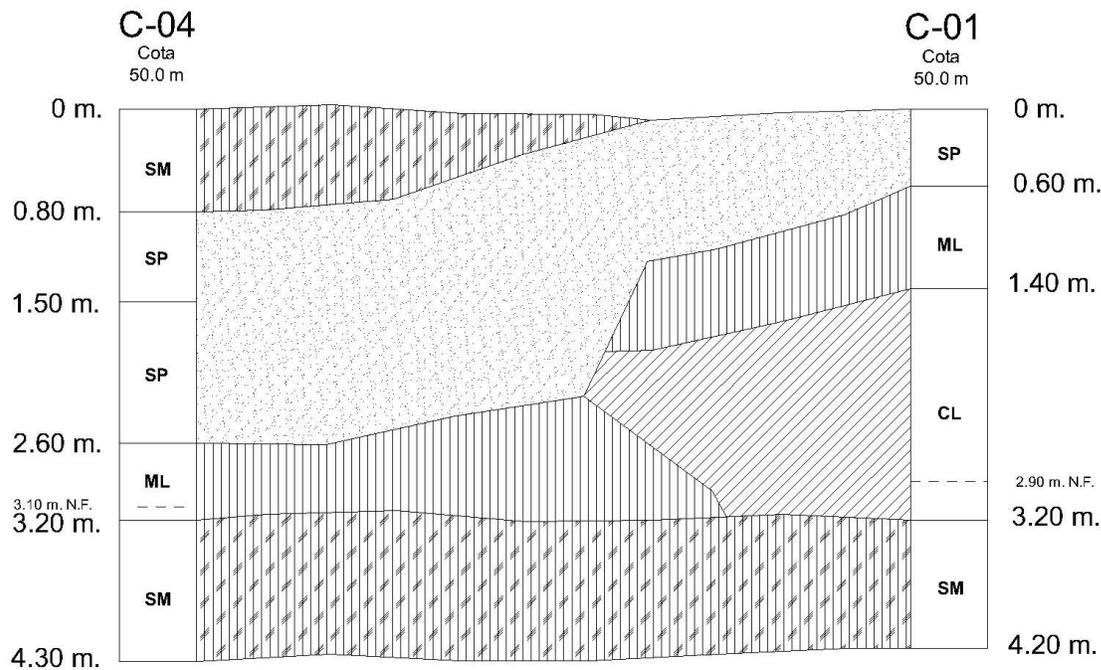


Figura 17. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 04 - 01.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo los suelos predominantes la arena limosa (SM) y arena mal graduada (SP), con capas de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) y limo inorgánico de baja plasticidad (ML) en la parte central de la C – 01 que van disminuyendo hasta llegar a C – 04, donde solo se verificó la presencia de limo inorgánico de baja plasticidad (ML) alrededor de los 2.60 m. de profundidad.

La calicata 04 y 01 se encuentran a 50 m.s.n.m.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierta superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 2.90 – 3.10 m.

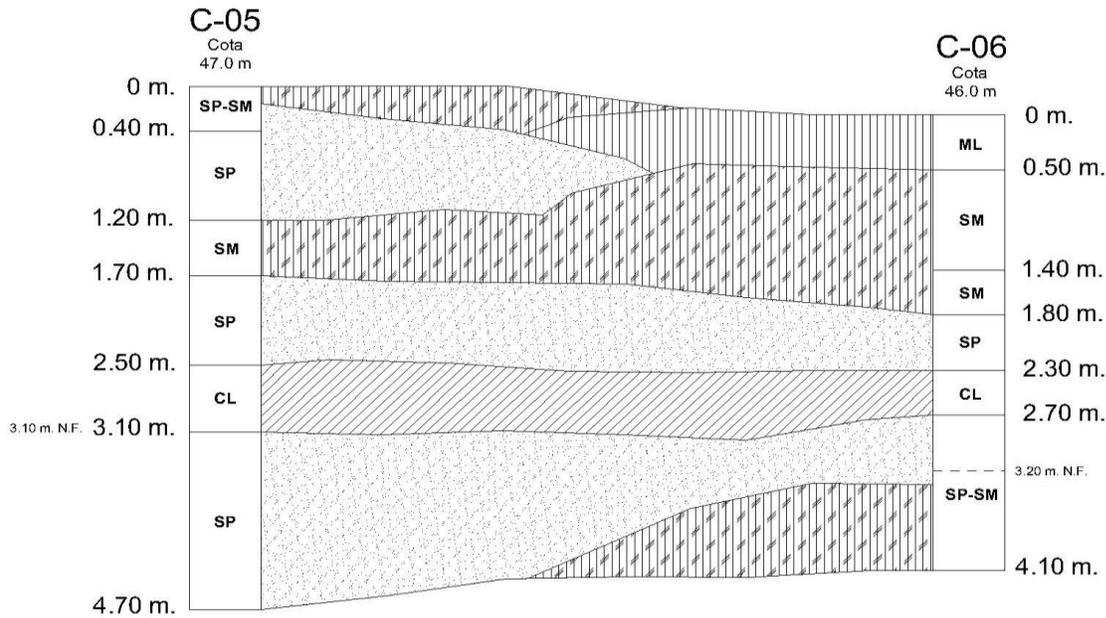


Figura 18. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 05 - 06.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo los suelos predominantes la arena limosa (SM) y arena mal graduada (SP), con una capa superficial de arenal mal graduada con limo (SP-SM) y otra en la C -06 alrededor de 2.70 m. de profundidad de espesor aproximado 1.40 m. Y una capa pequeña de limo inorgánico de baja plasticidad (ML) en la superficie de C – 06. Y una capa de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) alrededor de los 2.30 m. de profundidad en la parte central del perfil estratigráfico de espesor aproximado 0.40 m.

La calicata 05 se encuentra a 47 m.s.n.m y la calicata 06 a 46 m.s.n.m con un desnivel de 1 m. en este tramo.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierta superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 3.10 – 3.20 m.

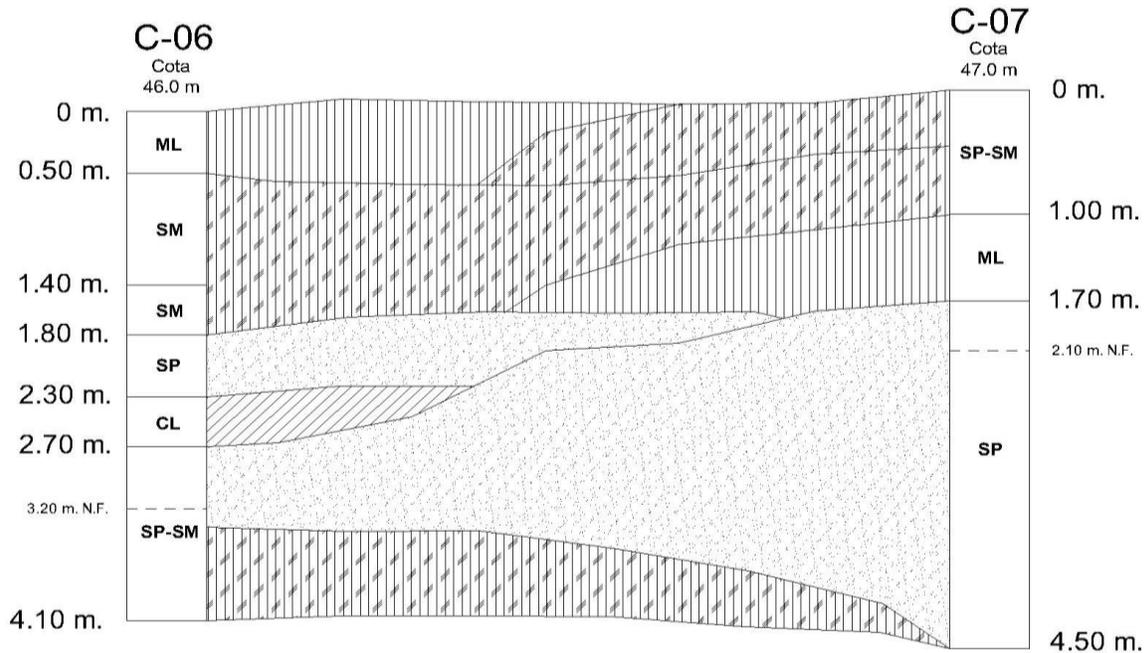


Figura 19. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 06 - 07.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo los suelos predominantes la arena limosa (SM) y arena mal graduada (SP), con una capa de limo inorgánico de baja plasticidad (ML) de alrededor 0.70 m. de espesor a partir de 1.00 m. de profundidad en la C – 07. Y una pequeña capa de arcilla arenosa inorgánico de baja plasticidad (CL) a partir de 2.30 m. de profundidad en la C – 06.

La calicata 06 se encuentra a 46 m.s.n.m y la calicata 07 a 47 m.s.n.m con un desnivel de 1 m. en este tramo.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierta superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 2.10 – 3.20 m.

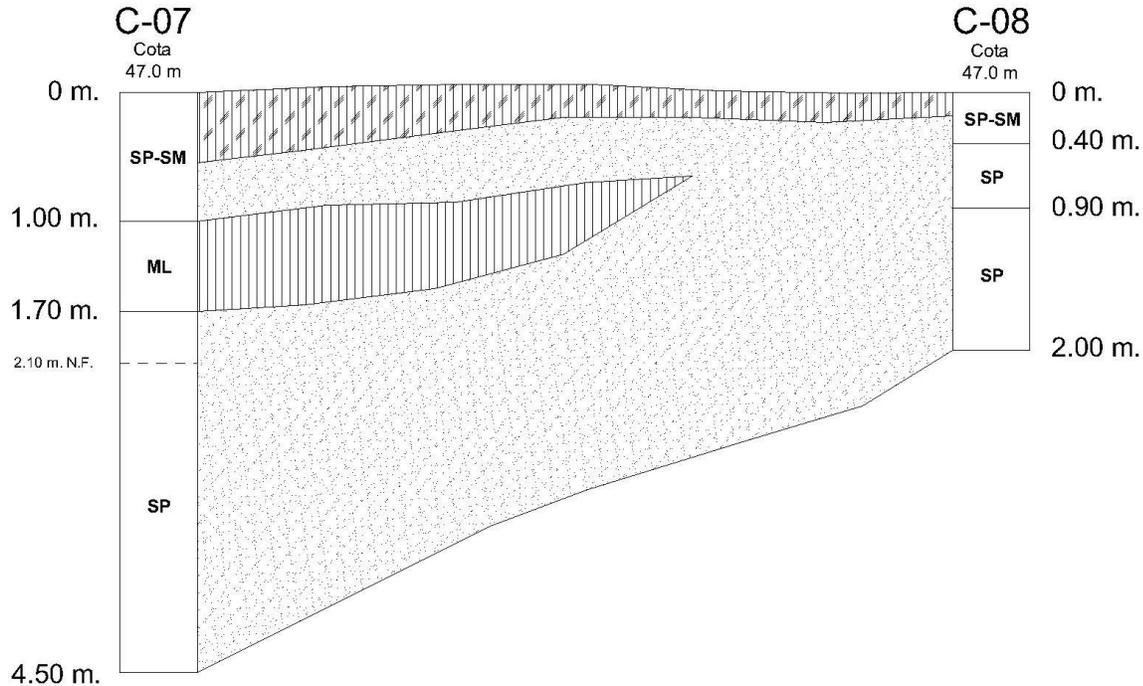


Figura 20. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 07 - 08.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo el suelo predominante la arena mal graduada (SP) con una capa superficial de arena mal graduada limosa (SP-SM). Y una capa pequeña de limo inorgánico de baja plasticidad (ML) de alrededor 0.70 m. de espesor a partir de 1.00 m. de profundidad en la C – 07. Debajo de los 2.00 m. de profundidad en la C – 08, se encontró material rocoso.

