



# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

## UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

### CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**“DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS  
TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO  
SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-  
MECÁNICAS DEL SUBSUELO.”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:** Xavier Esteban Delgado Reivan – Darwin Ronaldo Rivera Salinas

**DIRECTOR:** Ing. Civ. Luis Mario Almache Sánchez, M.Sc.


**CUENCA - ECUADOR**

**2020**

*Yo me gradué en  
los 50 años de La Cato!  
... y sostuve la Universidad*

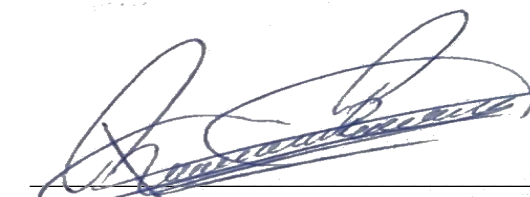
## DECLARACIÓN

Nosotros, **XAVIER ESTEBAN DELGADO REIVAN** y **RONALDO DARWIN RIVERA SALINAS**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento.



**XAVIER DELGADO REIVAN**

**CI: 0105175053**



**RONALDO RIVERA SALINAS**

**CI: 1900877927**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por **XAVIER ESTEBAN DELGADO REIVAN** y **RONALDO DARWIN RIVERA SALINAS**, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several large, overlapping loops and a central vertical stroke, positioned above a horizontal line.

**ING. CIV. LUIS MARIO ALMACHE SÁNCHEZ, M.Sc.**  
**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi padre Juventino que con su ejemplo, sabiduría y enseñanzas ha hecho de mí una persona de bien, a mi madre Carmen que ha cuidado de mi con todo su amor y paciencia.

A Paola, por su amor y apoyo incondicional y sincero.

A mis hermanas Adriana, Tatiana y Mireya por aconsejarme, cuidarme y ayudarme cuando lo he necesitado.

A mis sobrinas y sobrino por alegrar mis días.

***XAVIER ESTEBAN DELGADO REIVAN***

Esta tesis dedico a mis padres Darwin Rivera y Martha Salinas, demostrando siempre un apoyo incondicional y esfuerzo para poder llegar a cumplir mi objetivo planteado desde mi niñez, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, sacrificio, honradez y perseverancia, de siempre solucionar los obstáculos y no dejarse vencer por ninguna adversidad, todo con la bendición de Dios.

A mis hermanos Marjan y Yeremy por su gran aprecio hacia mi persona, a mis tías Silvia, Gloria, y a mi abuelo Guillermo, por sus consejos, oraciones y palabras de motivación hicieron de mí una persona luchadora que cumple los objetivos propuestos.

***RONALDO DARWIN RIVERA SALINAS***

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento sincero a los docentes de la Universidad Católica de Cuenca por los conocimientos brindados a lo largo de mi vida universitaria, de manera especial al Ing. Luis Mario Almache por su ayuda y asesoramiento en el presente trabajo.

A mis padres por su amor, apoyo y confianza incondicional.

Finalmente, a mis compañeros y amigos de manera especial a Ronaldo.

***XAVIER ESTEBAN DELGADO REIVAN***

Un paso importante que he dado en la vida es gracias principalmente a Dios quien ha permitido culminar el presente trabajo gracias a sus bendiciones, a mis Padres por apoyarme en todo momento, por ser una guía en mi formación profesional dando su ejemplo de lucha y trabajo por cumplir los objetivos planteados, y a mi tutor y compañero de tesis por su aporte importante, sus conocimientos y su motivación para la culminación del presente trabajo.

***RONALDO DARWIN RIVERA SALINAS***

## RESUMEN

La parroquia El Valle se caracteriza por estar asentada sobre suelos de muy mala calidad para la construcción, gran parte de su territorio está conformado por la Formación Loyola, famosa en el medio por presentar características mecánicas de los suelos muy poco recomendadas para la construcción, si no se realiza un estudio geotécnico y estructural adecuado.

El presente trabajo, analiza y determina los parámetros físicos, mecánicos y elásticos del subsuelo, en el barrio Emilio Sarmiento, perteneciente a la parroquia El Valle, mediante una exploración geotécnica (calicatas y SPT) y geofísica (sísmica); identificando que el tipo de suelo predominante son las arcillas de alta plasticidad (CH), de consistencia media y con potencial de expansión medio. A más de esto es notoria la presencia de nivel freático a poca profundidad (1-3m) y el tipo de suelo sísmico de acuerdo a la clasificación de la (NEC, 2015), corresponde a un suelo tipo D. La capacidad de carga de los suelos analizadas oscila entre los 0,50-2,80kg/cm<sup>2</sup>; coeficiente de Poisson e índices de compresibilidad altos, que aumentan el riesgo de asentamientos en las edificaciones.

En base a las características del subsuelo descritas anteriormente y detalladas a profundidad en el documento, es sumamente necesario presentar un diseño de cimentaciones que brinden seguridad y confianza a los propietarios. El diseño de las cimentaciones para viviendas típicas de la zona, de máximo tres niveles, se realiza aplicando el método de los Estados Límites, dimensionando y comprobando que las cimentaciones cumplan los criterios necesarios tanto para estado límite de falla, como para estado límite de servicio, dependiendo este último de si la edificación a construir será adosada o aislada.

**Palabras clave:** ESTADOS LÍMITES, NIVEL FREÁTICO, CIMENTACIONES, CAPACIDAD DE CARGA.

## ABSTRACT

The parish of El Valle is distinguished by being over soils not suited for constructions, a large part of its territory is comprised of the Loyola formation famous by having mechanical soils characteristics not recommended for construction if an adequate geotechnical and structural study is performed.

This work analyzes and determines the physical parameters, mechanical and elastic of the soil in the Emilio Sarmiento neighborhood of the El Valle parish, through a geotechnical exploration (test pit and SPT) and geophysics (seismic); identifying that the type of predominant soil is the high plasticity clay ones (CH), with medium consistency and medium expansion power. Additionally, it is noticeable the presence of phreatic level at shallow depth (1-3m) and the type is seismic soil according to the classification of the NEC, 2015, corresponding to a D-type soil. The analyzed soil load capacity ranges 0,50-2,80kg/cm<sup>2</sup>; high Poisson coefficient and compressibility rates that increase the construction settlements.

Based on the aforementioned characteristics of the underground and detailed in this document, it is extremely important to present a foundation design that provides a sense of security and trust to landowners. The foundation design for the typical houses of the vicinity, of three floors maximum, is conducted through the Limit State Design sizing and verifying that the foundations meet the needed criteria for both the limit state of failure and the limit state of service, this last one depending on whether the construction will be terraced or isolated.

**KEYWORDS: LIMIT STATES, PHREATIC LEVEL, FOUNDATIONS, LOAD CAPACITY.**

## INDICE DE CONTENIDO

<b>DECLARACIÓN .....</b>	<b>II</b>
<b>CERTIFICACIÓN.....</b>	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>XVII</b>
<b>1 CAPITULO 1: GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción. – .....	1
1.2 Formulación del problema. – .....	2
1.3 Justificación. – .....	3
1.4 Objetivos. – .....	4
1.4.1 General. – .....	4
1.4.2 Específicos. – .....	4
1.5 Ubicación del área de estudio. – .....	5
1.6 Marco Teórico:.....	7
1.6.1 Geomorfología. – .....	8
1.6.2 Geología. – .....	8
1.6.3 Nivel Freático. – .....	9
1.6.4 Depósitos. – .....	9

1.6.5	Mecánica de suelos. – .....	12
1.6.6	Descripción y clasificación de los suelos (Método SUCS). –.....	12
1.6.7	Ensayo de compresión Triaxial. –.....	15
1.6.8	Capacidad de carga. – .....	16
1.6.9	Consolidación unidimensional del suelo. –.....	17
1.6.10	Asentamientos en cimentaciones. –.....	18
1.6.11	Cimentaciones. –.....	19
1.6.12	Tipos de cimentaciones. –.....	20
1.6.13	Métodos de diseño de Cimentaciones. –.....	20
1.6.14	Socialización con la Comunidad. – .....	21
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO 2: RECOPILOCIÓN DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>23</b>
2.1	Geomorfología regional. –.....	24
2.1.1	Áreas de erosión glacial. – .....	25
2.1.2	Áreas de acumulación glacial y fluvio glacial. – .....	25
2.1.3	Áreas de terrazas. – .....	25
2.1.4	Áreas de depósitos coluviales y derrumbes .....	26
2.2	Geología Regional. – .....	26
2.3	Caracterización geológica – geotécnica. –.....	28
2.4	Geología Local. –.....	29
2.5	Depósitos. –.....	30
2.5.1	Depósitos Cuaternarios. – .....	30
2.6	Formaciones Geológicas. –.....	33
2.6.1	Formaciones y Unidades del Terciario. – .....	33

2.7	Mapa de pendientes en la zona de estudio. – .....	38
2.8	Estado actual de las viviendas en la zona de estudio. – .....	39
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO III: ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO .....</b>	<b>41</b>
3.1	Tipos de muestras. ....	41
3.1.1	Muestreo: .....	41
3.2	Ensayos de campo.....	43
3.2.1	Calicatas a cielo abierto. ....	43
3.2.2	Ensayo de Penetración Estándar (SPT).....	55
3.2.3	Ensayo geofísico de exploración sísmica. –.....	62
3.2.4	Mapa de ubicación de las líneas sísmicas del proyecto. – .....	63
3.2.5	Parámetros de adquisición. –.....	64
3.2.6	Equipo de registro y registros. – .....	65
3.3	Ensayos de Laboratorio.....	67
3.3.1	Preparación de las muestras. ....	67
3.3.2	Humedad del suelo.....	68
3.3.3	Granulometría del suelo por tamizado. ....	71
3.3.4	Límites de Atterberg. ....	73
3.4	Ensayo Triaxial UU. ....	76
<b>4</b>	<b>CAPITULO 4. RESULTADOS Y CÁLCULOS.....</b>	<b>78</b>
4.1	Clasificación de los suelos mediante el método SUCS. – .....	78
4.2	Expansividad. –.....	79
4.3	Índice de compresibilidad. –.....	81
4.4	Capacidad portante del suelo. – .....	84

4.4.1	Resistencia al cortante en arcillas saturadas. –.....	86
4.4.2	Resistencia al cortante en arcillas parcialmente saturadas. –.....	88
4.4.3	Capacidad de carga límite de una cimentación para falla por corte general. –	90
4.4.4	Capacidad de carga límite de una cimentación para falla por punzonamiento o corte local. –.....	96
4.4.5	Solución de Skempton. – .....	99
4.4.6	Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel freático. –.	100
4.4.7	Factor de seguridad (FS). –.....	101
4.4.8	Capacidad de carga de las muestras analizadas. – .....	102
4.5	Resultados de las líneas sísmica. – .....	103
4.5.1	Curvas de dispersión obtenidas de las líneas analizadas. –.....	105
4.5.1	Perfiles de velocidades de las líneas analizadas. –.....	106
4.5.2	Respuesta dinámica del terreno. –.....	107
4.5.3	Perfiles de suelo para el diseño sísmico. –.....	113
4.5.4	Propiedades elásticas del subsuelo. –.....	114
4.5.5	Características mecánicas en base a las características sísmicas de los suelos. –	116
4.6	Cargas que se transmiten a la cimentación. – .....	118
4.6.1	Predimensionamiento. –.....	119
4.6.2	Cargas Actuantes. –.....	120
4.6.3	Modelos en Sap2000 y esquema general de las viviendas. –.....	121
4.7	Discusión de resultados. –.....	124
4.7.1	Casos y rangos de análisis. –.....	127
<b>5</b>	<b>CAPITULO V: DISEÑO.....</b>	<b>130</b>

5.1	Estado límite de falla .....	130
5.2	Estado límite de servicio. – .....	131
5.3	Factores que determinan el tipo de cimentación. – .....	132
5.4	Análisis de cargas. – .....	132
5.5	Determinación del tipo de cimentaciones para cada uno de los “casos”. – .....	136
5.6	Procedimiento para el diseño de zapatas. – .....	139
5.6.1	Diseño y revisión por estado límite de falla. – .....	140
5.6.1	Revisión por estado límite de servicio. – .....	151
5.7	Diseño por estado límite de servicio. – .....	154
5.8	Diseño final: cimentación recomendada en el barrio Emilio Sarmiento – .....	154
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>156</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>159</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>161</b>
<b>INDICE DE ANEXOS.....</b>		<b>165</b>
<b>AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b> .....;ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.		

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas del polígono que forma la zona de estudio. ....	6
Tabla 2. Método de clasificación de suelos por S.U.C.S. ....	14
Tabla 3: Superficie abarcada por cada rango de pendientes .....	38
Tabla 4: Estratigrafía Calicata 1 .....	46
Tabla 5: Estratigrafía Calicata 2 .....	47
Tabla 6: Estratigrafía Calicata 3 .....	48
Tabla 7: Estratigrafía Calicata 4 .....	49
Tabla 8: Estratigrafía Calicata 5. ....	50
Tabla 9: Perfil estratigráfico Calicata 6. ....	51
Tabla 10: Perfil estratigráfico Calicata 7. ....	52
Tabla 11: Perfil estratigráfico Calicata 8. ....	53
Tabla 12: Perfil Estratigrafía Calicata 9.....	54
Tabla 13: Perfil estratigráfico del SPT 1.....	57
Tabla 14: Perfil estratigráfico del SPT 2.....	58
Tabla 15: Perfil Estratigráfico del SPT 3 .....	59
Tabla 16: Perfil estratigráfico del SPT 4.....	60
Tabla 17: Perfil estratigráfico del SPT 5.....	61
Tabla 18: Coordenadas UTM de las líneas sísmicas .....	64
Tabla 19: Parámetros de adquisición .....	65
Tabla 20: Humedades naturales de los suelos.....	70
Tabla 21: Porción de muestras de material de acuerdo al diámetro nominal .....	72
Tabla 22: Resultados de los límites líquido, plástico e índice de plasticidad de los suelos.....	76
Tabla 23: Resultados del Ensayo Triaxial UU.....	77
Tabla 24: Clasificación del suelo mediante el método SUCS. ....	79

Tabla 25: Sistema de clasificación de suelos expansivos según O’Neil y Poormoayed .....	80
Tabla 26. Sistema de clasificación de suelos expansivos según Chen .....	80
Tabla 27: Clasificación de expansividad de los suelos estudiados .....	81
Tabla 28: Valores típicos de índice de compresión en arcillas ligeramente pre consolidadas	82
Tabla 29: Valores típicos de índice de compresión en diversos tipos de suelos.....	82
Tabla 30: Índice de compresibilidad de los suelos analizados .....	84
Tabla 31. Correlaciones entre NSPT – $q_{adm}$ - consistencia.....	91
Tabla 32. Valores usuales dependiendo de la consistencia de la arcilla.....	91
Tabla 33. Fórmulas de Terzaghi para capacidad de carga por corte general.....	92
Tabla 34. Factores de capacidad de carga de Terzaghi.....	93
Tabla 35. Factor de corrección por energía, propuesto por Seed et al 1994, Vera X,2014. ....	94
Tabla 36. Factor de corrección por longitud de la barra. ....	94
Tabla 37. Factor de corrección del diámetro de la perforación. ....	94
Tabla 38. Factor de corrección de variación ns (Cs). ....	94
Tabla 39. Numero de golpes corregido $N_{corr}$ .....	95
Tabla 40. Ensayos S.P.T en campo con $N_{corr}$ mayor a 15.....	95
Tabla 41. Numero de golpes corregidos en las muestras extraídas en campo.....	96
Tabla 42. Fórmulas de Terzaghi para capacidad de carga por corte local o punzonamiento ..	97
Tabla 43. Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi.....	98
Tabla 44. Ensayos S.P.T en campo con $N_{corr}$ menores o iguales a 15 .....	99
Tabla 45. Valores propuestos por Skempton para $N_c$ .....	100
Tabla 46. Factores de seguridad indirectos mínimos según la NEC (2015).....	102
Tabla 47. Metodología de cálculo de la capacidad de carga para cada una de las muestras .	102
Tabla 48: Capacidad de carga de los suelos estudiados.....	103
Tabla 49: Perfil de velocidades de cada estrato Línea 1 .....	110

Tabla 50: Perfil de velocidades de cada estrato Línea 2 .....	110
Tabla 51: Perfil de velocidades de cada estrato Línea 3 .....	111
Tabla 52: Perfil de velocidades de cada estrato Línea 4 .....	112
Tabla 53: Perfiles de velocidad por estratos Línea 5 .....	112
Tabla 54: Tipos de suelos definidos por NEHRP según la $V_{s,30}$ .....	113
Tabla 55: Tipo de suelo sísmico para cada línea .....	113
Tabla 56: Parámetros elásticos de varios suelos .....	115
Tabla 57: Valores orientativos del módulo de elasticidad de suelos .....	115
Tabla 58: Parámetros elásticos de los suelos estudiados .....	116
Tabla 59: Valores de cohesión y ángulo de fricción en función de $V_P$ y $V_S$ .....	117
Tabla 60: Peralte mínimo de vigas no pre esforzadas $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ .....	119
Tabla 61: Índice de compresibilidad muestra más superficial de las calicatas .....	126
Tabla 62: Parámetros elásticos líneas sísmicas 2 metros de profundidad .....	126
Tabla 63: Clasificación y límites muestra más superficial de las calicatas .....	127
Tabla 64: Capacidad de carga a 2 metros de profundidad .....	127
Tabla 65: Casos determinados de acuerdo a las características del suelo en la zona .....	128
Tabla 66: Resumen de cargas vivienda de un nivel .....	133
Tabla 67: Resumen de cargas vivienda de dos niveles .....	134
Tabla 68: Resumen de cargas vivienda de tres niveles .....	135
Tabla 69: Tipos de cimentaciones directas y su utilización más usual .....	136
Tabla 70: Cimentación recomendada para cada caso .....	138
Tabla 71: Carga de servicio total, vivienda de un nivel zapatas aisladas .....	142
Tabla 72: Carga de servicio total, vivienda de dos niveles zapatas aisladas .....	142
Tabla 73: Carga de servicio total, vivienda de tres niveles zapatas aisladas .....	142
Tabla 74: Carga de servicio total, vivienda de dos niveles zapatas corrida eje horizontal....	143

Tabla 75: Carga de servicio total, vivienda de tres niveles zapatas corrida eje horizontal....	143
Tabla 76: Carga de servicio total, vivienda de dos niveles zapatas corrida eje vertical .....	143
Tabla 77: Carga de servicio total, vivienda de tres niveles zapatas corrida eje vertical .....	143
Tabla 78: Calculo de área de zapatas aisladas viviendas de un nivel, caso 1 .....	144
Tabla 79: Calculo del ancho de zapata corrida viviendas de dos niveles, caso 1 .....	144
Tabla 80: Calculo de área de zapatas aisladas viviendas de un nivel, caso 1 .....	145
Tabla 81: Calculo de área de zapatas aisladas viviendas de dos niveles, caso 2 .....	145
Tabla 82: Calculo del ancho de zapata corrida viviendas de tres niveles, caso 2.....	146
Tabla 83: Calculo de área de zapatas aisladas viviendas de un nivel, caso 3 .....	146
Tabla 84: Calculo de área de zapatas aisladas viviendas de dos niveles, caso 3 .....	147
Tabla 85: Calculo de área de zapatas aisladas viviendas de tres niveles, caso 3 .....	147
Tabla 86: Resumen general del dimensionamiento de zapatas por estado límite de falla.....	148
Tabla 87: Datos a considerar para el cálculo de asentamientos.....	152
Tabla 88: Resumen general de dimensionamiento de zapatas por estado límite de servicio	154
Tabla 89: Cimentaciones recomendadas para el barrio Emilio Sarmiento .....	155

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa político del cantón Cuenca. ....	5
Figura 2: Ubicación de la zona en estudio .....	7
Figura 3: Fases de los suelos.....	13
Figura 4: Comunidad del barrio Emilio Sarmiento presente en la socialización.....	21
Figura 5: Socialización del proyecto con la comunidad. ....	22
Figura 6: Interpretación de la estratigrafía de la cuenca de Cuenca .....	29
Figura 7: Formaciones geológicas ubicadas en la zona de estudio.....	30
Figura 8: Deslizamientos de Paccha con depósitos coluviales. ....	33
Figura 9: Cortes en areniscos de la Fm. Azogues.....	35
Figura 10: Lutitas y limonitas de la Fm. Loyola.....	37
Figura 11: Mapa de pendientes de la zona de estudio. ....	39
Figura 12: Estado actual de algunas viviendas existentes dentro de la zona de estudio.....	40
Figura 13: Muestras inalteradas, ensayo SPT .....	41
Figura 14: Muestras alteradas, calicatas. ....	42
Figura 15: Calicata a cielo abierto. ....	43
Figura 16. Características visuales del suelo. ....	44
Figura 17: Ubicación de las calicatas dentro del área de estudio .....	45
Figura 18: Equipo ensayo SPT. ....	55
Figura 19: Ubicación de los SPT en la zona de estudio.....	56
Figura 20: Pasos para estimar la velocidad de corte $V_s$ .....	63
Figura 21: Distribución de Líneas Sísmicas en la zona de estudio.....	63
Figura 22: Geometría para una adquisición activa .....	65
Figura 23: Adquisición Línea 1. ....	66
Figura 24: Adquisición Línea 2. ....	66

Figura 25: Adquisición Línea 3. ....	66
Figura 26: Adquisición Línea 4. ....	67
Figura 27: Adquisición Línea 5. ....	67
Figura 28: Orden de los tamices para ensayo de granulometría en suelos finos. ....	72
Figura 29: Fronteras y límites de consistencia. ....	73
Figura 30: Equipo Triaxial. ....	77
Figura 31. Envoltente de falla de una arcilla saturada ....	87
Figura 32. Envoltente de falla con datos reales de una arcilla saturada. ....	87
Figura 33. Envoltente de falla para arcilla parcialmente saturada. ....	88
Figura 34. Envoltente de falla con datos reales de una arcilla parcialmente saturada. ....	89
Figura 35. Zapata continúa en depósito de arcilla. ....	90
Figura 36. Falla por corte general. ....	90
Figura 37. Falla por corte local y punzonamiento. ....	97
Figura 38. Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel freático ....	101
Figura 39: Curva de dispersión. a) línea 1; b) línea 2; c) línea 3; d) línea 4; e) línea 5. ....	106
Figura 40: Perfiles de velocidades línea 1 ....	109
Figura 41: Perfiles de velocidades línea 2 ....	110
Figura 42: Perfiles de velocidades línea 3 ....	111
Figura 43: Perfiles de velocidades línea 4 ....	111
Figura 44: Perfiles de velocidades línea 5 ....	112
Figura 45: Diferenciación entre subestructura y superestructura ....	119
Figura 46: Diagrama de iteración para columnas ....	120
Figura 47: Esquema general de una vivienda familiar. ....	122
Figura 48: Esquema general de la vivienda tipo de un nivel ....	123
Figura 49: Esquema general de una vivienda tipo de dos niveles ....	123

Figura 50: Esquema general de una vivienda tipo de tres niveles .....	124
Figura 51: Mapa de zonificación por “casos” dentro de la zona de estudio. ....	129
Figura 52: Distribución de las cargas en viviendas de un nivel.....	133
Figura 53: Distribución de las cargas en viviendas de dos niveles.....	134
Figura 54: Distribución de las cargas en viviendas de tres niveles.....	135
Figura 55: Tipos de cimentaciones superficiales .....	136
Figura 56: Esquema de zapatas aisladas .....	139
Figura 57: Esquema de zapatas corridas o continuas.....	139
Figura 58: Esquema general de las viviendas tipo.....	141
Figura 59: Esquema general de las zapatas.....	149
Figura 60: Vista 3D, esquema general de las zapatas.....	149
Figura 61: Zapata corrida para edificios aporricados.....	150
Figura 62: Esquema de subdren recomendado .....	151
Figura 63: Isolíneas de asentamiento para zapatas aisladas.....	153
Figura 64: Isolíneas de asentamientos para zapatas corridas.....	153

# 1 CAPITULO 1: GENERALIDADES

## 1.1 Introducción. –

El barrio Emilio Sarmiento perteneciente a la parroquia El Valle, del cantón Cuenca, ha estado experimentando un crecimiento poblacional permanente durante los últimos años, esto ha fomentado un aumento de las construcciones en la zona; bajo este contexto, es necesario conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo que permitirán determinar si es apto o no para la construcción de una edificación, y a su vez proponer una cimentación adecuada para viviendas de uno, dos y de ser posible tres niveles.

El suelo forma parte importante para el diseño de cimentaciones, toda obra de la ingeniería civil debe estar asentado sobre una superficie con propiedades adecuadas, las cuales permiten que las cargas que son transmitidas desde la estructura hacia el suelo sean resistidas correctamente.

El presente trabajo de investigación consiste en diseñar cimentaciones tipo, adecuadas a las características del suelo que se encuentra en la zona de estudio, que permita cumplir con las normativas aplicables vigentes de viviendas, las cuales serán consideradas hasta de tres (3) niveles, para lo cual se realizarán estudios de campo y laboratorio para determinar las características físicas (humedad, granulometría, límites, pesos específicos, etc.) y los parámetros mecánicos de los materiales (cohesión, ángulo de fricción) y propiedades elásticas por medio de resultados del SPT.