La calicata 07 y 08 se encuentran a 47 m.s.n.m.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierta superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado

El nivel freático encontrado fue en la C – 07 a 2.10 m. de profundidad. No se encontró este nivel en la C – 08.

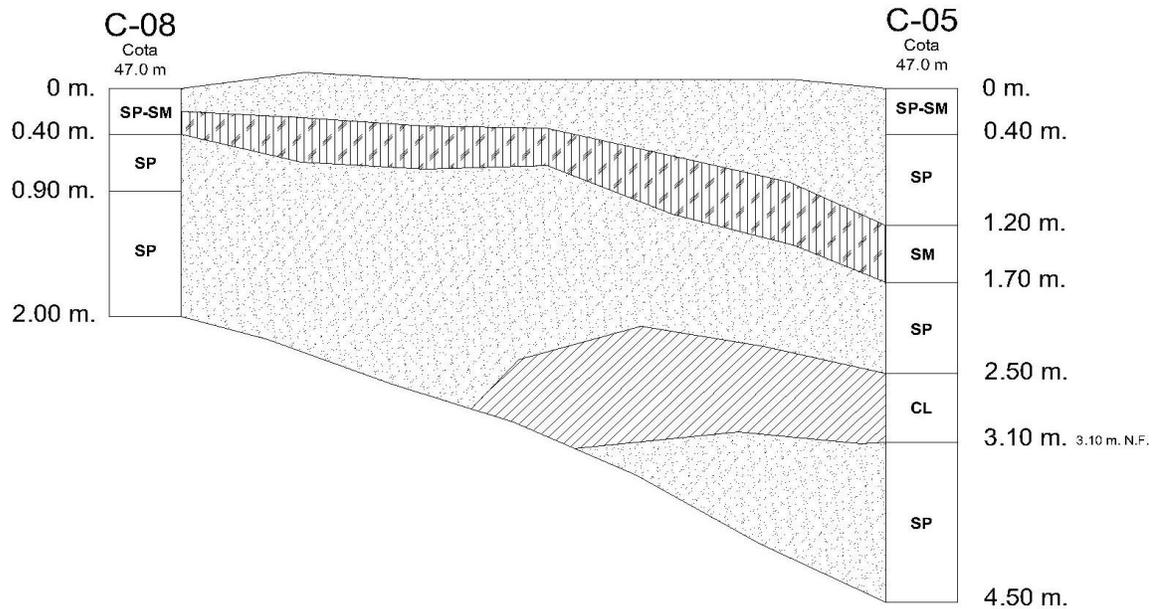


Figura 21. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 08 - 05.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo el suelo predominante la arena mal graduada (SP) con una capa superficial de arena mal graduada limosa (SP-SM). Una capa de alrededor de 0.60 m. de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) a los 2.50 m. de profundidad en la C – 05. Debajo de los 2.00 m. de profundidad en la C – 08, se encontró material rocoso.

La calicata 08 y 05 se encuentran a 47 m.s.n.m.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierta superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado

El nivel freático encontrado fue en la C – 05 a 3.10 m. de profundidad. No se encontró este nivel en la C – 08.

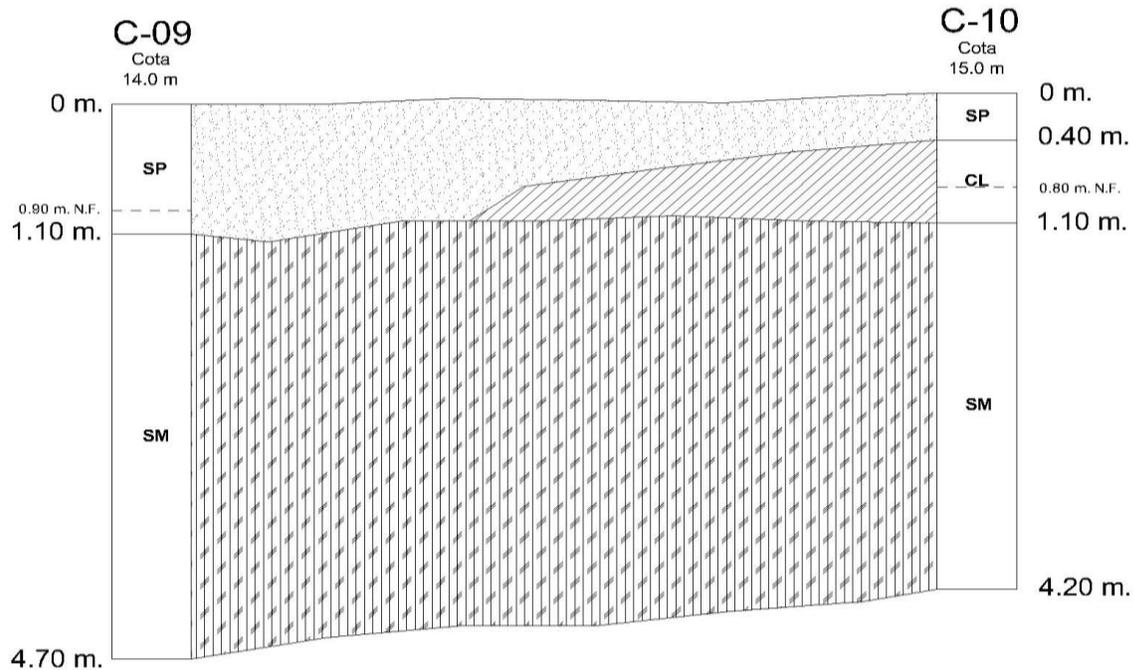


Figura 22. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 09 - 10..

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo el suelo predominante la arena limosa (SM), con una capa de arena mal graduada (SP) en la superficie y con una pequeña capa de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) a los 0.40 m. de profundidad en la C – 10.

La calicata 09 se encuentra a 14 m.s.n.m y la calicata 10 a 15 m.s.n.m con un desnivel de 1 m. en este tramo.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona y a la cercanía con la franja costera, cubierto superficialmente por un suelo eólico.

El nivel freático en este perfil varía entre 0.80 – 0.90 m.

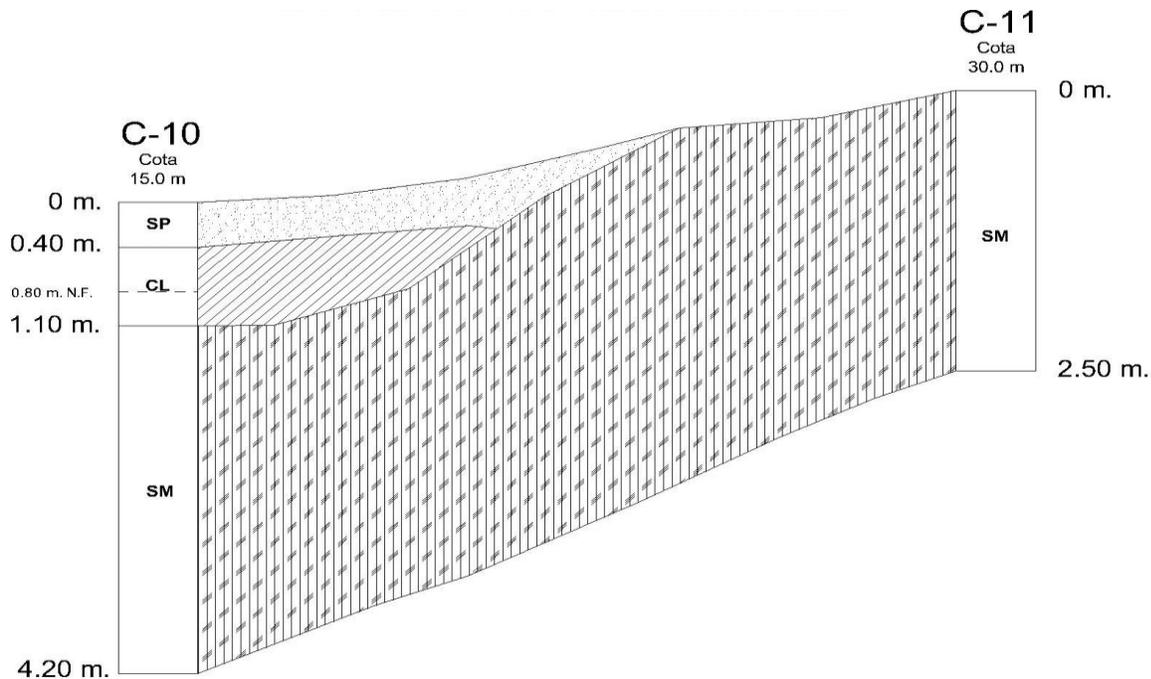


Figura 23. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 10 - 11.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo el suelo predominante la arena limosa (SM), con una capa en la superficie de arena mal graduada (SP) en la C – 10 y debajo de esta a los 0.40 m. de profundidad una pequeña capa de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL).

La calicata 10 se encuentra a 15 m.s.n.m y la calicata 11 a 30 m.s.n.m con un desnivel de 20 m. en este tramo, esto debido a que la C – 11 está ubicada en un cerro costero.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona y a la cercanía con la franja costera, cubierto superficialmente por un suelo eólico.

El nivel freático encontrado fue en la C – 10 a 0.80 m. de profundidad. No se encontró este nivel en la C – 11.

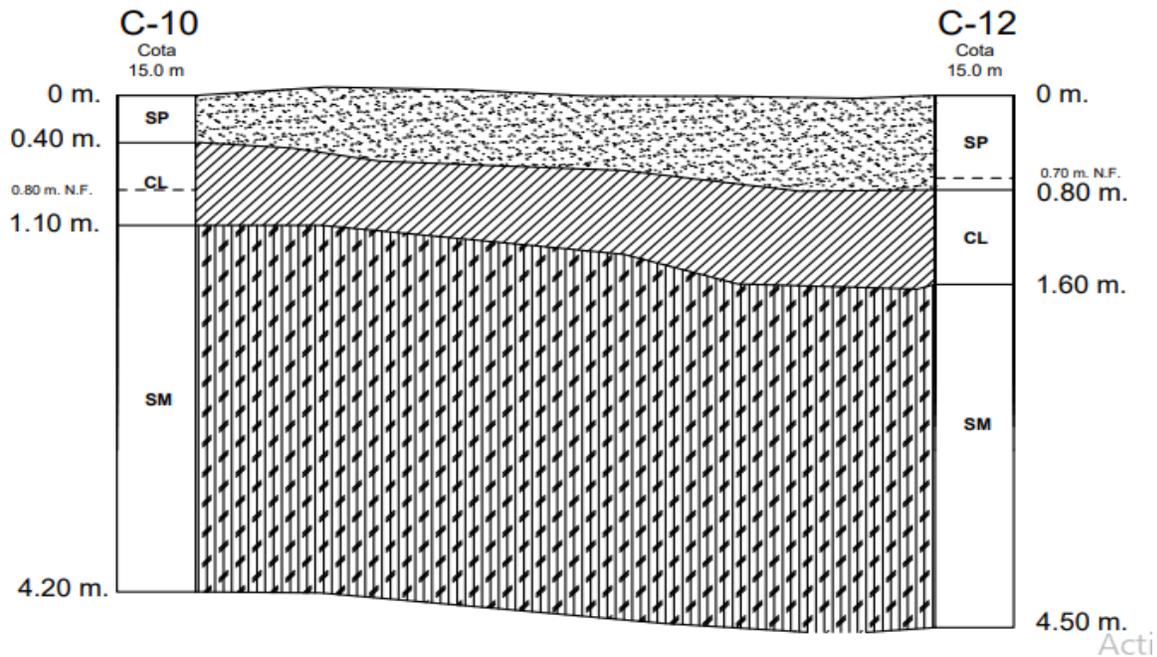


Figura 24. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 10 - 12.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo el suelo predominante la arena limosa (SM), con una capa de arena mal graduada (SP) en la superficie y con una capa pequeña de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) debajo de esta, alrededor de los 0.40 m. de profundidad de espesor aproximado 0.70 m.

La calicata 10 y 12 se encuentran a 15 m.s.n.m.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona y a la cercanía con la franja costera, cubierto superficialmente por un suelo eólico.

El nivel freático en este perfil varía entre 0.70 – 0.80 m.

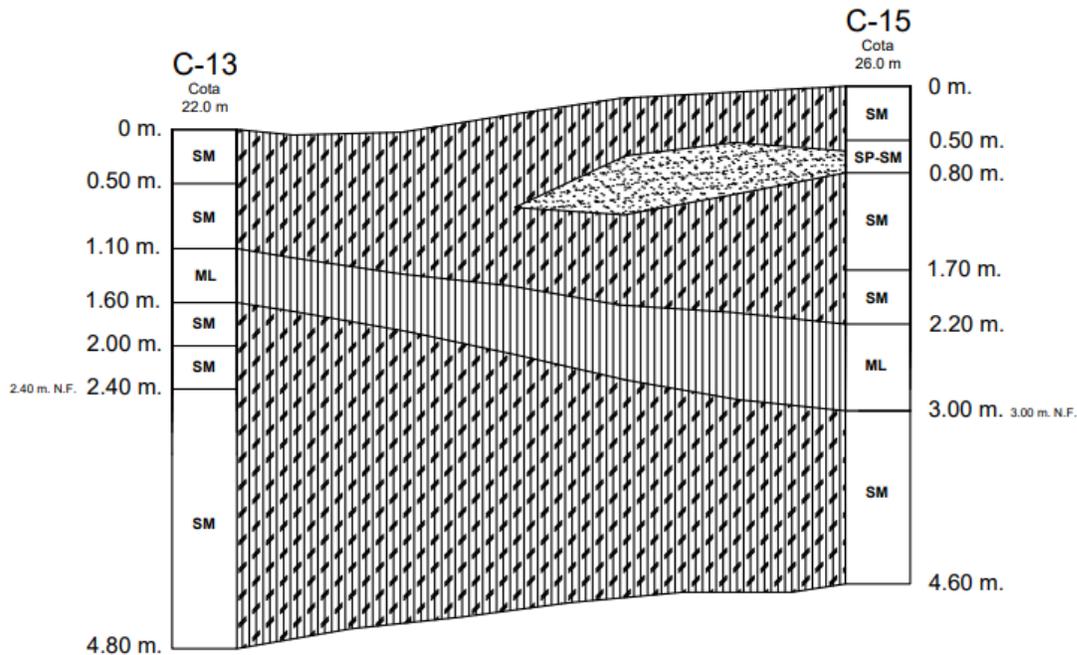


Figura 25. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 13 - 15.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo el suelo predominante la arena limosa (SM), con una capa de limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML) alrededor de los 1.10 m. de profundidad y espesor aproximado de 0.50 m. en la C – 13 y va hasta los 3.00 m. de profundidad aproximadamente en la C -15.

La calicata 13 se encuentra a 22 m.s.n.m y la calicata 15 a 26 m.s.n.m con un desnivel de 4 m. en este tramo.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierta superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado

El nivel freático en este perfil varía entre 2.40 – 3.00 m.

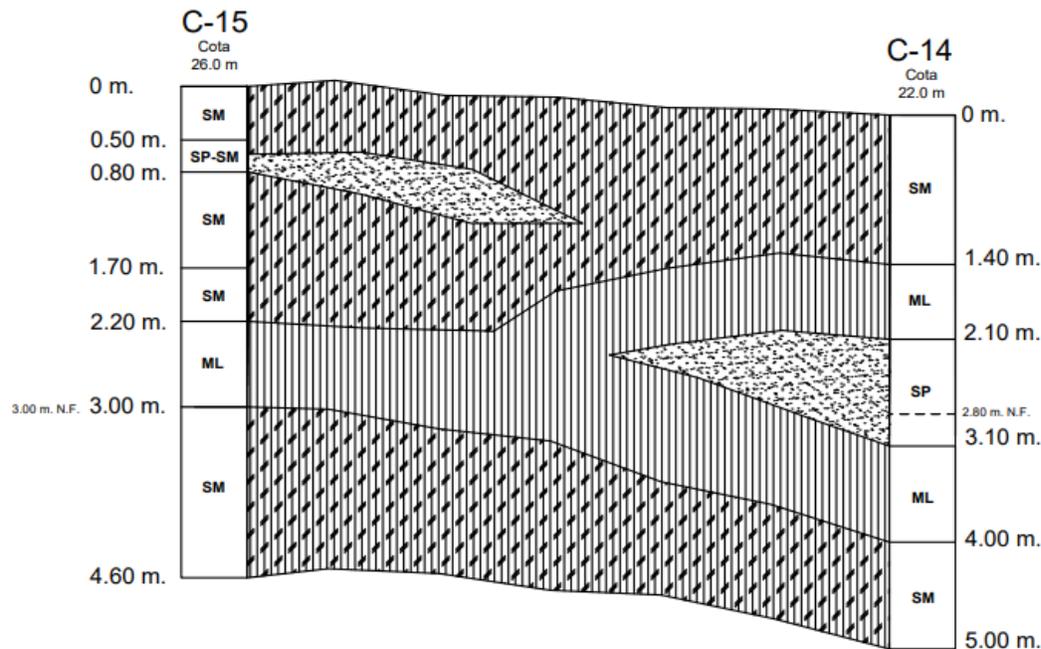


Figura 26. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 15 - 14.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo el suelo predominante la arena limosa (SM), con una capa pequeña superficial de arena mal graduada limosa (SP-SM) en la C – 15. Y una capa de limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML) en la parte central del perfil alrededor de 1.40 m. de profundidad y espesor aproximado de 0.80 m., debajo de esta una capa de arena mal graduada (SP) en la C – 14.

La calicata 15 se encuentra a 26 m.s.n.m y la calicata 14 a 22 m.s.n.m con un desnivel de 4 m. en este tramo.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierto superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 2.80 – 3.00 m.

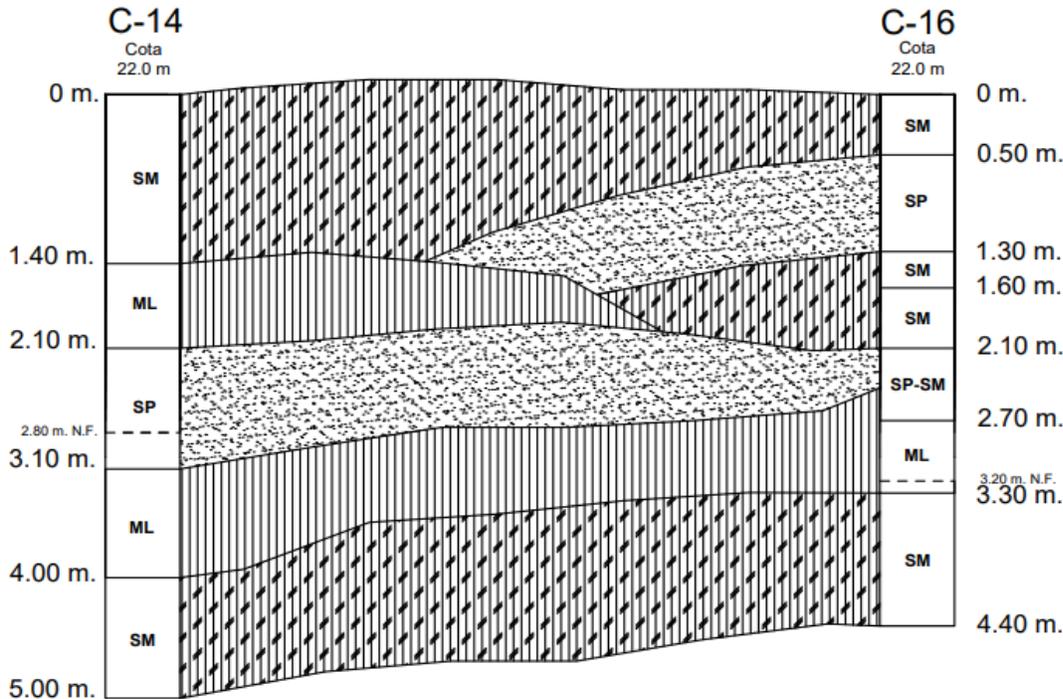


Figura 27. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 14 - 16.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo el suelo predominante la arena limosa (SM), también la presencia de una capa pequeña de arena mal graduada (SP) en la parte central del perfil. Y con una capa de limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML) alrededor de los 3.10 m. de profundidad y espesor aproximado de 0.90 m. en la parte central del perfil.

La calicata 14 y 16 se encuentran a 22 m.s.n.m.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierto superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 2.80 – 3.20 m.

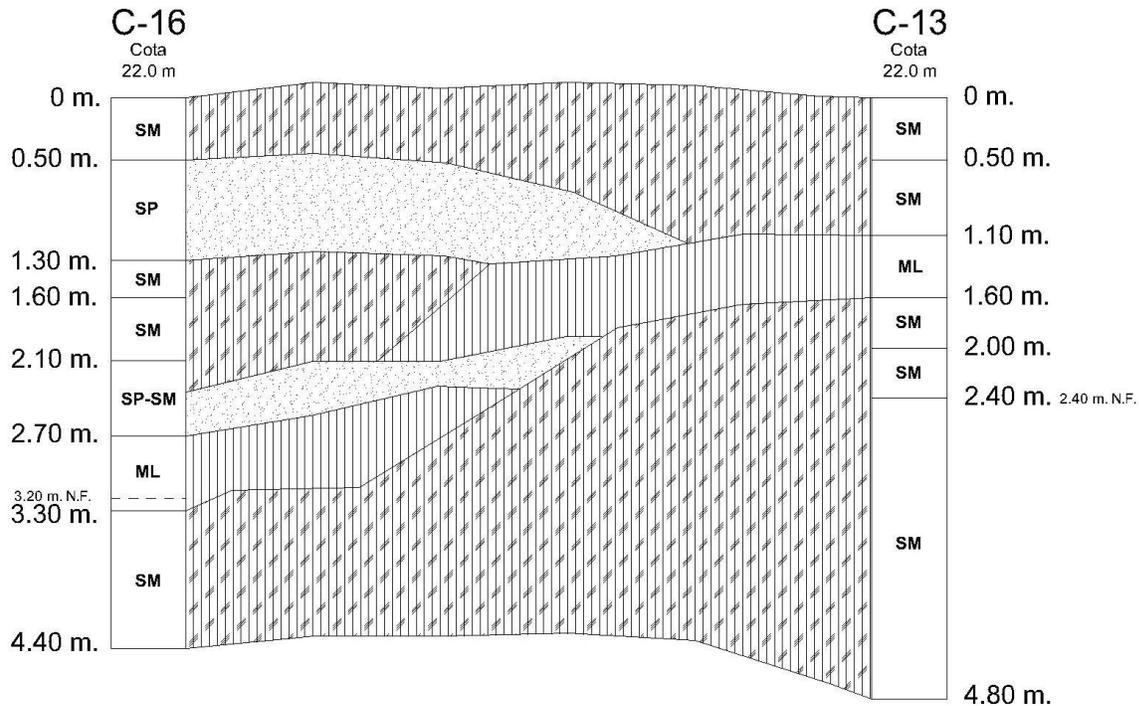


Figura 28. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 16 - 13.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo el suelo predominante la arena limosa (SM). Una capa de arena mal graduada (SP) a los 0.50 m. de profundidad en la C -16, también una capa de limo inorgánico de baja plasticidad (ML) a los 2.70 m. de profundidad. Y una capa de limo inorgánico de baja plasticidad (ML) a los 1.10 m. de profundidad en la C – 13.