Gran parte de las edificaciones ya existentes dentro de la zona de estudio, no cuentan con los permisos de construcciones que exige el municipio local, principalmente porque carecen de un estudio de suelos adecuado y técnico. Esto representa un riesgo tanto para los habitantes de las viviendas como para los vecinos, ya que se pueden presentar daños que generarían pérdidas

económicas e incluso humanas. Esto ha ocasionado que sea de suma importancia contar con un estudio de suelos que permita a los habitantes de la zona construir las cimentaciones de sus viviendas de manera segura, económica y confiable.

Dentro de las 15.4 Ha estudiadas se ha realizado un total de 9 calicatas, 5 ensayos SPT y 300 metros de ensayos de exploración sísmica (MASW). Obteniéndose que el principal tipo de suelo que predomina en la zona son arcillas de alta plasticidad (CH) pertenecientes a la Fm. Loyola. La capacidad de carga de estos suelos son relativamente bajas, de acuerdo a lo determinado oscilan entre los 0,5 y 2,8 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo que es sumamente necesario el diseño y construcción de cimentaciones óptimas, seguras y adecuadas a las características físicas y mecánicas del subsuelo de la zona.

El diseño geotécnico de las cimentaciones se realizó mediante el Método de los Estados Límites, es decir se realiza un dimensionamiento y comprobación tanto para estado límite de falla como para estado límite de servicio, proponiendo, además, el diseño geotécnico de cimentaciones tanto para edificaciones adosadas, como para edificaciones aisladas.

## **1.2 Formulación del problema. –**

Con el propósito de evitar diseños de cimentaciones ineficientes o sobredimensionadas que perjudiquen la seguridad o economía del propietario de la vivienda, se requiere tener estudios detallados al alcance de los habitantes del Barrio Emilio Sarmiento referentes al tipo de subsuelo sobre el que realizarán sus edificaciones. Para lograr diseñar el tipo de cimentación, es fundamental conocer las características físico-mecánicas del suelo.

Debido a que el casco urbano de la ciudad de Cuenca se encuentra saturado y los altos costos que representa poseer un terreno en la ciudad de Cuenca, ha hecho que se emigre hacia las partes rurales o periferias de la ciudad en donde los terrenos son económicos generando nuevas zonas de expansión, en el área rural. Esto ha ocasionado la construcción de viviendas en estas

zonas sin un adecuado diseño ni estudio que en un futuro podría representar un riesgo para sus habitantes. Es por esto la importancia y necesidad de lograr un diseño económico, técnico y confiable de cimentaciones tipo para viviendas, que permita al propietario contar con una vivienda segura y confiable que está en función de las características geológicas y geotécnicas de la zona de estudio.

Por tal motivo se requiere estudios geotécnicos para conocer las características del suelo donde se construirá la cimentación, y así evitar con el tiempo fallas como asentamientos, fisuras, daños estructurales, lo que haría que la vivienda pasará a ser insegura o inhabitable, ocasionando pérdida económica para los propietarios.

### **1.3 Justificación. –**

La ciudad de Cuenca en los últimos años ha crecido demográficamente, lo que ha ocasionado una acelerada urbanización en las zonas rurales principalmente periférica a la ciudad. En la zona analizada se carecen de estudios geotécnicos y geofísicos, esto ocasiona que en un gran número de viviendas ya existentes no cuenten con un diseño óptimo de cimentaciones e incluso no cuenten con permiso de construcción aprobados por el Municipio de Cuenca, recalando que un estudio geotécnico adecuado, no siempre va a garantizar la construcción de la edificación, debido a que hay zonas que por su naturaleza geológica no son aptas para levantar cualquier tipo de edificación. La zona de estudio corresponde a la parroquia El Valle, barrio Emilio Sarmiento, pertenece a una formación geológica que tiene registros y antecedentes de suelos malos e inestables de acuerdo con diferentes estudios como el (Proyecto PRECUPA, 1998) a dicha formación se la conoce como Fm. Loyola y en donde actualmente se puede observar viviendas existentes con problemas estructurales.

Son por dichos motivos que se debe determinar las características físicas y parámetros mecánicos de los suelos presentes en la zona, con la finalidad de calcular la capacidad portante

de los suelos que permita conocer qué tipo de cimentación utilizar y poder realizar un diseño que brinde a los propietarios y usuarios de las viviendas una edificación segura, confiable y económica.

Cabe señalar que los ensayos geofísicos, son un complemento de la geotecnia. En el presente documento, los resultados de la sísmica de refracción, busca determinar la velocidad de onda de corte ( $V_s$ ), del o los suelos de la zona, con el fin de determinar un tipo de suelo sísmico para el diseño estructural, la determinación del tipo de suelo, se correlacionará con los resultados del ensayo SPT, en función del número de golpes corregido.

#### **1.4 Objetivos. –**

##### **1.4.1 General. –**

Proponer cimentaciones superficiales para viviendas tipo de hasta 3 niveles, en el barrio Emilio Sarmiento perteneciente a la parroquia El Valle, en función de las propiedades geomecánicas del subsuelo.

##### **1.4.2 Específicos. –**

- Determinar la formación geológica que pertenece la zona de estudio.
- Socializar información del proyecto con los habitantes del sector.
- Realizar 9 calicatas a cielo abierto de hasta 6m de profundidad.
- Realizar 5 ensayos SPT a percusión hasta 6m o rechazo a la penetración.
- Realizar un análisis geofísico del suelo, aplicando ensayos sísmicos (300m)
- Determinar las características físicas (humedad, granulometría, límites, pesos específicos, etc.) de cada una de las muestras.
- Determinar parámetros mecánicos (cohesión, ángulo de fricción) a partir de los ensayos de laboratorio (corte directo, triaxiales) de cada muestra obtenida.
- Determinar los parámetros elásticos del suelo

- Calcular la capacidad de carga del suelo.
- Calcular los asentamientos primarios y secundarios del suelo.
- Identificar el tipo de cimentación más óptima para la zona de acuerdo a los resultados obtenidos.
- Diseñar la cimentación para viviendas de uno, dos y de ser el caso tres niveles.
- Emitir las conclusiones y recomendaciones respectivas.

### 1.5 Ubicación del área de estudio. –

La zona de estudio está ubicada al Centro-Sur del Ecuador específicamente en la provincia del Azuay, localizada en el Cantón Cuenca, en la parroquia rural de El Valle, cubriendo 15,40 Ha del barrio Emilio Sarmiento. Entre las cotas altitudinales de 2576 msnm en la parte Sur y 2481 msnm en la parte Norte.



**Figura 1: Mapa político del cantón Cuenca.**

*Fuente: Los Autores.*

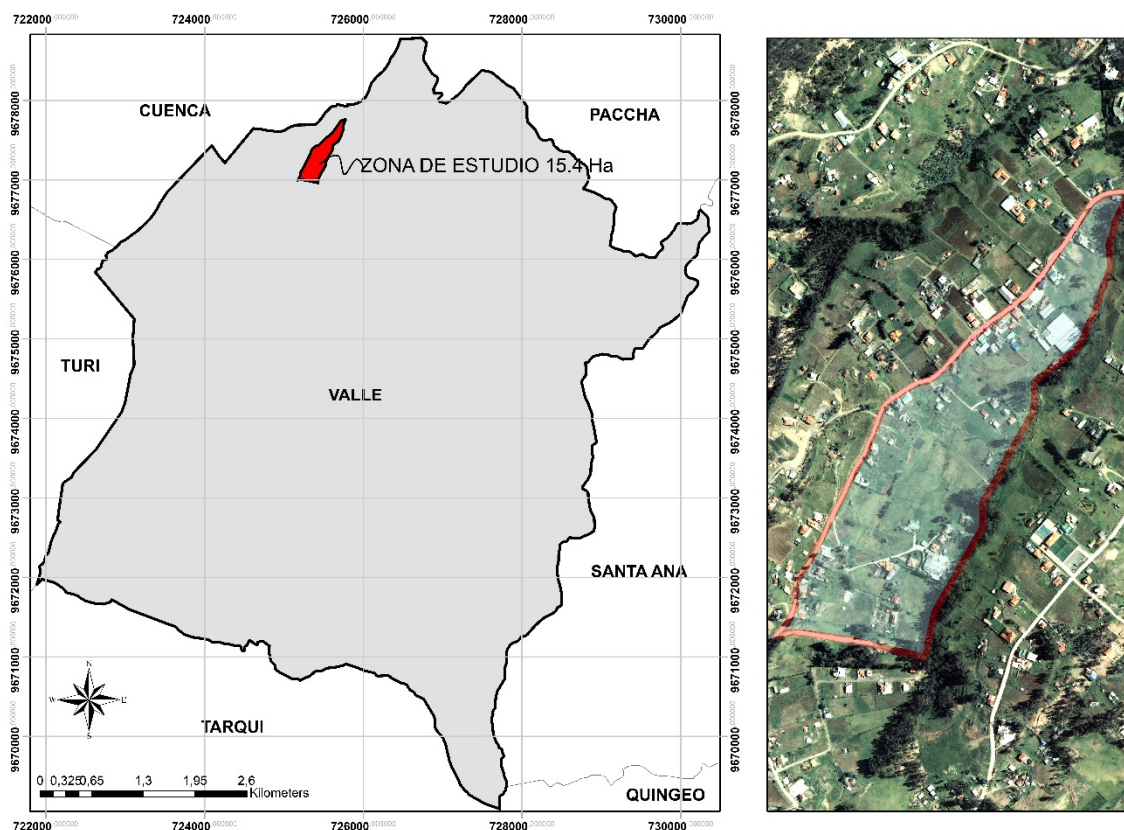
En la figura 1 se puede observar el mapa político del cantón Cuenca resaltando la parroquia a la que pertenece la zona de estudio mientras que en la figura 2 se observa la ubicación de la zona en estudio tanto políticamente, así como mediante una foto satelital.

En la tabla 1. Se puede encontrar las coordenadas del polígono generado en la zona de estudio perteneciente al barrio “Emilio Sarmiento”

**Tabla 1: Coordenadas del polígono que forma la zona de estudio.**

<b>Este</b>	<b>Norte</b>
725775,23	9677754,86
725712,90	9677737,35
725599,42	9677577,46
725537,79	9677531,51
725505,97	9677503,27
725464,48	9677459,06
725434,70	9677433,62
725406,82	9677425,19
725356,34	9677390,37
725214,19	9677101,18
725205,33	9677087,65
725204,59	9677060,29
725204,19	9677045,56
725189,86	9677016,94
725171,78	9676994,38
725199,93	9677002,35
725299,45	9676988,70
725427,11	9676959,41
725443,23	9677036,03
725495,48	9677127,69
725526,64	9677182,37
725527,02	9677226,35
725611,65	9677376,91
725615,10	9677394,18
725615,42	9677431,35
725690,79	9677490,21
725731,60	9677592,02
725746,14	9677631,24
725742,73	9677666,88

*Fuente: Los Autores.*



**Figura 2: Ubicación de la zona en estudio**

*Fuente: Los Autores.*

El polígono que define la zona de estudio se encuentra delimitado por la vía Barrio Emilio Sarmiento, quebrada Emilio Sarmiento y vía S/N. El polígono que corresponde a la zona de estudio se encuentra definido por los siguientes puntos en coordenadas UTM que se presentan en la tabla 1.

### 1.6 Marco Teórico:

En el presente marco teórico se describe los conceptos generales sobre los diferentes tipos de depósitos, geomorfología, geología, nivel freático, mecánica de suelos, clasificación de los suelos (Método SUCS), ensayo de compresión triaxial, capacidad de carga, asentamientos en cimentaciones, tipos de cimentaciones.

### **1.6.1 Geomorfología. –**

La Geomorfología es el estudio de todos los procesos de erosión y sedimentación, por efecto de los diferentes agentes meteóricos, tectónicos, volcánicos, antrópicos, etc. que han actuado y actúan sobre el relieve terrestre, en los últimos dos millones de años, es decir, desde el inicio del Cuaternario, y que afecta hasta los fondos oceánicos (Geomorfología dinámica). También, estudia la estructura terrestre y su origen (Geomorfología estructural). Su estudio permite a la humanidad planificar y ordenar el medio donde habita, respetando el medio ambiente. (Bergoeing, 1998)

### **1.6.2 Geología. –**

Geología del griego *geo*, “Tierra”, y *logos*, “discurso”. Es la ciencia que persigue la comprensión del planeta Tierra. La ciencia de la Geología se ha dividido tradicionalmente en dos amplias áreas: la física y la histórica. La Geología física, sobre la que trata este libro, estudia los materiales que componen la tierra y busca comprender los diferentes procesos que actúan debajo y encima de la superficie terrestre. El objetivo de la Geología histórica es comprender el origen de la Tierra y su evolución a lo largo del tiempo. Por tanto, procurar ordenar cronológicamente los múltiples cambios físicos y biológicos que han ocurrido en el pasado geológico. El estudio de la Geología física precede lógicamente al estudio de la historia de la Tierra, porque, antes de intentar revelar su pasado, debemos comprender primero cómo funciona la Tierra. (Tarbuck & Lutgens, 2005)

La Geología se percibe como una ciencia que se realiza en el exterior, lo cual es correcto. Una gran parte de la Geología se basa en observaciones y experimentos llevados a cabo en el campo. Pero la Geología también se realiza en el laboratorio donde, por ejemplo, el estudio de varios materiales terrestres permite comprender muchos procesos básicos. Con frecuencia, la Geología requiere una comprensión y una aplicación del conocimiento y los principios de la

Física, la Química y la Biología. La Geología es una ciencia que pretende ampliar nuestro conocimiento del mundo natural y del lugar que ocupamos en él. (Tarbuck & Lutgens, 2005)

### **1.6.3 Nivel Freático. –**

El agua que no es retenida como humedad del suelo percola hacia abajo hasta que alcanza una zona donde todos los espacios libres del sedimento y la roca están completamente llenos de agua. Esta es la zona de saturación. El límite superior de esta zona se conoce como el nivel freático. El nivel freático, el límite superior de la zona de saturación, es un elemento muy significativo del sistema de aguas subterráneas, es importante para predecir la productividad de los pozos y explicar los cambios de flujo de las corrientes y los manantiales, justificando las fluctuaciones del nivel de los lagos. La profundidad del nivel freático es muy variable y puede oscilar entre cero, cuando se sitúa en la superficie, y centenares de metros en algunos lugares. Una característica importante del nivel freático es que su configuración varía según las estaciones y de un año a otro, porque la adición de agua al sistema de aguas subterráneas está estrechamente relacionada con la cantidad, la distribución y la frecuencia de las precipitaciones. (Tarbuck & Lutgens, 2005)

### **1.6.4 Depósitos. –**

Los depósitos generados son las formaciones de suelos que son transportados por la acción de diferentes agentes como el agua, hielo, viento y la acción del hombre y su nombre dependerá del agente, lugar y estructura. (Gonzalo Duque Escobar, Carlos Enrique Escobar, 2002)

- **Aluviales. –**

Los depósitos aluviales se derivan de la acción de corrientes y ríos y se pueden dividir en dos categorías principales: 1) *depósitos de corrientes interconectadas* y 2) *depósitos causados por el cinturón meandrónico de corrientes*. (Das & Leon, 2012)

- ***Depósitos de corrientes interconectadas***

Las corrientes interconectadas son corrientes de flujo rápido y con alto gradiente que son muy erosivas y transportan grandes cantidades de sedimento. Debido al alto acarreo de fondo, un cambio menor en la velocidad del flujo ocasionará que se depositen los sedimentos. Mediante este proceso, estas corrientes pueden acumular una maraña compleja de canales convergentes y divergentes separados por bancos e islotes de arena. Los depósitos formados por corrientes interconectadas son muy irregulares en su estratificación y tienen un intervalo amplio de tamaños de granos. (Das & Leon, 2012)

➤ ***Depósitos de cinturones meándricos***

El término meander (serpentear) se deriva de la palabra griega maiandros, por el río Maiandros (actualmente Menderes) en Asia, famoso por su curso sinuoso. Las corrientes maduras en un valle se curvan hacia delante y hacia atrás. Al piso de un valle en el cual un río serpentea se le refiere como cinturón meandrónico. En un río meándrico, el suelo de sus orillas se erosiona continuamente en los puntos donde tiene forma cóncava y se deposita en las orillas donde el banco tiene forma convexa. Estos depósitos se denominan bancos de arena y suelen consistir de arena y partículas de tamaño de limo. En ocasiones, durante el proceso de erosión y depósito, el río abandona un meandro y forma una trayectoria más corta. El meandro abandonado, cuando está lleno de agua, se denomina recodo. Durante las grandes avenidas, los ríos se desbordan inundando zonas de bajo nivel. La arena y las partículas de tamaño de limo transportadas por el río se depositan a lo largo de las orillas formando líneas conocidas como bordos naturales. Las partículas de suelo más finas que consisten de limos y arcillas son arrastradas por el agua más lejos hacia las planicies de inundación. Estas partículas se sedimentan a velocidades diferentes y forman lo que se le refiere como depósitos pantanosos, que a menudo son arcillas altamente plásticas. (Das & Leon, 2012)

- **Coluviales.** –

También conocidos como suelos transportados por la gravedad, son suelos residuales sobre una pendiente natural que pueden moverse hacia abajo. Cuando los suelos se mueven por una pendiente natural muy lentamente, al proceso suele referírsele como cadencia. Cuando el movimiento hacia debajo de un suelo es repentino y rápido, se denomina deslizamiento de tierra. El coluvión es una mezcla heterogénea de suelos fragmentados de rocas que varían de partículas de tamaño de arcillas a rocas con diámetros de un metro o más. Los flujos de lodo son un tipo de suelo transportado por gravedad. (Das & Leon, 2012)

- **Lacustres.** –

El agua de ríos y manantiales fluye hacia los lagos. En regiones áridas, las corrientes transportan grandes cantidades de sólidos en suspensión. En el lugar donde las corrientes desembocan en un lago, las partículas granulares se depositan en el área que forma un delta. Algunas de las partículas más gruesas y las partículas más finas (es decir, limo y arcilla) se depositan en el fondo del lago en capas alternadas de partículas de grano grueso y fino. Los deltas formados en regiones húmedas suelen tener depósitos de suelos de grano más fino en comparación con los de las regiones áridas. (Das & Leon, 2012)

Las arcillas estratificadas son estratos alternados de limo y arcilla limosa con espesores que pocas veces sobrepasan 13 mm. El limo y la arcilla limosa que constituyen los estratos se transportaron hacia los lagos de agua dulce por el agua derretida al final de la Era del Hielo. (Das & Leon, 2012)

- **Glaciares.** –

Durante la Era del Hielo del Pleistoceno, los glaciares cubrieron grandes áreas de la Tierra. Al paso del tiempo los glaciares avanzaron y retrocedieron. Durante su avance, arrastraron grandes cantidades de arena, limo, arcilla y bolos. *Derrubio* es un término general que suele aplicarse a los depósitos sedimentados por los glaciares. Los derrubios se pueden dividir de

manera general en dos categorías principales: a) no estratificados y b) estratificados. (Das & Leon, 2012)

- **Eólicos.** –

El viento también es un agente de transporte importante que conduce a la formación de depósitos de suelos. Cuando grandes áreas de arena se encuentran expuestas, el viento puede soplar la arena y depositarla en otro lugar. Los depósitos de arena soplada adoptan por lo general la forma de dunas. Conforme se forman las dunas, la arena se desplaza de sus crestas por el viento. Más allá de la cresta, las partículas de arena ruedan hacia abajo por la pendiente. El proceso tiende a formar un depósito compacto de arena sobre el lado expuesto al viento y un depósito muy suelto sobre el lado opuesto al viento, de la duna. (Das & Leon, 2012)

#### **1.6.5 Mecánica de suelos.** –

El Dr. Karl Terzaghi definió a la Mecánica de Suelos como “la aplicación de las leyes de la Mecánica y la Hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producto de la desintegración química y mecánica de las rocas.” (Terzaghi, 1925)

Otros autores como Crespo Villalaz (2011) definen a la mecánica de suelos como la parte de la ciencia física que trata de la acción de las fuerzas sobre los cuerpos.

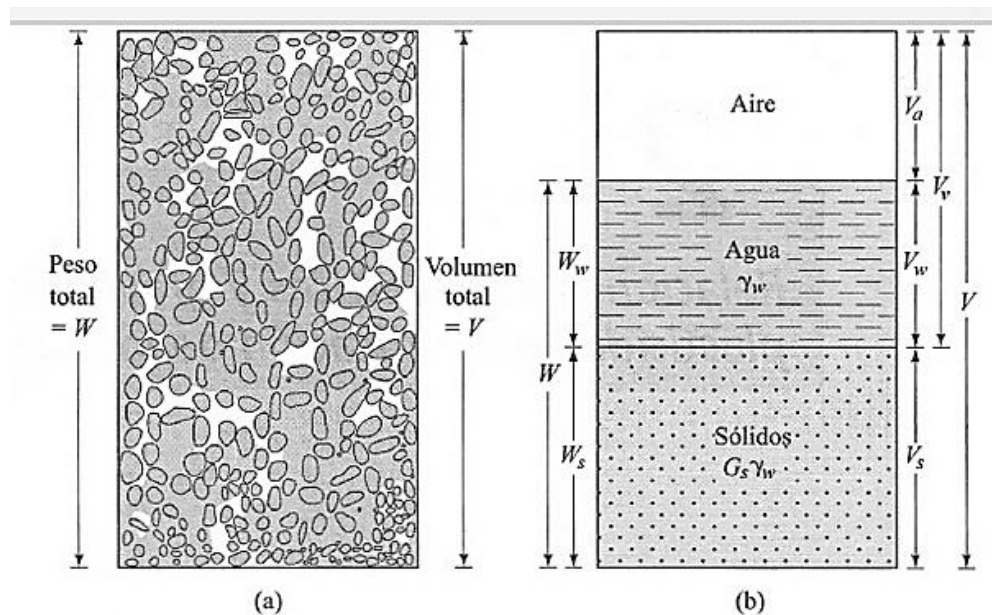
#### **1.6.6 Descripción y clasificación de los suelos (Método SUCS).** –

El término “suelo” se ha definido de diferentes maneras, dependiendo de qué rama provenga su definición ya sea del geólogo, agrónomo o del ingeniero civil. (Crespo Villalaz, 2011)

También se puede definir al suelo como: “una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan.” (Crespo Villalaz, 2011)

También se define al suelo como: “sedimentos no consolidados y depósitos de partículas sólidas derivadas de la desintegración de las rocas.” (Jumikis, 1964)

En la naturaleza en estado natural los suelos son sistemas de tres fases que consisten en partículas de suelo sólidas, agua y aire (o gas). (Das & Leon, 2012). En la figura 3 se observa las diferentes fases (líquida, sólida y gaseosa) que posee un suelo.



**Figura 3: Fases de los suelos.**

*Fuente:* (Das & Leon, 2012)

Debido a la gran variedad de suelos que se presentan en la naturaleza y a los diferentes puntos de vista de los profesionales sobre el suelo, la mecánica de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación de los mismos. Cada uno de estos métodos tiene su campo de aplicación según la necesidad y uso que los haya fundamentado. De acuerdo al tamaño de sus partículas se tienen diversos tipos de clasificaciones como: AASHTO, C.A.A y el Método Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) siendo este último el utilizado en la construcción de cimentaciones.

Tabla 2. Método de clasificación de suelos por S.U.C.S.

IDENTIFICACION DE CAMPO			SIMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO – MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL RETENIDO POR EL TAMIZ # 200	GRAVAS – MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION ES RETENIDA POR EL TAMIZ # 4	GRAVAS LIMPIAS CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	GW GP	GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS GRAVA MAL GRADUADA, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	<p>UTILÍZASE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELO INDICADA EN LA COLUMNA DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO</p> <p>DETERMÍNENSE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA A PARTIR DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA SEGUN EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 200). LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN: # 200) MENOS DEL 5%, GW, GP, SW, SP MENOS DEL 12%, GM, GC, SM, SC CASOS LÍMITES QUE REQUIEREN EL EMPLEO DE SÍMBOLOS DOBLES % AL 12%</p> <p>DETERMINENSE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA A PARTIR DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA SEGUN EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 200). LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN: # 200) MENOS DEL 5%, GW, GP, SW, SP MENOS DEL 12%, GM, GC, SM, SC CASOS LÍMITES QUE REQUIEREN EL EMPLEO DE SÍMBOLOS DOBLES % AL 12%</p>		
		GRAVAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FRACCION FINA NO PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML)	GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO		LIMITES DE ATERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O IP MENOR QUE 4	POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON IP ENTRE 4Y7; CASOS DE LIMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SÍMBOLOS DOBLES
		FINOS PLASTICOS (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL)	GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA	LIMITES DE ATERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O IP MAYOR QUE 7			
		ARENAS LIMPIAS CON POCOS FINOS O SIN ELLOS	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	SW SP	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS		$\frac{77.5 - 0.750(71.0 - 0)}{77.5 - 73.0} = \frac{77.5 - 52.75}{4.5} = 5.5$ <p>ENTRE 1 Y 3</p>	NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW
	ARENAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FINOS NO PLASTICOS (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML)	SM	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS	LIMITES DE ATERBERG POR DEBAJO DE LA LINEA "A" O IP MENOR QUE 4		POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON IP ENTRE 4Y7; CASOS DE LIMITES QUE REQUIEREN EL USO DE SÍMBOLOS DOBLES	
	FINOS PLASTICOS (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO CL)	SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE ARENAS O ARCILLAS	LIMITES DE ATERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O IP MAYOR QUE 7				
	SUELOS DE GRANO FINO – MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TALLZ # 200	MÉTODOS DE IDENTIFICACION PARA LA FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 40						
		LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DISREGACION)	DILATANCIA (REACCION A LA AGITACION)	TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LIMITE PLASTICO)			
			NULA A LIGERA	RAPIDA A LENTA	NULA		ML	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINA LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICIDAD
			MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	MEDIA		CL	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MA GRAS
		LIGERA A MEDIA	LENTA	LIGERA	OL		LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD	
		LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE MAYOR DE 50	LIGERA A MEDIA	LENTA A NULA	LIGERA A MEDIA		MH	LIMOS INORGANICOS, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS MICACEOS O CON DIATOMEAS, LIMOS ELASTICOS
ALTA MUY ALTA			NULA	ALTA	CH	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD ELEVADA, ARCILLAS GRASAS		
MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA		LIGERA A MEDIA	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA			
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	FACILMENTE IDENTIFICABLES POR SU COLOR, OLO, SENSACION ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA			Pt	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS			



Fuente: Presentada por Crespo C (2011), modificada por Guerrero C. (2015)

Este método clasifica a los suelos dividiéndolos en grupos y subgrupos con base en propiedades ingenieriles comunes como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico. (Das & Leon, 2012). En la tabla 2 Presentada por Crespo C. (2011), modificada por Guerrero C. (2015) presenta la clasificación del sistema unificado.