La calicata 16 y 13 se encuentran a 22 m.s.n.m.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierto superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 2.40 – 3.20 m.

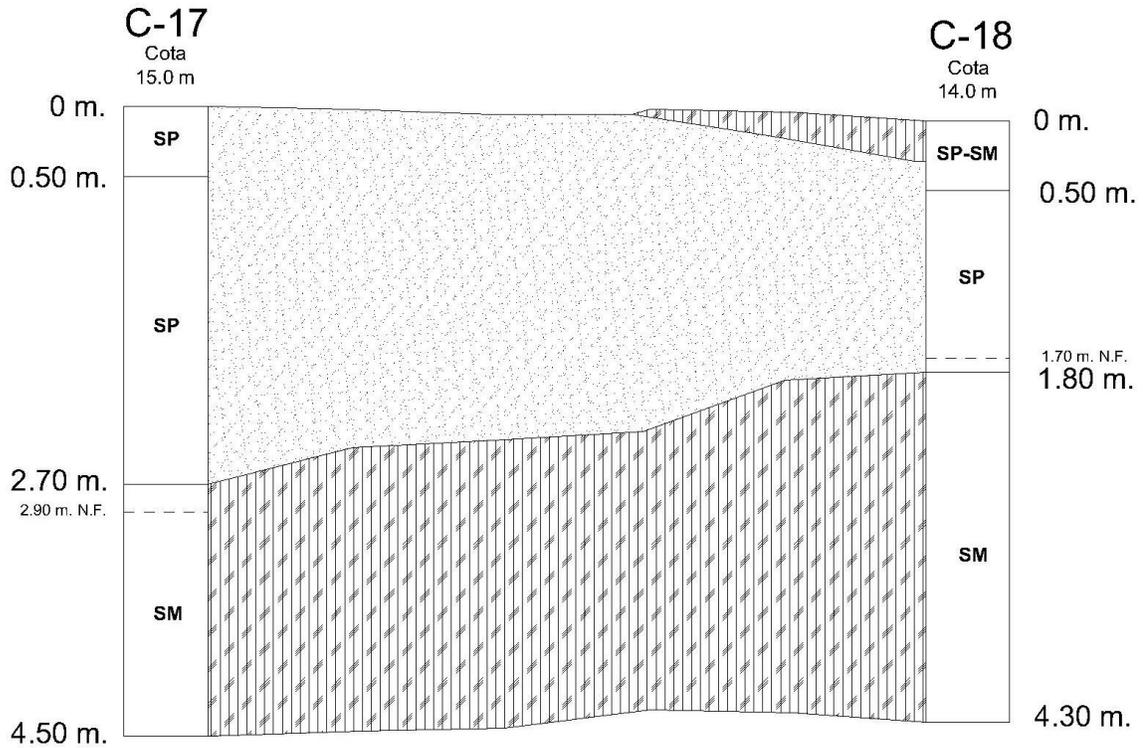


Figura 29. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 17 - 18.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo los suelos predominantes la arena mal graduada (SP) y la arena limosa (SM), con una capa pequeña superficial de arena mal graduada limosa (SP-SM) en la C-18.

La calicata 17 se encuentra a 15 m.s.n.m y la calicata 18 a 14 m.s.n.m con un desnivel de 1 m. en este tramo.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierto superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 1.70 – 2.90 m.

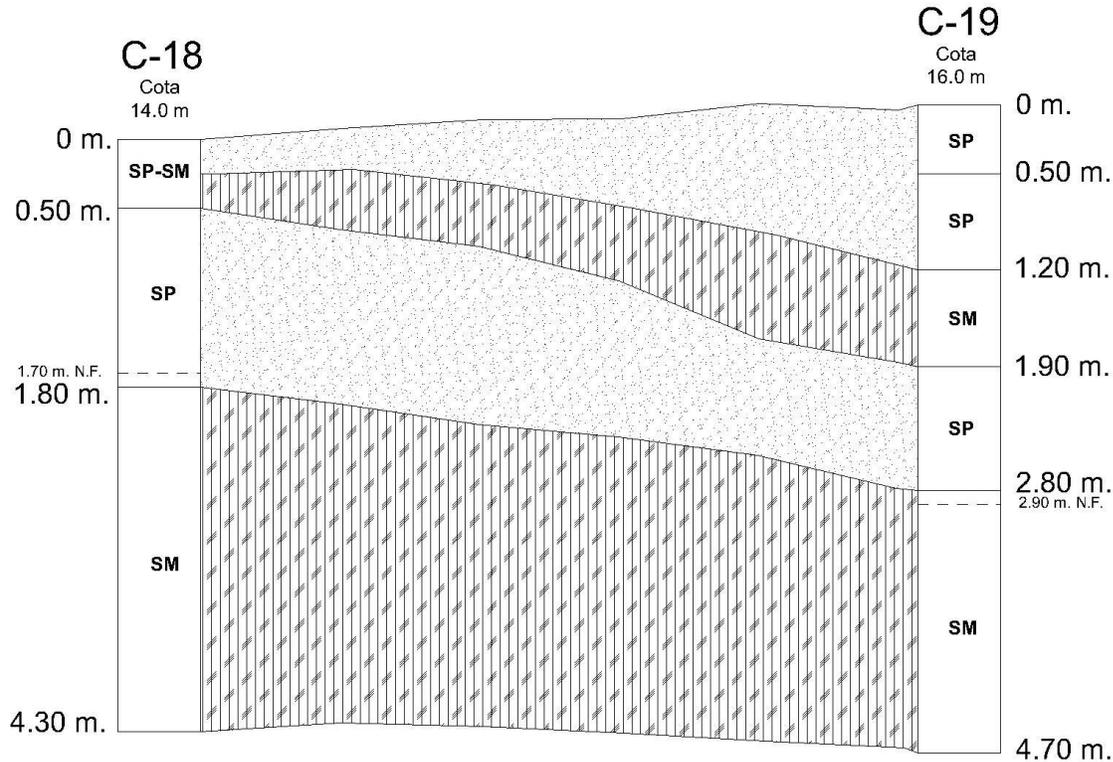


Figura 30. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 18 - 19.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo los suelos predominantes la arena mal graduada (SP) y la arena limosa (SM), con una capa superficial de arena mal graduada limosa (SP-SM) de espesor alrededor de 0.50 m. en la C -18.

La calicata 18 se encuentra a 14 m.s.n.m y la calicata 19 a 16 m.s.n.m con un desnivel de 2 m. en este tramo.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierto superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 1.70 – 2.90 m.

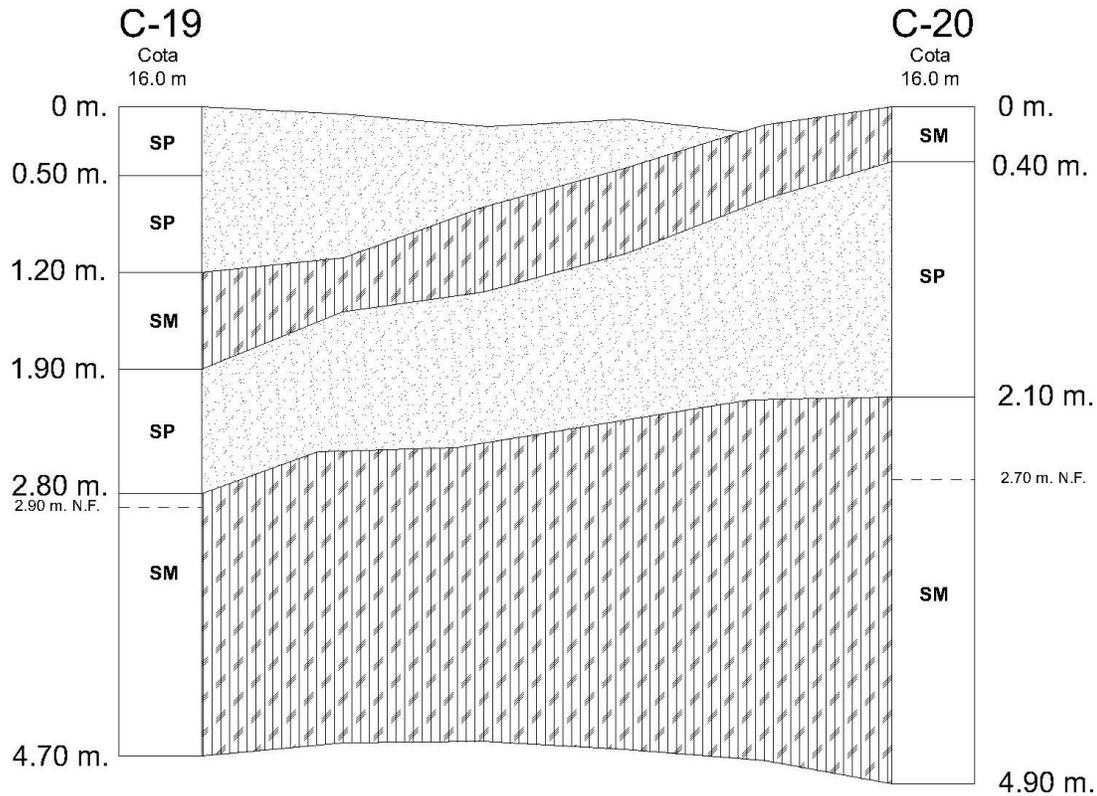


Figura 31. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 19 - 20.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo los suelos predominantes la arena mal graduada (SP) y la arena limosa (SM).

La calicata 19 y 20 se encuentran a 16 m.s.n.m.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierto superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 2.70 – 2.90 m.

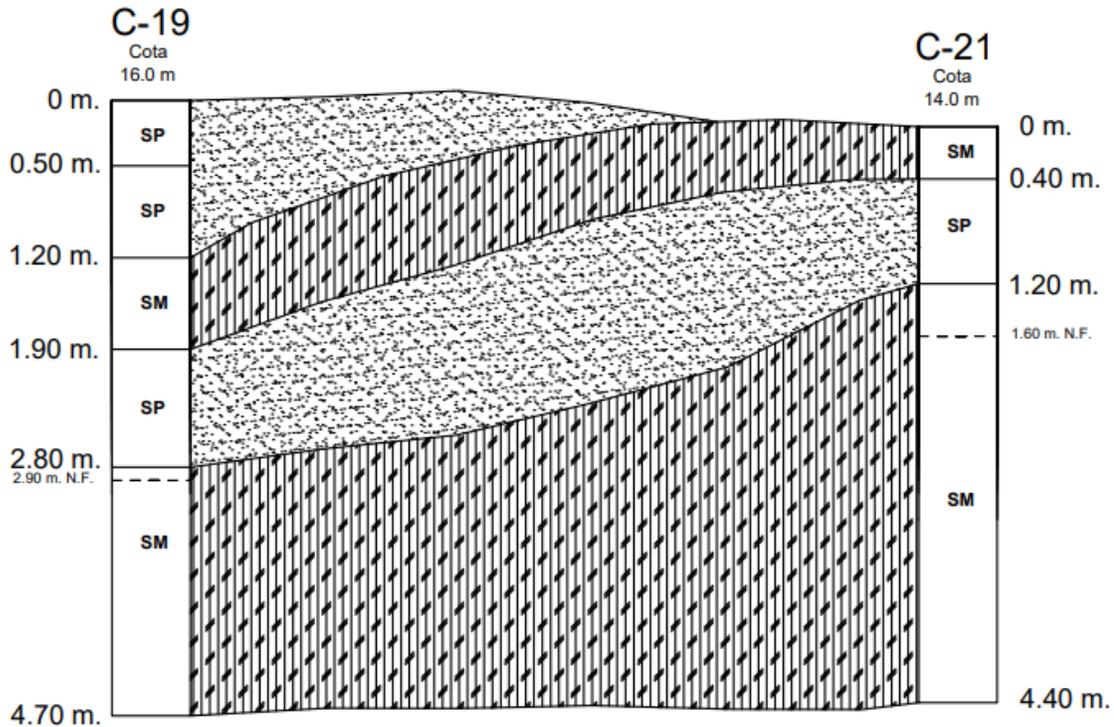


Figura 32. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 19 - 21.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo los suelos predominantes la arena mal graduada (SP) y la arena limosa (SM). Con una capa superficial de arena mal graduada (SP) de espesor alrededor 1.20 m. que va desapareciendo en dirección a la C – 21.