#### **1.6.7 Ensayo de compresión Triaxial. –**

La prueba de ensayo triaxial es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al cortante. En un ensayo triaxial, un espécimen cilíndrico de suelo es revestido con una membrana de látex dentro de una cámara a presión. La parte superior e inferior de la muestra tiene discos porosos, los cuales se conectan al sistema de drenaje para saturar o drenar el espécimen. En estas pruebas se pueden variar las presiones actuantes en tres direcciones ortogonales sobre el espécimen de suelo, efectuando mediciones sobre sus características mecánicas en forma completa. Los especímenes usualmente están sujetos a presiones laterales de un líquido, generalmente agua. El agua de la cámara puede adquirir cualquier presión deseada por la acción de un compresor comunicado con ella. La carga axial se transmite al espécimen por medio de un vástago que atraviesa la parte superior de la cámara. (Salas, 2011)

La presión que se ejerce con el agua que llena la cámara es hidrostática y produce, por lo tanto, esfuerzos principales sobre el espécimen, iguales en todas las direcciones, tanto lateral como axialmente. En las bases del espécimen actuará además de la presión del agua, el efecto transmitido por el vástago de la cámara desde el exterior. Es usual llamar  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  a los esfuerzos principales mayor, intermedio y mínimo, respectivamente. En una prueba de compresión, la presión axial siempre es el esfuerzo principal mayor,  $\sigma_1$ ; los esfuerzos intermedios y menor son iguales ( $\sigma_2 = \sigma_3$ ) y son iguales a la presión lateral. (Salas, 2011)

- **Prueba rápida – Prueba sin consolidación y sin drenaje (UU)**

En este tipo de prueba no se permite en ninguna etapa la consolidación de la muestra. La válvula de comunicación entre el espécimen y la bureta permanece siempre cerrada impidiendo el drenaje. En primer lugar, se aplica al espécimen una presión hidrostática y de inmediato, se falla el suelo con la aplicación rápida de la carga axial. Los esfuerzos efectivos en esta prueba no se conocen bien. El ensayo UU es usualmente llevado a cabo sobre especímenes de arcilla, enmarcando la realización del ensayo dentro del concepto de resistencia para suelos cohesivos saturados, en donde se expresan los resultados en términos de esfuerzos totales. La envolvente de falla para los criterios de Mohr del esfuerzo total se convierte en una línea horizontal, con una condición de  $\phi = 0^\circ$  (ángulo de fricción) y  $\tau_f = C_u$ , siendo  $C_u$  la resistencia al cortante no drenada, la cual es igual al radio de los círculos de Mohr. (Salas, 2011)

#### **1.6.8 Capacidad de carga. –**

Considere una cimentación corrida con un ancho  $B$  que se apoya sobre la superficie de una arena densa o suelo cohesivo rígido. Ahora, si se aplica una carga gradualmente a la cimentación, el asentamiento se incrementará. La variación de la carga por área unitaria ( $q$ ) sobre la cimentación con su respectivo asentamiento. En cierto punto, cuando la carga por área unitaria es igual a  $q_u$ , ocurrirá una falla repentina en el suelo que soporta la cimentación y la superficie de falla en el suelo se extenderá hasta la superficie del terreno. A esta carga por área unitaria,  $q_u$ , suele referirsele como *capacidad de carga última de la cimentación*. Cuando este tipo de falla repentina ocurre en el suelo, se denomina *falla general por corte*. (Das & Leon, 2012)

La capacidad de carga última **qu** representa al esfuerzo total que puede ser aplicado a nivel de la cimentación para alcanzar la condición de falla del sistema suelo-cimentación. (NEC-SE-CG, 2015)

### **1.6.9 Consolidación unidimensional del suelo. –**

La “Consolidación” es el proceso por medio del cual el suelo es sometido a un sobre-carga (carga externa) que disminuye el volumen de los suelos finos cohesivos y ocurre en un tiempo largo, disminuyendo la relación de vacíos y aumentando el esfuerzo efectivo y la “Compactación” es el proceso por medio del cual las partículas se acomodan o reajustan con la disminución del volumen y la expulsión de aire al aplicar cargas transitorias en un tiempo corto. (Andino, 2015)

Cuando un depósito saturado es sometido a un incremento de esfuerzos totales, como consecuencia de las cargas externas que se aplican a la masa del suelo, se produce un exceso de presión intersticial, debido a que el agua no tiene resistencia al corte, por ende, se disipa al exterior mediante un flujo de agua, en cambio cuando el depósito se encuentra parcialmente saturado es más complejo debido a la presencia de gas que puede permitir cierta compresión, sin que se produzca un flujo de agua. (Andino, 2015)

La consolidación se aplica a todos los suelos, sin embargo hay que considerar un factor importante como la permeabilidad, en el caso de suelos granulares la permeabilidad es alta por tal motivo se disipa el exceso de presión intersticial de manera rápida, y al aplicar la carga el asentamiento general se dará de forma inmediata, mientras que en suelos de baja permeabilidad como lo son suelos finos arcillosos, aquí el flujo es lento y su disipación del exceso de presión es muy lenta, teniendo como consecuencia que el suelo continua deformándose al transcurrir varios años después de que la estructura u obra haya transmitido la carga al suelo. Posterior existe otro fenómeno en el cual el suelo continúa deformándose o comprimiéndose, debido a un ajuste en la estructura del suelo conocido como consolidación secundaria, las cuales dependerán de las características elasto-plásticas y del comportamiento viscoso del suelo del material, por eso la importancia de estudiar los asentamientos en suelos finos cohesivos. (Andino, 2015)

### **1.6.10 Asentamientos en cimentaciones. –**

El asentamiento total en cimentaciones a ser calculado, será el resultado de la suma de los:  
(NEC-SE-CG, 2015)

- Asentamientos inmediatos.
  - Asentamientos por consolidación (primaria y secundaria)
  - Asentamientos inducidos por sismos.
- **Asentamientos inmediatos:**

Para el cálculo de este tipo de asentamientos se utiliza la teoría elástica. Para el cálculo de los parámetros geo mecánicos necesarios pueden utilizarse parámetros de deformación a partir de correlaciones de los ensayos de penetración estándar (SPT).

Para arcillas se puede estimar el Modulo de deformación no drenado en función de correlaciones con la resistencia al esfuerzo cortante no drenado, obtenido con ensayos de veleta de campo o laboratorio y ensayos de compresión simple o triaxiales UU, en muestras inalteradas obtenidas con muestreadores de tubo shelby. (NEC-SE-CG, 2015)

- **Asentamientos por consolidación. –**

Se calcula de acuerdo con la teoría de consolidación. Según esta teoría al aplicar una carga sobre un suelo saturado cohesivo, la deformación que experimenta, se produce por el cambio de volumen en el material debido a la expulsión del agua que se encuentra en la zona de vacíos del suelo (deformación primaria). Se deberá calcular así mismo el asentamiento por consolidación secundaria, el cual se presenta en suelos cohesivos saturados como resultado del acomodo plástico de la estructura del suelo. (NEC-SE-CG, 2015)

- ***Asentamiento por consolidación primaria:*** en este tipo de asentamiento existe un cambio de volumen en la masa del suelo, debido a la expulsión del agua que ocupa los espacios vacíos, correspondiente a una deformación unidimensional. (Andino, 2015)
- ***Asentamiento por consolidación secundaria:*** este tipo de asentamiento es el ajuste plástico de la estructura del suelo, se da cuando haya culminado el asentamiento por consolidación primaria, transmitiendo toda la carga hacia la estructura del suelo. (Andino, 2015)

Para suelos finos de baja permeabilidad el asentamiento por consolidación toma importancia, debido a que puede tomar una gran cantidad de tiempo y una magnitud considerable, en suelos orgánicos y suelos inorgánicos altamente compresibles la consolidación secundaria es de mayor importancia. (Andino, 2015)

- **Asentamiento por sismo. –**

Los asentamientos por causa de carga sísmica podrán ser estimados mediante procedimientos semi-empíricos o empíricos, por medio de modelos numéricos aplicando la técnica de elementos finitos o diferencias finitas, aplicando modelos constitutivos de suelos que consideren el desarrollo de la presión de poro y degradación cíclica de la rigidez. (NEC-SE-CG, 2015)

### **1.6.11 Cimentaciones. –**

La cimentación es aquella parte de la estructura, generalmente enterrada, que transmite al terreno su propio peso y las cargas recibidas, de modo que la estructura que soporta sea estable, la presión transmitida sea menor a la admisible y los asentamientos se encuentren limitados. La cimentación debe resistir las cargas y sujetar la estructura frente a acciones horizontales como el viento y el sismo, conservando su integridad. La interacción entre el suelo y la

estructura depende de la naturaleza del propio suelo, de la forma y del tamaño de la cimentación y de la flexibilidad de la estructura. (Yepes Piqueras, 2016)

#### **1.6.12 Tipos de cimentaciones. –**

Existen varios tipos de cimentación, así como, diferentes técnicas y procedimientos de construcción, influenciados por diversos factores como económicos, calidad de los suelos y la importancia de la edificación. Todas las estructuras de obras civiles (puentes, edificios, muros, etc), deben cimentarse o asentarse sobre el suelo; una cimentación adecuada hará que la estructura se comporte de una forma satisfactoria.

Las cimentaciones pueden clasificarse en tres grandes grupos: cimentaciones superficiales, cimentaciones profundas y cimentaciones especiales (Cabrera Palacios, 2010). Para el presente trabajo se tomarán en cuenta únicamente las cimentaciones superficiales.

- **Cimentaciones superficiales. –**

Son las más utilizadas, especialmente en edificación, pues presentan un menor coste por carga soportada y una mayor facilidad de ejecución. Los esfuerzos se transmiten a través de su base de contacto y origina en el terreno unas distribuciones que se consideran normalmente planas. Las cimentaciones superficiales pueden ser zapatas (aislada, combinada, continua bajo pilares, continua bajo muro, arriostrada o atada), emparrillado de cimentación y losas de cimentación. (Yepes Piqueras, 2016)

#### **1.6.13 Métodos de diseño de Cimentaciones. –**

Para el diseño de las cimentaciones, se han generalizado a lo largo del tiempo en la geotecnia, tres métodos para el diseño geotécnico y estructural de cimentaciones superficiales, estas son: Método de las Presión Admisible, Método del Factor de Seguridad Global y el Método de los Estados Limites, los mismos que se implementaron de manera cronológica a como se los expuso anteriormente.

#### 1.6.14 Socialización con la Comunidad. –

Uno de los objetivos planteados en el presente trabajo, es la socialización con la comunidad del sector, como parte fundamental para la realización de los estudios y ensayos que se realiza en campo, debido a la invasión que se realizará a los terrenos de cada propietario donde se desea realizar el ensayo SPT, Calicatas a cielo abierto y ensayos sísmicos, dando a conocer las actividades a realizar, tiempos estimados, beneficio para el sector, entre otros. Para la realización de la socialización se tomó en consideración lo siguiente:

- Comunicar de manera oportuna al presidente del GAD Parroquial; comunicar el objetivo del presente trabajo al Presidente del Barrio; exponer el tema, las actividades a realizar, tiempos de ejecución estimados a la comunidad Barrio “Emilio Sarmiento” durante una sesión; de acuerdo al mapa de ubicación de los diferentes puntos de los ensayos a realizar en campo, se dispondrá a verificar los dueños de los predios para solicitar autorización de ingreso a los terrenos.