La calicata 19 se encuentra a 16 m.s.n.m y la calicata 21 a 14 m.s.n.m con un desnivel de 2 m. en este tramo.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierto superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 1.60 – 2.90 m.

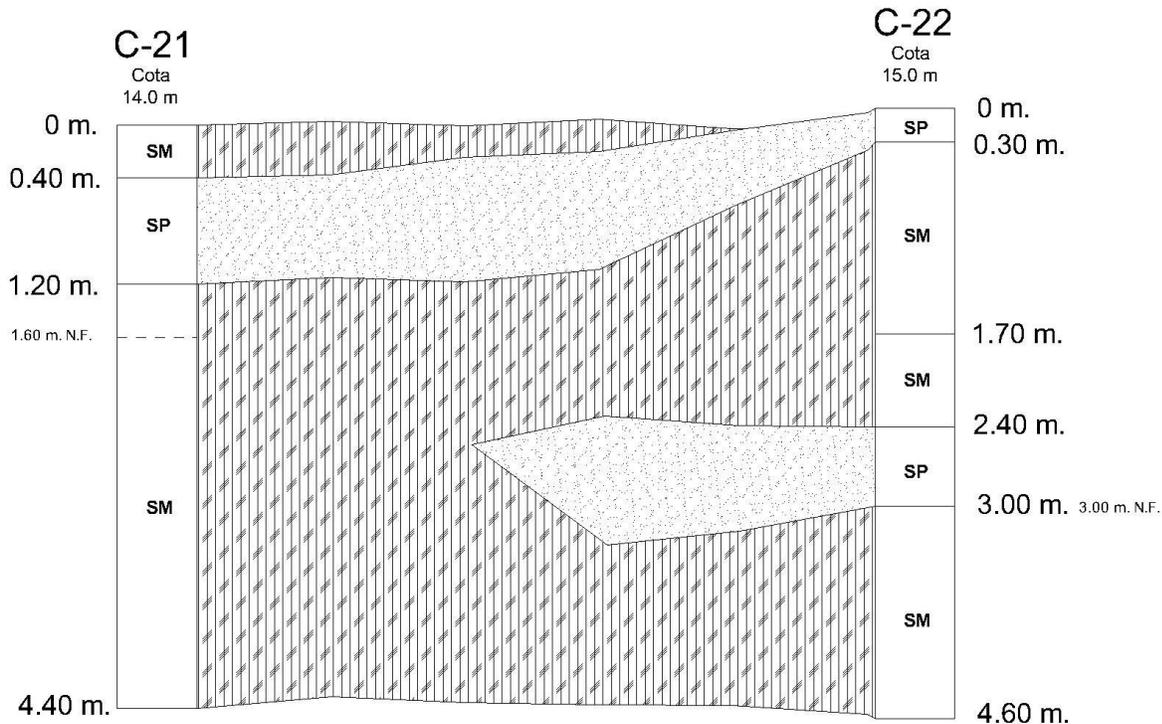


Figura 33. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 21 - 22.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo los suelos predominantes la arena mal graduada (SP) y la arena limosa (SM).

La calicata 21 se encuentra a 14 m.s.n.m y la calicata 22 a 15 m.s.n.m con un desnivel de 1 m. en este tramo.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierto superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 1.60 – 3.00 m.

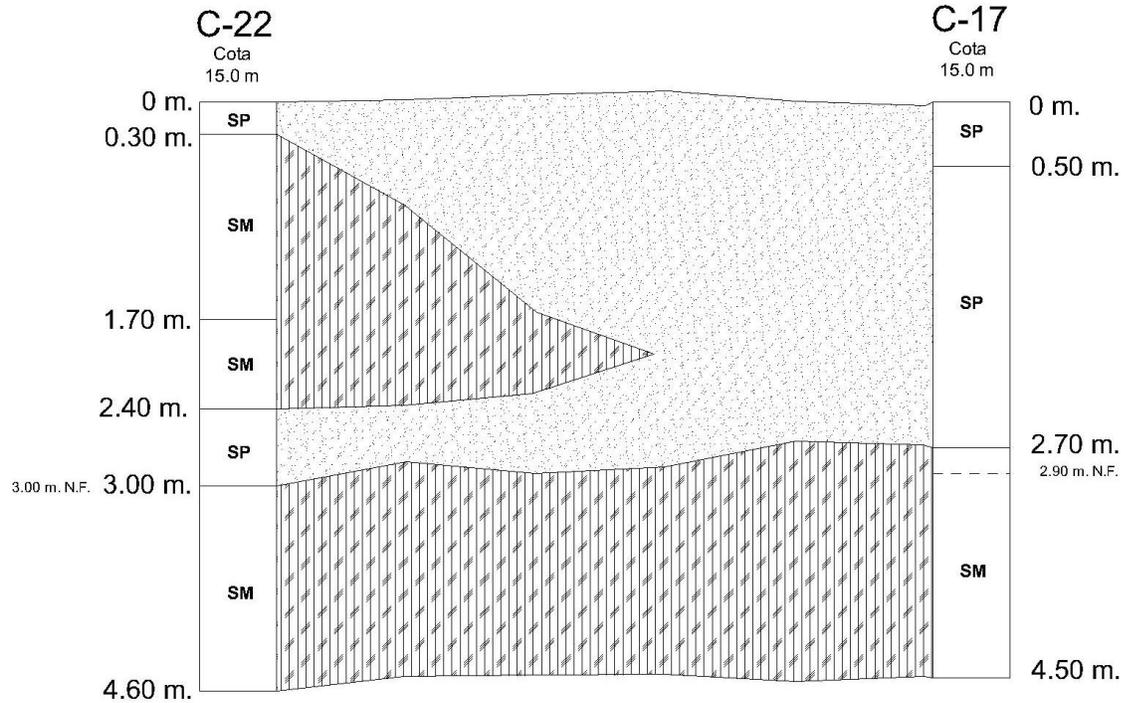


Figura 34. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 22 - 17.

En este perfil estratigráfico observamos los estratos constituidos por varios tipos de suelos, siendo los suelos predominantes la arena mal graduada (SP) y la arena limosa (SM).

La calicata 22 y 17 se encuentran a 15 m.s.n.m.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, cubierto superficialmente por un suelo eólico y suelo agrícola que existe alrededor del centro poblado.

El nivel freático en este perfil varía entre 2.90 – 3.00 m.

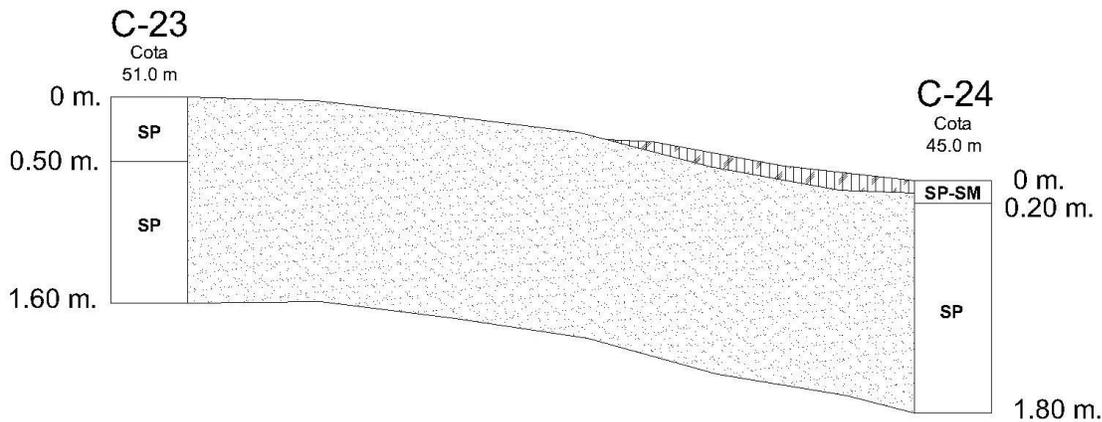


Figura 35. PERFIL ESTRATIGRÁFICO CALICATAS 23 - 24.

En este perfil estratigráfico observamos que el suelo predominante es la arena mal graduada con grava (SP), con una capa pequeña superficial de arena mal graduada limosa (SP-SM) en la C -24.

La calicata 23 se encuentra a 51 m.s.n.m y la calicata 24 a 45 m.s.n.m con un desnivel de 6 m. en este tramo.

La presencia de este tipo de suelo se debe a los depósitos de cantos angulosos de diferente composición dado en la zona, este suelo sirve para la obtención de agregado grueso y fino producido por la Cantera San Pedrito.

El nivel freático no fue encontrado.

4.3. ANÁLISIS DE LICUACIÓN

Se realizó un análisis del potencial de licuación de los suelos, utilizando el método propuesto por Seed e Idriss (1971, 1982) y actualizado por el National Center for Earthquake Research (1997, NCEER).

El procedimiento utilizó: el número de golpes normalizado para una eficiencia de 60 % del ensayo SPT (N_{60}), se consideró también para el análisis el porcentaje de finos, el factor de reducción de las tensiones (R_d), la aceleración horizontal pico en el terreno ($a_{máx}$), la magnitud momento (M_w), la profundidad (d).

Según el mapa de zonificación sísmica del Perú del Reglamento Nacional de Edificaciones – E.030 Diseño Sismorresistente. El área de estudio está ubicado en la zona 4 y le corresponde un factor de zona $Z = 0.45$ g, siendo esta la aceleración horizontal pico en el terreno.

Y se usó una magnitud momento $M_w = 7.5$ para aplicar la Figura 1.

De esta también se encontró el valor del esfuerzo cortante cíclico requerido para iniciar la licuefacción (CRR). Y el esfuerzo cortante cíclico equivalente inducido por el sismo (CSR), se determinó mediante fórmulas. El factor de seguridad (FL) es igual al cociente de CRR/CSR. Si es mayor a 1 no existe fenómeno de licuación, si es menor a 1 existe licuefacción.

Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo 5.

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS

Con las fórmulas de Terzaghi y Peck (1967) y con los parámetros de Vesic (1973), se determinó la capacidad de carga admisible por limitación de esfuerzo cortante usando el ángulo de fricción interna crítico (el menor) de la Tabla 17.

Se realizó un criterio para limitar el asentamiento de la cimentación a 1 pulgada (2.54 cm.) de acuerdo a Terzaghi y Peck (1967). Los datos necesarios para ser utilizados en la fórmula de capacidad de carga admisible por limitación de asentamiento fueron obtenidos de las Tablas 4, 5 y 6.

A continuación, se muestra en forma de ejemplo una de las formas de usar este anexo para el cálculo de la capacidad de carga admisible que fue la menor de la obtenida por limitación de esfuerzo cortante y limitación por asentamiento.

- **Se calculará la presión que transmitirá el cimiento al terreno**

El peso de la carga muerta más la carga viva del área tributaria de la columna que llega a la zapata es la carga total que transmitirá el cimiento del terreno, para este ejemplo vamos a suponer que es de 10 Tn. Y se desea usar zapatas cuadradas de 1.0 m. x 1.0 m. entonces la carga a transmitir al terreno es de 1.0 kg/cm².

- **Se calculará Q_{adm} por limitación de esfuerzo cortante**

Según la Tabla 17 y buscando una Q_{adm} mayor a 1.0 kg/cm² se tiene a 1.90 m. de profundidad la carga admisible de 1.04 kg/cm².

Tabla 17.

Ejemplo de Q_{adm} por limitación de esfuerzo cortante por ancho de zapata (B) y profundidad de desplante (Df).

Qadm=Capacidad		B=Ancho de Zapata (m)						
Admisible (kg/cm²)	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	
Df (m)	1.80	0.98	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06
	1.90	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10
	2.00	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14
	2.10	1.12	1.13	1.15	1.16	1.17	1.17	1.18
	2.20	1.16	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23
	2.30	1.21	1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27

FUENTE: Elaboración Propia

- **Se verificará Q_{adm} por limitación de asentamiento**

Según la Tabla 18 se comprueba si la carga asumida ocasionará o no asentamientos excesivos (mayores a 1”), el cual se obtiene por interpolación que para una carga admisible de 1.04 kg/cm² el asentamiento inmediato será de 0.30 cm.

Para hallar el asentamiento diferencial se buscó entre los valores de α de la Figura 14, este valor será de 1/500 y se asume que la separación entre eje de zapatas es de 4.00 m, reemplazando valores tenemos $\delta = 0.80$ cm., por lo tanto, comprobamos que el asentamiento inmediato es menor que el asentamiento diferencial (0.30 < 0.80 cm.) y ambos menores a 1”.

Tabla 18.

Ejemplo de Q_{adm} por limitación asentamiento por ancho de zapata (B) y asentamiento probable (S_i).

B (m)	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
S_i (cm)	Q_{adm} (kg/cm²)						
0.02	0.07	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
0.04	0.13	0.09	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03
0.06	0.20	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05
0.08	0.27	0.18	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07
0.10	0.34	0.22	0.17	0.13	0.11	0.10	0.08
0.20	0.67	0.45	0.34	0.27	0.22	0.19	0.17
0.40	1.35	0.90	0.67	0.54	0.45	0.39	0.34
0.60	2.02	1.35	1.01	0.81	0.67	0.58	0.51
0.80	2.70	1.80	1.35	1.08	0.90	0.77	0.67
1.00	3.37	2.25	1.69	1.35	1.12	0.96	0.84
1.50	5.06	3.37	2.53	2.02	1.69	1.45	1.27
2.00	6.75	4.50	3.37	2.70	2.25	1.93	1.69

FUENTE: Elaboración Propia

En el Anexo 6 se presentan los resultados del cálculo de capacidad de carga por limitación de esfuerzo cortante y por limitación de asentamiento de los puntos de investigación de campo en la zona de estudio.

4.4. ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

4.4.1. CC.PP. HUAMBACHO, EL ARENAL

ZONA GEOTÉCNICA I

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g), esta zona geotécnica está ubicada sobre la unidad litoestratigráfica: depósitos aluviales. Constituida por acumulaciones de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición y depósitos mal clasificados.

En esta zona existe diversos tipos de suelos, entre ellos, una capa superficial de arena mal graduada (SP) con espesor aproximado 0.60 m., debajo de esta una capa de limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML) con espesor aproximado 0.80 m. Y debajo la presencia de una capa de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) que recorre la parte central de la zona con un espesor aproximado de 1.80 m., que va disminuyendo hasta aproximadamente de 0.90 m. hacia la dirección sur de esta zona geotécnica. Al final una capa de arena limosa (SM) a los 3.20 m. de profundidad aproximadamente.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, y suelo agrícola alrededor del centro poblado. El nivel freático es de aproximadamente 2.90 m.

Para una zapata típica de ancho $B=1.00$ m. y profundidad de desplante de 0.80 – 2.00 m, la carga admisible es la mostrada en la Tabla 19.

Tabla 19.
Capacidad carga admisible ZONA I
Huambacho, El Arenal.

Df (m)	Qadm (kg/cm²)
0.80	0.76
1.00	0.81
1.20	0.86
1.40	0.91
1.60	0.95
1.80	1.00
2.00	1.06

FUENTE: Elaboración Propia

En condición estática, y para las presiones mencionadas en la Tabla 19 se espera asentamientos por consolidación, esto debido a la presencia de limo arenoso inorgánico (ML) y arcilla arenosa inorgánica (CL).

Para el caso de un sismo severo de magnitud $M_w = 7.5$ y $a = 0.45$ g, se presentará licuación entre 3.50 – 3.80 m.

ZONA GEOTÉCNICA II

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g), esta zona geotécnica está ubicada sobre la unidad litoestratigráfica: depósitos aluviales. Constituida por acumulaciones de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición y depósitos mal clasificados.

En esta zona el suelo predominante es la arena limosa (SM), con una capa de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) a 1.90 m. de profundidad

aproximadamente con espesor alrededor de 0.90 m. en la dirección sur de esta zona geotécnica. Hacia la dirección norte se presenta una capa de limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML) a una profundidad aproximada de 2.60 m. y un espesor alrededor de 0.60 m. También la presencia de arena mal graduada (SP) y la arena mal graduada limosa (SP –SM).

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, y suelo agrícola alrededor del centro poblado. El nivel freático varía entre 2.80 – 3.10 m.

Para una zapata típica de ancho $B=1.00$ m. y profundidad de desplante de 0.80 – 2.00 m, la carga admisible es la mostrada en la Tabla 20.

Tabla 20.
Capacidad carga admisible ZONA II
Huambacho, El Arenal.

Df (m)	Qadm (kg/cm²)
0.80	0.48
1.00	0.57
1.20	0.67
1.40	0.77
1.60	0.86
1.80	0.96
2.00	1.06

FUENTE: Elaboración Propia

En condición estática, para las presiones mencionadas en la Tabla 20 y ancho típico de zapata no se espera problemas de asentamiento en el suelo.

Para el caso de un sismo severo de magnitud $M_w = 7.5$ y $a = 0.45$ g, se presentará licuación entre 3.50 - 4.10 m.

4.4.2. CC.PP. HUAMBACHO, LA HUACA

ZONA GEOTÉCNICA I

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g), esta zona geotécnica está ubicada sobre la unidad litoestratigráfica: depósitos aluviales. Constituida por acumulaciones de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición y depósitos mal clasificados.

En esta zona el suelo predominante es la arena mal graduada (SP), con una capa superficial de arena mal graduada limosa (SP –SM) de espesor alrededor de 1 m. Y la presencia de una capa de limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML) alrededor de 1.00 m. de profundidad y con un espesor aproximado de 0.70 m. Este espesor disminuye hasta desaparecer, en dirección sur de esta zona geotécnica.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, y suelo agrícola alrededor del centro poblado. El nivel freático es de alrededor 2.10 m.

Para una zapata típica de ancho $B=1.00$ m. y profundidad de desplante de 0.80 – 2.00 m, la carga admisible es la mostrada en la Tabla 21.

Tabla 21.
Capacidad carga admisible ZONA I
Huambacho, La Huaca.

Df (m)	Qadm (kg/cm²)
0.80	0.95
1.00	0.96
1.20	0.97
1.40	0.98
1.60	0.99
1.80	1.00
2.00	1.00

FUENTE: Elaboración Propia

En condición estática, y para las presiones mencionadas en la Tabla 21 se espera asentamientos por consolidación a partir de 1.00 m. de profundidad, esto debido a la presencia de limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML).

Para el caso de un sismo severo de magnitud $M_w = 7.5$ y $a = 0.45$ g, se presentará licuación entre 2.30 - 4.40 m.

ZONA GEOTÉCNICA II

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g), esta zona geotécnica está ubicada sobre la unidad litoestratigráfica: depósitos aluviales. Constituida por acumulaciones de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición y depósitos mal clasificados.

En esta zona los suelos predominantes son la arena limosa (SM), la arena mal graduada (SP) y la arena mal graduada limosa (SP –SM), con una capa de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) a una profundidad aproximada de 2.30 m. y un espesor alrededor de 0.40 m. Y la presencia de una capa superficial de espesor aproximado 0.50 m. en la dirección oeste de esta zona geotécnica.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, y suelo agrícola alrededor del centro poblado. El nivel freático varía entre 3.10 – 3.20 m.

Para una zapata típica de ancho $B=1.00$ m. y profundidad de desplante de 0.80 – 2.00 m, la carga admisible es la mostrada en la Tabla 22.

Tabla 22.
Capacidad carga admisible ZONA II
Huambacho, La Huaca.

Df (m)	Qadm (kg/cm²)
0.80	0.42
1.00	0.51
1.20	0.59
1.40	0.68
1.60	0.76
1.80	0.85
2.00	0.93

FUENTE: Elaboración Propia

En condición estática, para las presiones mencionadas en la Tabla 22 y ancho típico de zapata no se espera problemas de asentamiento en el suelo.

Para el caso de un sismo severo de magnitud $M_w = 7.5$ y $a = 0.45$ g, se presentará licuación entre 3.50 - 4.70 m.

ZONA GEOTÉCNICA III

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g), esta zona geotécnica está ubicada sobre la unidad litoestratigráfica: depósitos aluviales. Constituida por acumulaciones de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición y depósitos mal clasificados.

En esta zona el suelo predominante es la arena mal graduada (SP), con una capa superficial de arena mal graduada limosa (SP –SM) de espesor aproximado 0.40 m. La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, y suelo agrícola alrededor del centro poblado. En esta zona no se encontró nivel freático, se evidenció la presencia de material rocoso aproximadamente a 2.00 m. de profundidad.

Para una zapata típica de ancho $B=1.00$ m. y profundidad de desplante de 0.80 – 2.00 m, la carga admisible es la mostrada en la Tabla 23.

Tabla 23.
*Capacidad carga admisible ZONA III
Huambacho, La Huaca.*

Df (m)	Qadm (kg/cm²)
0.80	0.57
1.00	0.68
1.20	0.79
1.40	0.91
1.60	1.02
1.80	1.13
2.00	1.25

FUENTE: Elaboración Propia

En condición estática, para las presiones mencionadas en la Tabla 23 y ancho típico de zapata no se espera problemas de asentamiento en el suelo.

En esta zona no se presenta el fenómeno de licuación, debido a la ausencia de napa freática.

4.4.3. CC.PP. LOS CHIMUS

ZONA GEOTÉCNICA I

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g), esta zona geotécnica está ubicada sobre la unidad litoestratigráfica: depósitos eólicos. Acumulación de arenas cuarzosas de grano fino a medio transportado por el viento, formando dunas y pampas amplias. Depósito no consolidado

Los suelos predominantes en esta zona son la arena limosa (SM) y arena mal graduada (SP) que se encuentra en la capa superficial. También la presencia de una capa de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) a 0.40 m. de profundidad aproximadamente y espesor alrededor de 0.70 m. que va disminuyendo en la dirección sur de esta zona geotécnica.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona y a la cercanía con la franja costera, cubierto superficialmente por un suelo eólico. El nivel freático varía entre 0.70 – 0.90 m.