En las figuras 4 y 5 se presenta la sesión realizada, comunicada por el presidente del barrio “Emilio Sarmiento” para posterior dar a conocer a la comunidad los objetivos del presente trabajo con la finalidad de contar con su aprobación para el ingreso a sus predios.



**Figura 4: Comunidad del barrio Emilio Sarmiento presente en la socialización.**

*Fuente: Los Autores.*



**Figura 5: Socialización del proyecto con la comunidad.**  
*Fuente: Los Autores.*

## 2 CAPÍTULO 2: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

El Ecuador por su situación geográfica y geológica está expuesto a fenómenos naturales que con el paso de los años se vuelven destructivas debidas principalmente a la falta de consideración de los “riesgos naturales” en las actividades de desarrollo, planificación y utilización del territorio, respetando la naturaleza y sus fenómenos. La Cordillera Oriental de los Andes ecuatorianos presenta las rocas más antiguas conocidas, la costa y la zona occidental, las formaciones sedimentarias más modernas y la región interandina, con la Cordillera Occidental, una mezcla complicada de rocas plutónicas y volcánicas. Esto se establece de una manera general, sin que una zona excluya del todo las formaciones de las otras. (Wolf, 1892)

De las formaciones geológicas conocidas como estratificadas, en el Ecuador se pueden encontrar las siguientes: formación de gneis y esquistos cristalinas (*periodo arcaico*); formación cretácea (*periodo mesozoico*); formación terciaria (*periodo cenozoico*); formación cuaternario o diluvial y la formación aluvial o moderna (*periodo moderno*). (Wolf, 1892)

La provincia del Azuay tiene las siguientes características geológicas:

- Se pueden encontrar todas las formaciones geológicas desde el periodo arcaico hasta el periodo moderno.
- Las formaciones más extendidas corresponden a los últimos años del Terciario y a todo el cuaternario.
- Desde el punto de vista histórico el volcanismo ha desaparecido, sin embargo, existen formaciones frágiles e incompetentes que favorecen la inestabilidad en algunas zonas.
- En todo el Austro ecuatoriano se puede seguir de fácilmente la historia de las glaciaciones, ya que sus huellas son recientes y claras.

Los apartados del 2.1 al 2.6 han sido tomados en su totalidad del Informe Final del Proyecto PRECUPA, CSS (Cooperación Ecuador – Suiza), (1998) (Proyecto PRECUPA, 1998); con algunas modificaciones tomadas de (Vélez Dávila, 2012).

## **2.1 Geomorfología regional. –**

“La cuenca de Cuenca es una de las cuencas terciarias de la zona austral del Ecuador, compuesta por formaciones sedimentarias micénicas. Se distinguen en esta región las siguientes áreas con características morfológicas definidas:” (Vélez Dávila, 2012)

- De erosión glacial.
- De acumulación glacial y fluvio – glacial.
- De terrazas.
- De actividad de aguas de escorrentía y barrancos.
- De depósitos coluviales y derrumbes.

“En la parte sur del Cantón Cuenca predominan grandes planicies entre los ríos centrales de la ciudad el Tomebamba y Yanuncay, dentro de los cuales se encuentran las terrazas glaciáricas y hacia sur los depósitos aluviales; más al sur en sectores como Carmen de Guzho, Turi y Gapal se observan grandes pendientes y las formaciones predominantes son la de Mangan y Turi; en la zona de Challuabambaba predominan las formaciones Loyola y Azogues; mientras que en la zona del Valle la formación Loyola. Al centro de la ciudad la morfología cambia drásticamente, con pendientes suaves, encontramos las terrazas glaciáricas y hacia el norte encontramos nuevamente las formaciones Turi, Mangan, Loyola y Azogues.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“En el límite norte del valle de Cuenca se encuentra una planicie conocida como (Pacchamama) q llega hasta 2800 msnm, está conformada por depósitos volcánicos de edad pliocénica-pleistocénica, los que habrían cubierto el valle. Actualmente esta planicie es un

relicto de grandes procesos erosivos y desprendimientos que explican el afloramiento de las formaciones sedimentarias terciarias de la cuenca de Cuenca. Estas formaciones, de acuerdo con su competencia y la ausencia de recubrimiento cuaternario son susceptibles a erosión e inestabilidad. Así la morfología resultante es sinuosidad o con fuertes laderas de erosión.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“Hacia el Este, las serranías que separan a los valles de Cuenca y Gualaceo fueron modeladas por procesos fluviales, no se observan procesos glaciares, encontrándose con alturas que no supera los 3200 msnm lo que no permitió el desarrollo de los mismo.” (Vélez Dávila, 2012)

#### **2.1.1 Áreas de erosión glacial. –**

“Comprende las parroquias de Chiquintad, Sinicay, Sayausi, Oeste de San Joaquin y continua por las laderas derechas del valle del rio Yanuncay hacia el sur. Existen gran cantidad de lagunas y pantanos números.” (Vélez Dávila, 2012)

#### **2.1.2 Áreas de acumulación glacial y fluvio glacial. –**

“Los productos de la erosión fueron transportados por glaciales y torrentes hasta el pie de la cordillera, donde formaron una meseta ondulada. En el área de Sayausi y Buenos Aires, se observa la presencia de bloques erráticos y cantos menores que dan fe de actividad glacial relativamente nueva.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

#### **2.1.3 Áreas de terrazas. –**

Se dividen en dos tipos:

##### **a) Terraza de piro clásticos. –**

“Se encuentra en ambos lados del curso bajo del rio Cuenca, formando las mesetas de Pachamama y la meseta de El Plateado.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

## **b) Terraza Fluviales. –**

“Formados por la acción de los ríos del valle de Cuenca (Tomebamba, Yanuncay, Tarqui y Machangara), sobre los depósitos de edad glacial. Por la edad de estas terrazas tenemos las más altas y más antiguas localizadas al Norte del río Tomebamba y las más bajas y más recientes ubicadas en las cuencas bajas de los ríos antes mencionados.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

### **2.1.4 Áreas de depósitos coluviales y derrumbes**

“Los depósitos coluviales ocupan las laderas y las faldas de los cerros; se tiene una presencia importante y son notables en los sectores de Gapal, Turi y Paccha.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

El presente estudio se localiza principalmente en las áreas de depósitos coluviales y derrumbes y en las formaciones Loyola y Azogues.

## **2.2 Geología Regional. –**

La ciudad de Cuenca, por su origen y formaciones, ha sido objeto de un sin número de estudios geológicos entre los principales el proyecto PRECUPA. El presente punto da una idea y visión rápida sobre la geología de la zona y los datos más relevantes de las últimas investigaciones realizadas por diversos autores.

“A nivel nacional, luego de la colisión y acreción de terrenos exóticos en la margen Pacífica ecuatoriana durante el Cretácico Tardío al Paleógeno (Feininger et al., 1980), tuvo lugar la reorganización de la placa Pacífica y el inicio de la subducción de la placa Nazca debajo del continente sudamericano; al mismo tiempo, en los Andes meridionales del Ecuador, se producía la apertura de varias cuencas sedimentarias continentales, tales como las de Cuenca,

Girón, Nabón, Loja, Malacatos y Zumba (Lebrat et al., 1985a; Lavenu & Noblet, 1989).” (Vélez Dávila, 2012)

“Últimas investigaciones sedimentológicas de la Politécnica de Zürich [Steinmann & Hungerbühler, 1996 y Winkler et al., 1998], han permitido emitir nuevos criterios sobre la cronoestratigrafía de los Andes del Sur de Ecuador, en base a: dataciones de trazas de fisión en circones de cenizas volcánicas inmersas en los depósitos sedimentarios, datos tectónicos y fauna marino-salobre.” Los autores indican que:

- “Luego de un período de intensa actividad volcánica ignimbrítica, desde el Eoceno Tardío (Superior) hasta el Mioceno Temprano (Inferior) se desarrollaron en el Sur del Ecuador varias cuencas clásticas alimentadas desde fuentes metamórficas y volcánicas antiguas y contemporáneas.”

El desarrollo de las cuencas del Mioceno Mediano al Tardío tuvo lugar en dos etapas:

1. “La etapa costanera pacífica (15-9.5 Ma “Millones de años”) durante la cual se formaron cuencas, en régimen de extensión con sentido E-W, en zona de antearco y sistemas deltaicos influenciados por grandes olas y mareas, que evolucionaron a lo largo de la costa pacífica. Las condiciones de lagunas salobres son sustentadas por facies, formación de evaporitas primarias, ostrácodos y otra fauna fósil.”
2. “La etapa intermontana empezó alrededor de 9.5 Ma con un fenómeno de inversión de cuenca debido a procesos compresivos en sentido E-W que deformaron a las series iniciales del relleno de cuencas. Los depósitos más jóvenes sobre yacen discordantemente a los anteriores, pero todavía muestran ligera deformación. Estos depósitos fueron formados en pequeños y distintos ambientes continentales (sedimentos fluviales, aluviales y lacustres), teniendo como fuente de aporte la creciente cordillera occidental.”

“Finalmente las formaciones y deformaciones anteriores son rellenadas por recubrimientos de depósitos volcánicos principalmente eólicos (ca. 6-5 Ma).” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“Dentro de las cuencas terciarias de la zona austral del Ecuador está la cuenca de Cuenca con formaciones sedimentarias miocénicas. Esta cuenca aflora principalmente en el valle de Cuenca y en el valle del río Burgay, presenta una forma elongada N-NE, pudiendo apreciarse los principales rasgos tectónicos y estructurales en esta dirección.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

Para el presente estudio es importante destacar dos formaciones en la cuenca de Cuenca “una de las formaciones más antiguas de la cuenca de Cuenca es la Formación Loyola del Mioceno Medio con sedimentos finos de planicie costera e intrusiones marino salobres y la Formación Azogues del Mioceno Medio Tardío detrítica de ambiente dulce deltaico y aporte piro clástico significativo.

“Steinmann M. & Hungerbühler D., 1996 presentan una interpretación de la estratigrafía de la cuenca de Cuenca”, como se observa en la figura 3.

En este apartado se intenta suministrar una herramienta útil para la identificación y evaluación del comportamiento de terrenos inestables en la región principalmente los que componen el sector de la parroquia de El Valle puntualmente en la zona de estudio indicada anteriormente en la figura 2.

### **2.3 Caracterización geológica – geotécnica. –**

Estudios realizados anteriormente como el proyecto PRECUPA ha “desarrollado la caracterización geológica-geotécnica por formaciones y unidades geológicas, definiendo el comportamiento e inestabilidad del terreno considerando que las formaciones más recientes tienden a ser en forma general las de mayor susceptibilidad a la rotura. Es importante mencionar

que la caracterización geológica-geotécnica se presenta como guía práctica, la clasificación y parámetros físico-mecánicos deben ser considerados como referenciales, cada obra requiere de sus propios estudios específicos. En la figura 3 se expone las diferentes formaciones geológicas que se encuentran dentro de la cuenca de Cuenca.

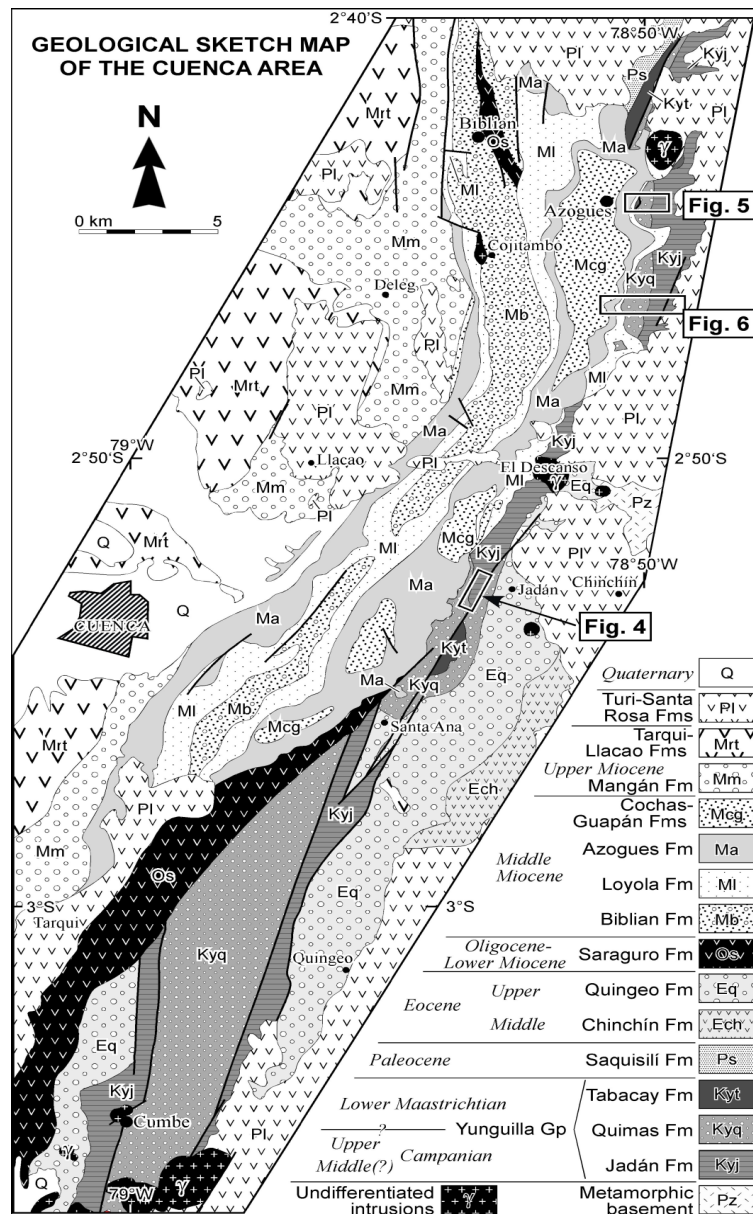


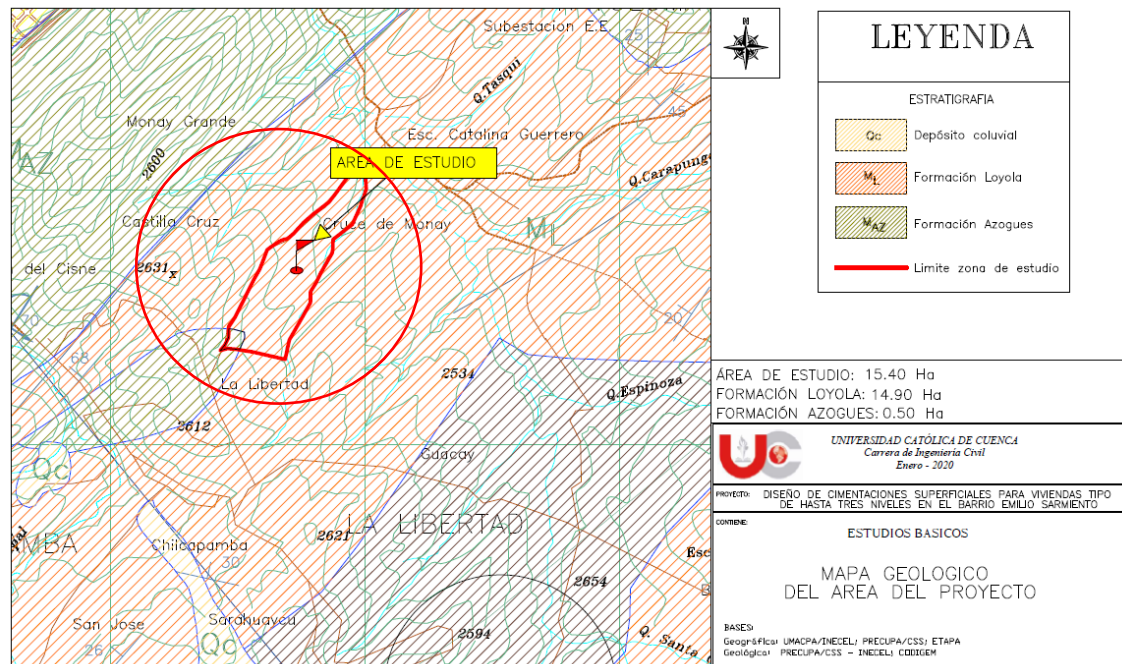
Figura 6: Interpretación de la estratigrafía de la cuenca de Cuenca

Fuente: Steinmann M. & Hungerbühler D., 1996

## 2.4 Geología Local. –

La zona en estudio del presente trabajo que se indica en la figura 2 pertenece a dos formaciones como se puede observar en la figura 4. Estas formaciones son la Fm. Loyola y la

Fm. Azogues, predominando la Loyola cubriendo el 96.80% del total de la zona estudiada en el presente trabajo. Dichas Formaciones perteneces a la época terciaria y principalmente la Loyola presenta depósitos Coluviales del periodo cuaternario. En la figura 4 se puede observar las dos formaciones que se encuentran dentro de la zona de estudio (polígono rojo) ubicada en el barrio “Emilio Sarmiento”.



**Figura 7: Formaciones geológicas ubicadas en la zona de estudio**  
*Fuente: (Proyecto PRECUPA, 1998); elaborado por los Autores*

## 2.5 Depósitos. –

### 2.5.1 Depósitos Cuaternarios. –

“Desde el punto de vista de la Ingeniería es el periodo más importante, debido a que sus depósitos son los más inestables, son los depósitos más jóvenes, se encuentran en un continuo periodo de cambio por los deslizamientos y fenómenos de erosión, relacionado con el ciclo geológico de las formaciones.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“Los depósitos que se presentan en Cuenca de esta época son: Depósitos Aluviales Recientes (QA); Depósitos Coluviales (QC); Travertino (TV); Arcillas Varvadas (QV);

Terrazas aluviales y fluvio glaciares (QT1-5); Depósitos de Piemonte (QP); Depósitos Glaciares (QM).” (Proyecto PRECUPA, 1998)

Únicamente se realizará una descripción geológica, comportamiento geotécnico y la susceptibilidad de los terrenos formados por Depósitos Coluviales que son los que forman la zona en estudio del presente proyecto.

- **Depósitos Coluviales (QC).** –

“Estos son depósitos de Ladera o de pie de Talud con materiales que han sufrido poco transporte, son heterogéneos ya que dependen de la zona y el fenómeno inestable que les dio origen (deslizamientos, derrumbes, flujos, etc.). Generalmente están compuestas de mezclas heterogéneas de bloques y fragmentos angulares y subangulares en matriz limo arcillosa con micro fragmentos.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“Los coluviales más recientes, fueron producidos por el desagüe del lago de “La Josefina” localizándose en la zona de Challuabamba” (Vélez Dávila, 2012)

- **Comportamiento Geotécnico.** –

“**Condiciones Geodinámicas.** - Los depósitos antiguos han sido modelados y suelen estar compactos, sin embargo, ante la presencia de escorrentía facilitan la erosión y drenajes en forma de V, así como reactivaciones del terreno. Los depósitos recientes son zonas potencialmente inestables, sin sistema de drenaje conformado, susceptibles a la erosión hídrica, deslizamientos y flujos.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“**Condiciones hidrogeológicas.** - En los depósitos antiguos la permeabilidad es de media a baja en función de la compacidad, los niveles freáticos pueden ser profundos o colgados. En los depósitos recientes la porosidad es de media a alta, pero su transmisibilidad variable. En los dos casos pueden existir zonas húmedas y mal drenadas.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

*“Trabajabilidad y posible uso del material.* - Escombros con poco fino pueden ser explotados, excavación fácil con maquinaria liviana y ocasional uso de explosivos. Atención a inestabilidad general del terreno, se requerirá de explotación técnica en zonas debidamente autorizadas. Material puede utilizarse en subbase de vías. Las condiciones como terreno de fundación dependen de la estabilidad general y del contenido de suelos finos.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

*“Comportamiento, en resumen.* - Depósitos de permeabilidad variable, desde friccionantes (permeables) a predominantemente cohesivos (impermeables). Depósitos antiguos, granulares compactos y en pendientes bajas, pueden ser aceptables para la construcción, depósitos recientes son peligrosos.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

➤ **Susceptibilidad a terrenos inestables y recomendaciones.** –

Depósitos coluviales antiguos compactos y estables, de susceptibilidad moderada a alta aceptan pendientes naturales hasta 15-25°. Depósitos jóvenes son generalmente altamente susceptibles.

En los taludes potencialmente inestables, su reactivación depende de la modificación de las condiciones intrínsecas (saturación del terreno, fracturación), desencadenantes (pluviosidad extrema y/o sismo) y antrópicas (cortes, rellenos, construcciones y explotaciones inadecuadas, deforestación, etc.). Si se requieren obras como cortes en coluviales jóvenes; será necesario evaluar la estabilidad general y local, realizar cortes apropiados de los taludes, sistemas de drenaje, vegetación nativa y sostenimientos si es del caso. En la figura 8 se expone el deslizamiento de Paccha con la existencia de depósitos coluviales, observando las inclinaciones del terreno natural como una de las causas principales del deslizamiento. (Proyecto PRECUPA, 1998)



**Figura 8: Deslizamientos de Paccha con depósitos coluviales.**  
*Fuente: (Proyecto PRECUPA, 1998)*

## **2.6 Formaciones Geológicas. –**

De la misma manera solo se detallarán las formaciones de Azogues y Loyola ya que la zona de estudio del presente proyecto pertenece a estas dos formaciones:

### **2.6.1 Formaciones y Unidades del Terciario. –**

- **Formación Azogues (Maz)**

“Nombradas por primera vez por Wolf en 1892 bajo el nombre de “Areniscas de Azogues”.

“**Litología.** - Secuencia sedimentaria típicamente clástica. Areniscas tobáceas de grano medio a grueso café amarillentas con capas de lutitas, limonitas y pocas intercalaciones de conglomerados. Se encuentra fauna de moluscos y restos de plantas.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“**Espesor y tectónica.** - En el centro Oeste espesor aproximado 600 m. Formación afectada por deformaciones post-sedimentarias, plegada fuertemente, fallas.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“**Edad y génesis.** - Recientes dataciones de trazas de fisión determinan edad del Mioceno Medio – Tardío. Según el mismo autor, un estudio palinológico indica un ambiente de agua

dulce. Estructuras sedimentarias como ripples de oscilación, laminación cruzada, marcas de herramienta y algunos canales rellenos de conglomerados indican deposición en un ambiente deltaico.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

➤ **Comportamiento Geotécnico.** –

“**Condiciones geodinámicas.** - Los derrumbes y caídas de bloques son típicos de esta formación, en terrenos de pendiente fuerte (cond. morfológica), los deslizamientos involucran principalmente a la facie fina incompetente de los sedimentos Azogues, así como a sedimentos finos de la Fm. Loyola en condiciones saturadas (cond. geológico-geotécnicas).” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“**Condiciones estructurales.** - Las areniscas conglomeráticas se presentan medianamente fracturadas y las juntas cerradas a abiertas, rellenas de arena y bordes rugosos deleznable, las tobas y limolitas se presentan muy fracturadas con juntas cerradas a abiertas < 10mm, con relleno limo arenoso y bordes suaves y oxidados. Las estructuras son un principal condicionante en la caída de bloques.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“**Condiciones hidrogeológicas.** - Permeabilidad media a alta por fracturación. Macizos poco húmedos a secos.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“**Comportamiento geotécnico, en resumen.** - Macizos competentes calificados como rocas IV-III, estables en pendientes mayores a 30° caída de bloques en fuertes pendientes o taludes de corte. Algunos niveles lutíticos tienen comportamiento poco competente y pueden disminuir su resistencia al corte en condiciones húmedas a través de planos de debilidad preferenciales. Alta expansibilidad en materiales re trabajados de Azogues.” (Proyecto PRECUPA, 1998)



**Figura 9: Cortes en areniscos de la Fm. Azogues.**  
*Fuente: (Proyecto PRECUPA, 1998)*

➤ **Susceptibilidad a terrenos inestables de la Formación Azogues. –**

Moderada a baja. Macizos heterogéneos de baja a mediana susceptibilidad a terrenos inestables en fuertes pendientes. Son propicios a desprendimientos y caídas de bloques. Deslizamientos relacionados a la mayor facturación del macizo en general y a la rotura de niveles de lutitas saturados de la misma formación o de la Fm. Loyola. (Proyecto PRECUPA, 1998)

- **Formación Loyola (ML)**

“Reconocida y definida por Shepard en 1934 con nombre de lutitas.”