Para una zapata típica de ancho $B=1.00$ m. y profundidad de desplante de $0.40 - 2.00$ m, la carga admisible es la mostrada en la Tabla 24.

Tabla 24.
*Capacidad carga admisible ZONA I
Los Chimus.*

Df (m)	Qadm (kg/cm ²)
0.80	0.34
1.00	0.40
1.20	0.47
1.40	0.53
1.60	0.59
1.80	0.65
2.00	0.72

FUENTE: Elaboración Propia

En condición estática, y para las presiones mencionadas en la Tabla 24 no se espera problemas de asentamiento en el suelo.

Para el caso de un sismo severo de magnitud $M_w = 7.5$ y $a = 0.45$ g, se presentará licuación en 2 tramos debido a la presencia de la napa freática elevada y al tipo de suelo. El primero tramo varía entre $0.80 - 2.30$ m. de profundidad. Y el segundo tramo, varía entre $3.20 - 4.10$ m. de profundidad.

ZONA GEOTÉCNICA II

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g), esta zona geotécnica está ubicada sobre la unidad litoestratigráfica: Grupo Casma, formación Junco. Que

son formaciones de lavas almohadilladas intercaladas con aglomerados, flujo de lavas, lavas brechadas y niveles tobáceos.

Constituida en su totalidad por arena limosa (SM). En esta zona no se encontró nivel freático, se evidenció la presencia de material rocoso aproximadamente a 2.50 m. de profundidad. (Esta zona se encuentra sobre un cerro costero).

Para una zapata típica de ancho $B=1.00$ m. y profundidad de desplante de $0.80 - 2.00$ m, la carga admisible es la mostrada en la Tabla 25.

Tabla 25.
Capacidad carga admisible ZONA II
Los Chimus. Tabla 25.

Df (m)	Qadm (kg/cm²)
0.80	0.42
1.00	0.51
1.20	0.59
1.40	0.68
1.60	0.76
1.80	0.85
2.00	0.93

FUENTE: Elaboración Propia

En condición estática, para las presiones mencionadas en la Tabla 25 y ancho típico de zapata no se espera problemas de asentamiento en el suelo.

En esta zona no se presenta el fenómeno de licuación, debido a la ausencia de napa freática.

4.4.4. CC.PP. LA CAPILLA

ZONA GEOTÉCNICA I

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g), esta zona geotécnica está ubicada sobre la unidad litoestratigráfica: depósitos aluviales. Constituida por acumulaciones de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición y depósitos mal clasificados.

En esta zona el suelo predominante es la arena limosa (SM), con una capa de limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML) alrededor de 1.10 m. de profundidad y con un espesor aproximado de 0.50 m. Y también en dirección nor-oeste a esta zona se presenta una capa limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML) alrededor de 3.10 m. de profundidad y un espesor aproximado de 0.90 m.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, y suelo agrícola alrededor del centro poblado. El nivel freático varía entre 2.40 – 2.80 m.

Para una zapata típica de ancho $B=1.00$ m. y profundidad de desplante de 0.80 – 2.00 m, la carga admisible es la mostrada en la Tabla 26.

Tabla 26.
*Capacidad carga admisible ZONA I
La Capilla.*

Df (m)	Qadm (kg/cm²)
0.80	0.39
1.00	0.47
1.20	0.55
1.40	0.63
1.60	0.71
1.80	0.78
2.00	0.86

FUENTE: Elaboración Propia

En condición estática, y para las presiones mencionadas en la Tabla 26 no se espera problemas de asentamiento en el suelo.

Para el caso de un sismo severo de magnitud $M_w = 7.5$ y $a = 0.45$ g, se presentará licuación entre 2.60 – 5.00 m.

ZONA GEOTÉCNICA II

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g), esta zona geotécnica está ubicada sobre la unidad litoestratigráfica: depósitos aluviales. Constituida por acumulaciones de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición y depósitos mal clasificados.

En esta zona el suelo predominante es la arena limosa (SM), con una capa de limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML) alrededor de 2.20 m. de profundidad y con un espesor aproximado de 0.60 m.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, y suelo agrícola alrededor del centro poblado. El nivel freático varía entre 3.00 – 3.20 m.

Para una zapata típica de ancho $B=1.00$ m. y profundidad de desplante de 0.80 – 2.00 m, la carga admisible es la mostrada en la Tabla 27.

Tabla 27.
Capacidad carga admisible ZONA II
La Capilla.

Df (m)	Qadm (kg/cm²)
0.80	0.43
1.00	0.52
1.20	0.61
1.40	0.70
1.60	0.78
1.80	0.87
2.00	0.96

FUENTE: Elaboración Propia

En condición estática, para las presiones mencionadas en la Tabla 27 y ancho típico de zapata no se espera problemas de asentamiento en el suelo.

Para el caso de un sismo severo de magnitud $M_w = 7.5$ y $a = 0.45$ g, se presentará licuación entre 3.20 – 4.70 m.

4.4.5. CC.PP. SAMANCO

ZONA GEOTÉCNICA I

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g), esta zona geotécnica está ubicada sobre la unidad litoestratigráfica: depósitos aluviales. Constituida por acumulaciones de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición y depósitos mal clasificados.

Los suelos predominantes en esta zona son la arena limosa (SM) y arena mal graduada (SP), se presenta una capa superficial de arena mal graduada limosa (SP –SM) espesor aproximado 0.50 m. en dirección norte a esta zona geotécnica. En la dirección sur se presenta una capa superficial de arena limosa (SM) de espesor aproximado 0.40m.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, y suelo agrícola alrededor del centro poblado. El nivel freático varía entre 1.60 – 1.70 m.

Para una zapata típica de ancho $B=1.00$ m. y profundidad de desplante de 0.80 – 2.00 m, la carga admisible es la mostrada en la Tabla 28.

Tabla 28
*Capacidad carga admisible ZONA I
Samanco..*

Df (m)	Qadm (kg/cm²)
0.80	0.39
1.00	0.46
1.20	0.53
1.40	0.60
1.60	0.67
1.80	0.72
2.00	0.78

FUENTE: Elaboración Propia

En condición estática, para las presiones mencionadas en la Tabla 28 y ancho típico de zapata no se espera problemas de asentamiento en el suelo.

Para el caso de un sismo severo de magnitud $M_w = 7.5$ y $a = 0.45$ g, se presentará licuación entre 1.70 – 4.40 m.

ZONA GEOTÉCNICA II

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g), esta zona geotécnica está ubicada sobre la unidad litoestratigráfica: depósitos aluviales. Constituida por acumulaciones de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición y depósitos mal clasificados.

Los suelos predominantes en esta zona son la arena limosa (SM) y arena mal graduada (SP). Una capa que empieza en la superficie de arena mal graduada espesor aproximado de 2.70 m. que va disminuyendo en la dirección sur-este. Parte

de la arena limosa (SM) se encuentra en forma superficial al este de esta zona geotécnica.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, y suelo agrícola alrededor del centro poblado. El nivel freático varía entre 2.70 – 3.00 m.

Para una zapata típica de ancho $B=1.00$ m. y profundidad de desplante de 0.80 – 2.00 m, la carga admisible es la mostrada en la Tabla 29.

Tabla 29.
*Capacidad carga admisible ZONA II
Samanco.*

Df (m)	Qadm (kg/cm²)
0.80	0.48
1.00	0.58
1.20	0.68
1.40	0.78
1.60	0.87
1.80	0.97
2.00	1.06

FUENTE: Elaboración Propia

En condición estática, para las presiones mencionadas en la Tabla 29 y ancho típico de zapata no se espera problemas de asentamiento en el suelo.

Para el caso de un sismo severo de magnitud $M_w = 7.5$ y $a = 0.45$ g, se presentará licuación entre 2.90 – 5.00 m.

4.4.6. CC.PP. SAN PEDRITO

ZONA GEOTÉCNICA I

Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g), esta zona geotécnica está ubicada sobre la unidad litoestratigráfica: depósitos aluviales. Constituida por acumulaciones de grava, arena, limo y arcillas con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición y depósitos mal clasificados.

El suelo predominante en esta zona es la arena mal graduada con grava (SP), con la presencia de una capa superficial de arena mal graduada limosa (SP –SM) espesor alrededor de 0.20 m. que disminuye hasta desaparecer en la dirección norte a esta zona geotécnica.

La presencia de estos tipos de suelos se debe al transporte aluvial dado en la zona, y suelo agrícola alrededor del centro poblado. No se encontró la presencia de nivel freático.

Para una zapata típica de ancho $B=1.00$ m. y profundidad de desplante de $0.80 - 2.00$ m, la carga admisible es la mostrada en la Tabla 30.

Tabla 30.
*Capacidad carga admisible ZONA II
Samanco.*

Df (m)	Qadm (kg/cm²)
0.80	0.77
1.00	0.93
1.20	1.08
1.40	1.24
1.60	1.39
1.80	1.54
2.00	1.70

FUENTE: Elaboración Propia

En condición estática, para las presiones mencionadas en la Tabla 30 y ancho típico de zapata no se espera problemas de asentamiento en el suelo.

En esta zona no se presenta el fenómeno de licuación, debido a la ausencia de napa freática.

Tabla 31.

Resumen de la zonificación geotécnica en el distrito de Samanco.

ZONA GEOTÉC.	PRINCIPALES TIPOS DE SUELO	Df (m)	B (m)	Q _{adm} (Kg/cm ²)	Nivel Freático Aprox. (m.)
CC.PP. HUAMBACHO EL ARENAL					
I	Constituido superficialmente por arena mal graduada (SP) y alrededor de 0.60 m. de profundidad una capa de limo espesor aprox. 0.80 m. seguida de arcilla, ambos arenosos inorgánicos de baja plasticidad (ML, CL).	0.80 - 2.00	1.00	0.76 - 1.06	2.90
II	Constituido principalmente por arena limosa (SM), y alrededor de 1.90 m. de profundidad la presencia de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) espesor aprox. 0.90 m.	0.80 - 2.00	1.00	0.48 - 1.06	2.80 - 3.10
CC.PP. HUAMBACHO LA HUACA					
I	Constituido principalmente por arena mal graduada (SP) y alrededor de 1.00 m. de profundidad una capa de limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML) espesor aprox. 0.70 m.	0.80 - 2.00	1.00	0.95 - 1.00	2.10
II	Constituido principalmente por arena mal graduada (SP), arena limosa (SM) y arena mal graduada limosa (SP – SM). Con una capa de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) alrededor de 2.30 m. de profundidad y espesor aprox. 0.40 m.	0.80 - 2.00	1.00	0.42 - 0.93	3.10 - 3.20
III	Constituido principalmente por arena mal graduada (SP), presencia de material rocoso a 2.00 m. de profundidad.	0.80 - 2.00	1.00	0.57 - 1.25	NO ENCONTRAD O

CC.PP. LOS CHIMUS					
	Constituido principalmente por arena limosa (SM). Superficialmente arena mal graduada (SP) y alrededor de 0.40 m. de profundidad una capa de arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) espesor aprox. 0.70 m.	0.80 - 2.00	1.00	0.34 - 0.72	0.70 - 0.90
I					
III	Constituido por arena limosa (SM), presencia de material rocoso a 2.50 m. de profundidad (ubicado sobre un cerro costero).	0.80 - 2.00	1.00	0.42 - 0.93	NO ENCONTRAD O
CC.PP. LA CAPILLA					
	Constituido principalmente por arena limosa (SM). Y alrededor de 1.10 m. de profundidad una capa de limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML) espesor aprox. 0.50 m.	0.80 - 2.00	1.00	0.39 - 0.86	2.40 - 2.80
I					
II	Constituido principalmente por arena limosa (SM). Y alrededor de 2.20 m. de profundidad una capa de limo arenoso inorgánico de baja plasticidad (ML) espesor aprox. 0.60 m.	0.80 - 2.00	1.00	0.43 - 0.96	3.00 - 3.20
CC.PP. SAMANCO					
	Constituido principalmente por arena mal graduada (SP) y arena limosa (SM). También la presencia de arena mal graduada limosa (SP –SM).	0.80 - 2.00	1.00	0.39 - 0.78	1.60 - 1.70
I					
II	Constituido principalmente por arena mal graduada (SP) y arena limosa (SM).	0.80 - 2.00	1.00	0.48 - 1.06	2.70 - 3.00
CC.PP. SAN PEDRITO					
	Constituido principalmente por arena mal graduada con grava (SP).	0.80 - 2.00	1.00	0.77 - 1.70	NO ENCONTRAD O
I					

FUENTE: Elaboración Propia

4.5. DISCUSIÓN

- Se realizó el ensayo normalizado para la auscultación con penetrómetro dinámico ligero de punta cónica (DPL) para la recolección de datos que describan características del suelo, y no el ensayo de penetración estándar (SPT). Debido al costo elevado de aplicar este último ensayo para las implicaciones del proyecto.
Y al identificar la ubicación de la investigación en la franja costera, los suelos esperados en predominancia son la arena mal graduada (SP) y la arena limosa (SM); siendo estos suelos de aplicación permitida para la realización del ensayo DPL, según la norma E.050 Suelos y Cimentaciones.
- Para el análisis de licuación de suelos se usó una magnitud de sismo $M_w = 7.5$ según el método de Seed e Idriss (1971,1982); a diferencia del proyecto Zonificación geotécnica de los suelos de Nuevo Chimbote (2007) donde usaron $M_w = 8.0$, y también el valor de la aceleración horizontal pico en el terreno de 0.20 g.
El valor de la aceleración horizontal máxima en el terreno utilizado en este proyecto ($a_{m\acute{a}x} = 0.45g$), corresponde al parámetro factor de zona, del mapa de zonificación geotécnica del Perú descrito en la norma E.030 Diseño Sismorresistente.
- En cuanto a la zonificación geotécnica, se realizó 24 ensayos DPL, 24 Calicatas y 24 ensayos Cono de arena. Y se determinó 12 zonas geotécnicas para la investigación realizada. No contamos con información recopilada que nos permitiera conocer con anterioridad las características del suelo.
En contraste, la investigación Zonificación geotécnica de los suelos de Nuevo Chimbote (2007), realizó 14 ensayos DPL y 17 Calicatas; contaron con información recopilada de otros estudios. Y Determinaron 7 zonas geotécnicas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Según el mapa geológico del cuadrángulo de Casma (19 – g) los centros poblados de Huambacho El Arenal, Huambacho La Huaca, La Capilla, Samanco y San Pedrito están ubicados sobre depósitos aluviales. El CC.PP. Los Chimus está ubicado sobre depósitos eólicos (Zona Geotécnica I) y en el grupo Casma – formación junco – Cerro Costero (Zona Geotécnica II).
- Los tipos de suelos predominantes en los asentamientos urbanos del distrito de Samanco, son la arena limosa (SM) y la arena mal graduada (SP).
Se evidenció la presencia de limos arenosos inorgánicos de baja plasticidad (ML) y arcilla arenosa inorgánica de baja plasticidad (CL) en los CC.PP. de Huambacho El Arenal, Huambacho La Huaca, Los Chimus y La Capilla, esto debido a que están ubicados cerca de la ribera del río Nepeña donde existen zonas agrícolas aledañas a los centros poblados mencionados. No se encontró este material en el CC.PP. Samanco, ni en el CC.PP. San Pedrito.
- Se encontró nivel freático elevado en la zona geotécnica I del CC.PP. Los Chimus entre 0.70 – 0.90 m. y en la zona geotécnica I del CC.PP. Samanco entre 1.60 – 1.70 m.
No se verificó la presencia de nivel freático en las zonas geotécnicas: III del CC.PP. Huambacho La Huaca, II del CC.PP. Los Chimus y I del CC.PP. San Pedrito.
- Se esperan asentamientos por consolidación en las zonas geotécnicas: I del CC.PP. Huambacho El Arenal, I Huambacho La Huaca. Esto debido a la presencia de limos arenosos inorgánicos de baja plasticidad (ML) y arcillas inorgánicas de baja plasticidad (CL).

- Del análisis del potencial de licuación de los suelos se evidenció que no ocurrirá este fenómeno en el CC.PP. San Pedrito, en la zona geotécnica II del CC.PP. Los Chimus y hacia el sur de la zona geotécnica II del CC.PP. Huambacho El Arenal.

El fenómeno de licuación de los suelos se da cerca de la superficie, en la zona geotécnica I del CC.PP. Los Chimus (alrededor de 0.80 m.) y en la zona geotécnica I del CC.PP. Samanco (alrededor de 1.70 m.).

- Para fines de este estudio, en el análisis de la cimentación se consideraron viviendas convencionales no mayores a 3 niveles y zapatas cuadradas aisladas de ancho de zapata (B) igual a 1 m. para los cuales la carga transmitida al terreno será de 0.5 – 1.5 kg/cm^2 , según número de niveles.
- Se determinó que los suelos de asentamiento urbano analizados en el distrito de Samanco presentan de baja a alta capacidad portante ($B = 1$ m., $D_f = 1.40$ m.).

Los suelos con capacidad portante alta son los pertenecientes a la zona geotécnica I del CC.PP. San Pedrito.

Los suelos con capacidad portante media son los pertenecientes a las zonas geotécnicas: II del CC.PP. Huambacho El Arenal, II y III del CC.PP. Huambacho La Huaca, II del CC.PP. Los Chimus, I y II del CC.PP. La Capilla y II del CC.PP. Samanco.

Los suelos con baja capacidad portante son los pertenecientes a las zonas geotécnicas: I del CC.PP. Los Chimus y I del CC.PP. Samanco.

- El distrito de Samanco se ubica en la zona 4 de la zonificación sísmica del Perú dispuesta en el Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.030 – Diseño Sismorresistente. Le corresponde un factor de zona de 0.45 g, siendo este la aceleración máxima horizontal en un suelo rígido con una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años.
- Este trabajo de investigación reúne las características físicas y mecánicas de los suelos de asentamiento urbano del distrito de Samanco, esto serviría como un antecedente teórico para el desarrollo de un plan urbano en el distrito y como guía general sobre el conocimiento del suelo estudiado.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la construcción de viviendas convencionales hasta de 2 niveles en las zonas geotécnicas con capacidad portante baja. En las zonas con capacidad portante media se recomienda la construcción de viviendas hasta de 3 niveles. Y en las zonas con capacidad portante alta se recomienda la construcción de viviendas hasta más de 3 niveles.
- Se recomienda realizar estudios de consolidación en los suelos de asentamiento urbano de las zonas geotécnicas: I del CC.PP. Huambacho El Arenal, I del CC.PP. Huambacho La Huaca, ya que en estas zonas los limos arenosos y limos respectivamente, se encuentran cerca de la superficie y tienen un espesor considerable.
- Para las zonas geotécnicas: I del CC.PP. Los Chimus y I del CC.PP. Samanco donde cerca a la cimentación existe un nivel freático elevado, se recomienda realizar un estrato mejorado de piedra over compactado conformado por gravas de 2” hasta 4”, angulosas que permitan la circulación del agua subterránea y que impidan que estas asciendan por capilaridad.
- Las zonas geotécnicas: I del CC.PP. Los Chimus y I del CC.PP. Samanco, son potencialmente licuables y de baja capacidad portante y de un elevado nivel freático. Por esto, se recomienda que las viviendas asentadas en estas zonas sean cimentadas por medio de cimientos corridos, plateas de cimentación. Sin embargo en la zona I del CC.PP. Los Chimus la presencia de nivel freático tan elevado y las características antes descritas, convierten a esta zona en un área riesgo para el asentamiento urbano, recomendándose no cimentar en ella.

- Para las zonas geotécnicas con cercanía al mar al estar expuestas a la presencia de sulfatos, se recomienda para la construcción de las cimentaciones usar cementos tipos: II, IP (MS), IS (MS), P (MS), I (PM), (MS). Según lo establecido en la Norma E.60 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones.

CAPÍTULO VI

**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS Y
VIRTUALES**

6.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

- Aguilar Llenque Carlos A. y Delgado Rojas Solver. (2015). *Zonificación del suelo subyacente para el diseño de cimentación de los sectores: Miraflores, San Isidro, San Borja y Centro Poblado Torres Belón, del Distrito de Pomalca-Chiclayo-Lambayeque (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque-Perú.
- Alva, J. (2012). *Diseño de Cimentaciones*. Lima, Perú: Editorial Eduni.
- Atala, C. (2011). *Estudio experimental sobre correlaciones en suelos granulares finos (arenas) compactados, usando equipos de penetración*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Perú.
- Braja, M. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. D.F., México: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Botía Díaz Wilmar Á. (2015). *Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo (tesis de pregrado)*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C-Colombia.
- Castañeda Santa Cruz Luis R. (2014). *Capacidad Portante de los suelos de fundación de la Universidad Nacional de Cajamarca, en la zona suroeste y sureste utilizando el método penetración dinámica ligera (DPL) en comparación con el método por corte directo (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú.
- Castillo Castillo María F. (2017). *Estudio de Zonificación en base a la determinación de la capacidad portante del suelo en las cimentaciones de las viviendas del casco urbano de la parroquia la Matriz del Cantón Patate Provincia de Tungurahua (proyecto técnico)*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador.

- Carranza Morales Ingrid F. y Ponce Torres Adriana F. (2017). *Estudio de Zonificación Geotécnica en el sector II del Centro Poblado El Milagro para el diseño de cimentaciones superficiales (tesis de pregrado)*. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo-Perú.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Ciudad de México, México: Limusa.
- Cotrina Velázquez José W. (2016). *Zonificación Geotécnica de los suelos de fundación, mediante el ensayo de corte directo y DPL en la urbanización los Girasoles-Jaen-2016 (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú.
- Diez Alvarado Milagros y Navarro Vargas Jack. (2008). *Estudio Geotécnico con fines de Cimentación y Pavimentación en zonas de expansión urbana en Lurín (tesis de pregrado)*. Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú.
- Escriba Sulca Jesús J. (2016). *Cimentaciones Superficiales apoyadas en suelos arenosos con aplicación en el Asentamiento Humano Cocalla- Lomo de Corvina-Villa el Salvador*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.
- MTC. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima, Perú: MTC.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2018). *Diseño Sismorresistente, Norma E – 030*. Perú: Editorial Grupo Universitario S.A.C.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2018). *Suelos y Cimentaciones, Norma E – 050*. Perú: Editorial Grupo Universitario S.A.C.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2018). *Concreto Armado, Norma E – 060*. Perú: Editorial Grupo Universitario S.A.C.

- Vásquez Vásquez Óscar E. (2014). *Evaluación Geotécnica de los suelos de fundación en la zona urbana del Centro Poblado San Miguel de las Naranjas-Jaén (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Perú.
- Agapito Sánchez, Oscar Molina y Ronald Gutiérrez (1995). *Geología de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras*. INGEMMET, Lima-Perú.

CAPÍTULO VII

ANEXOS