“**Afloramientos.** - Principales en los flancos del anticlinal de Cuenca y en el flanco oriental del sinclinal de Gualaceo. En la autopista Cuenca – Azogues se tiene importantes afloramientos en el tramo medio entre el Descanso y Azogues.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“**Litología.** - Formación sedimentaria clástica fino granular, consiste en una alternancia de lutitas gris oscuro muy fisibles, limolitas que meteorizan a arcillas de color blanco y habano, localmente lentes de areniscas limosas habanas finamente estratificadas con cemento calcáreo, calizas, y mega brechas. En el lado oriental de la cuenca, en la base de la formación ocurren areniscas y conglomerados (básales) en discordancia sobre la Fm. Yunguilla. Abunda yeso, especialmente en las superficies alteradas.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“**Espesor y tectónica.** - En la parte central Oeste de la ciudad e = 500 m. Formación afectada por deformaciones y fallas sin sedimentarias. Contacto concordante o transicional con areniscas de la Fm. Azogues en el techo y la Fm. Biblián en la base.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“**Edad.** - Según últimas dataciones de trazas de fisión, edad Mioceno Medio (Steinmann et al., 1996).” (Proyecto PRECUPA, 1998)

➤ **Comportamiento Geotécnico.** –

“**Condiciones geodinámicas.** - Numerosos fenómenos inestables implican a los sedimentos de la facie fino granular de Loyola. El intenso plegamiento y fracturamiento por fallas interviene en la fragmentación del macizo y la degradación general de sus características físico mecánicas. Las condiciones de saturación son indispensables en el desarrollo de la rotura general.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“**Condiciones estructurales.** - Las facies arenosas muy localizadas presentan fracturación de media a alta que puede intervenir en roturas en bloque. En general el macizo fisible está fragmentado con sistemas múltiples de estratificación, fracturación y desecación (en superficie). Facie arenosa con fracturas cerradas con cemento calcáreo y yeso abiertas hasta 2mm, con relleno areno arcilloso y óxidos, caras planas, bordes rugosos. Facie fina, con fracturas cerradas a abiertas relleno arcilloso y bordes blandos.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

“**Condiciones hidrogeológicas.** - Permeabilidad baja (por fracturación). Permite la infiltración de aguas freáticas, pero no la transmisibilidad. Desarrollo importante de presión de poros en zonas mal drenadas y en el pie de colinas cerca o bajo los niveles freáticos.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

**“Trabajabilidad y posible uso del material.** - Fácil excavación con equipo liviano en estado seco. Arcillas sensibles en estado húmedo. Las características expansivas limitan su uso como relleno.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

**“Comportamiento geotécnico, en resumen.** - Facie arenosa de mediana competencia, pero es poco representativa. Facie fina, es fisible con desarrollo de alteración residual hasta 3m de espesor de expansividad media-alta, bajas propiedades mecánicas y un comportamiento de suelo respecto a la resistencia al corte; materiales colapsables en condiciones saturadas.” (Proyecto PRECUPA, 1998)

➤ **Susceptibilidad a terrenos inestables.** –

Moderada a alta. Suelos residuales de Loyola propician reptaciones en secuencias temporales: desecación-infiltración-deformación-desecación. Sedimentos Loyola fino granulares fragmentados, propician en condiciones no drenadas, deslizamientos rotacionales profundos en bajas a medias pendientes, implicando incluso los sedimentos competentes de Azogues. En superficie predomina: la desecación, fragmentación y erosión laminar. Esta formación presenta el mayor número de deslizamientos y de las mayores intensidades. Un caso particular constituye el deslizamiento Paccha, es el más grande de la región estudiada ya que cubre un área de 17 millones de m<sup>2</sup>. (Proyecto PRECUPA, 1998)



**Figura 10: Lutitas y limonitas de la Fm. Loyola.**  
Fuente: (Proyecto PRECUPA, 1998)

## 2.7 Mapa de pendientes en la zona de estudio. –

Las pendientes del terreno es una de las principales características que se tiene en cuenta para determinar la adaptación de los suelos a sus usos específicos. (GAD Cuenca, 2015)

Para el análisis de las pendientes de la zona de estudio se han establecido tres rangos: 0-3% (plano-planicie); 3-12% (ligeramente inclinado); 12-30% (deslizamiento); >30 (deslizamiento-caída libre).

En el cantón Cuenca las áreas en donde predominan las pendientes mayores a 30% abarcan la mayor superficie del cantón representando el 72,25% de la superficie cantonal, teniendo un área cantonal de 27,75% en donde las pendientes son menores a 30% que es el área que Cuenca dispone para el desarrollo de la agricultura y para la edificación o construcción de viviendas. (GAD Cuenca, 2015)

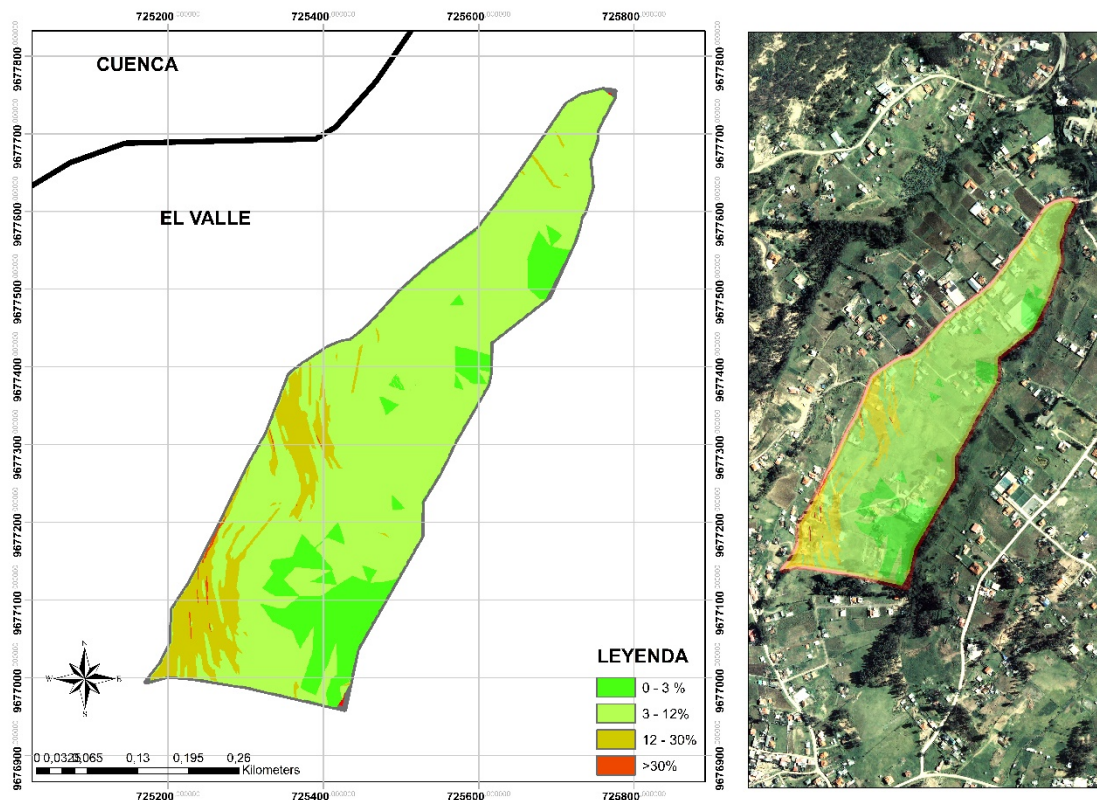
En la figura 11 se observa el mapa de pendientes de las 15,40 Ha en estudio. Como se puede observar predominan las pendientes inferiores a 12 % que de acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cuenca 2015, la convierte en una zona óptima para la construcción de viviendas.

En la tabla 3 se detallan la superficie y porcentaje que comprende cada uno de los rangos de pendientes, como se puede observar prácticamente en toda la zona en estudio se permite la construcción de viviendas al presentar pendientes menores al 30%.

**Tabla 3: Superficie abarcada por cada rango de pendientes**

<b>Pendiente</b>	<b>Área</b>	<b>Porcentaje</b>
<i>%</i>	<i>Ha</i>	<i>%</i>
0-3%	2,16	14,02%
3-12%	11,41	74,08%
12-30%	1,80	11,66%
>30%	0,04	0,24%
<b>Total</b>	<b>15,40</b>	<b>100,00%</b>

*Fuente: Los Autores*



**Figura 11: Mapa de pendientes de la zona de estudio.**

*Fuente: Los Autores.*

## 2.8 Estado actual de las viviendas en la zona de estudio. –

Garantizar la seguridad de los propietarios de la vivienda es uno de los objetivos que se tiene al realizar diseños económicos y seguros, por aquello es primordial realizar los estudios correspondientes, cumpliendo con la normativa; de acuerdo a las palabras de la Sr. Rosa Ramírez, la vivienda de su propiedad fue construida sin ningún permiso y no realizó estudios de suelos en su predio, y el diseño de su vivienda y construcción lo realizó personal particular dedicada a la construcción, como consecuencia presenta fisuras de consideración, presentando un riesgo para la familia. En la figura 12 se presenta los agrietamientos que tiene la estructura de algunas viviendas dentro del sector de estudio, representando un riesgo para los habitantes de dichas viviendas.



**Figura 12: Estado actual de algunas viviendas existentes dentro de la zona de estudio.**

*Fuente: Los Autores.*

Un caso similar es de la vivienda de la Sra. Martha Matute, quien comentó que tuvo que colocar pilares que ayuden a sostener a su vivienda, pues cada día su vivienda estuvo a punto colapsar, poniendo en riesgo la vida de su familia, sin embargo debido a que el diseño no fue realizado por parte de un especialista, con el pasar del tiempo presentó diferentes asentamientos ocasionando grandes fisuras.

### 3 CAPÍTULO III: ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO

#### 3.1 Tipos de muestras.

##### 3.1.1 Muestreo:

Para la realización del muestreo es necesario obtener una porción representativa del conjunto, de donde se desea conocer los parámetros mecánicos y las características físicas del suelo, básicamente es obtener una parte del suelo que incluye las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras. Para la realización del muestreo comprende de dos tipos los cuales son muestras alteradas y muestras inalteradas. (Rodríguez, 2012)

- **Muestras inalteradas:**

En este tipo de muestra se toman todas las medidas necesarias para conservar la estructura y la humedad que tiene nuestro suelo de donde se extrae la muestra, las cuales permiten labrar evitando que se disgreguen. Dichas muestras deben ser tomadas y envasas en plásticos u cualquier objeto que permita conservar la muestra y evitar golpes que alteren el suelo a ser analizado, debido a que el cambio de humedad afecta dicha estructura se debe tomar la muestra de manera inmediata y evitar exponer al ambiente en especial cuando exista presencia de sol. (Rodríguez, 2012)



**Figura 13: Muestras inalteradas, ensayo SPT**  
*Fuente: Los Autores.*

En la figura 13 se observa una muestra inalterada procedente del ensayo de penetración estándar, observando un espécimen en forma cilíndrica conservando sus propiedades para posterior ser empleada en el ensayo triaxial UU.

- **Muestras alteradas:**

En este tipo de muestra no se toman las precauciones o medidas necesarias y correctas para conservar las características de la estructura y humedad, constituido por material disgregado o fragmentado, así mismo es necesario conocer el contenido de humedad (agua) natural en la que se encuentra nuestro suelo por lo cual la muestra se envasa y transporta de manera correcta. La muestra obtenida tendrá un peso mínimo de 40 kg, que son extraídas por una excavación con maquinaria pesada (retroexcavadora), la muestra extraída será representativa del estrato a la que corresponde, la cual dependerá de la profundidad con la cual se llegó con la cuchara de la retroexcavadora. Las muestras deberán contener un registro de ubicación levantado con GPS para la obtención de coordenadas, descripción preliminar visual de la estratigrafía, altura del nivel freático encontrado. (Rodríguez, 2012)

En la figura 14 se expone las diferentes muestras alteradas procedentes de las calicatas dentro de la zona de estudio, observando de manera rápida que las muestras no conservaron su forma original, alterando sus propiedades naturales.



**Figura 14: Muestras alteradas, calicatas.**  
*Fuente: Los Autores.*

## 3.2 Ensayos de campo.

### 3.2.1 Calicatas a cielo abierto.

Las calicatas pueden ser de manera manual o mecánica, y su decisión dependerá de la necesidad de quien solicite la información, para realizar la extracción de una muestra representativa del suelo se lo puede obtener de mejor manera mediante maquinaria pesada tales como: excavadora, mini excavadora y la retroexcavadora. En la figura 15 se expone la zanja de una calicata a cielo abierto, cuyo ancho se debe al tipo de cuchara que posee la maquinaria pesada.



**Figura 15: Calicata a cielo abierto.**

*Fuente: Los Autores.*

Este ensayo consiste en hacer una excavación de una zanja con un ancho determinado que se puede lograr dependiendo de la cuchara que se esté utilizando, (Rodríguez, 2012) normalmente recomienda un ancho mínimo de 80cm que permita obtener una adecuada visualización del terreno, este tipo de ensayo es considerado como una exploración visual que me permite conocer de manera más rápida la estratigrafía del suelo a ser analizado. En la figura 16 se observa de manera rápida aspectos del suelo tales como: color, presencia de nivel freático, olor, cambio de suelo, presencia de materia orgánica, raíces vegetales, entre otros.



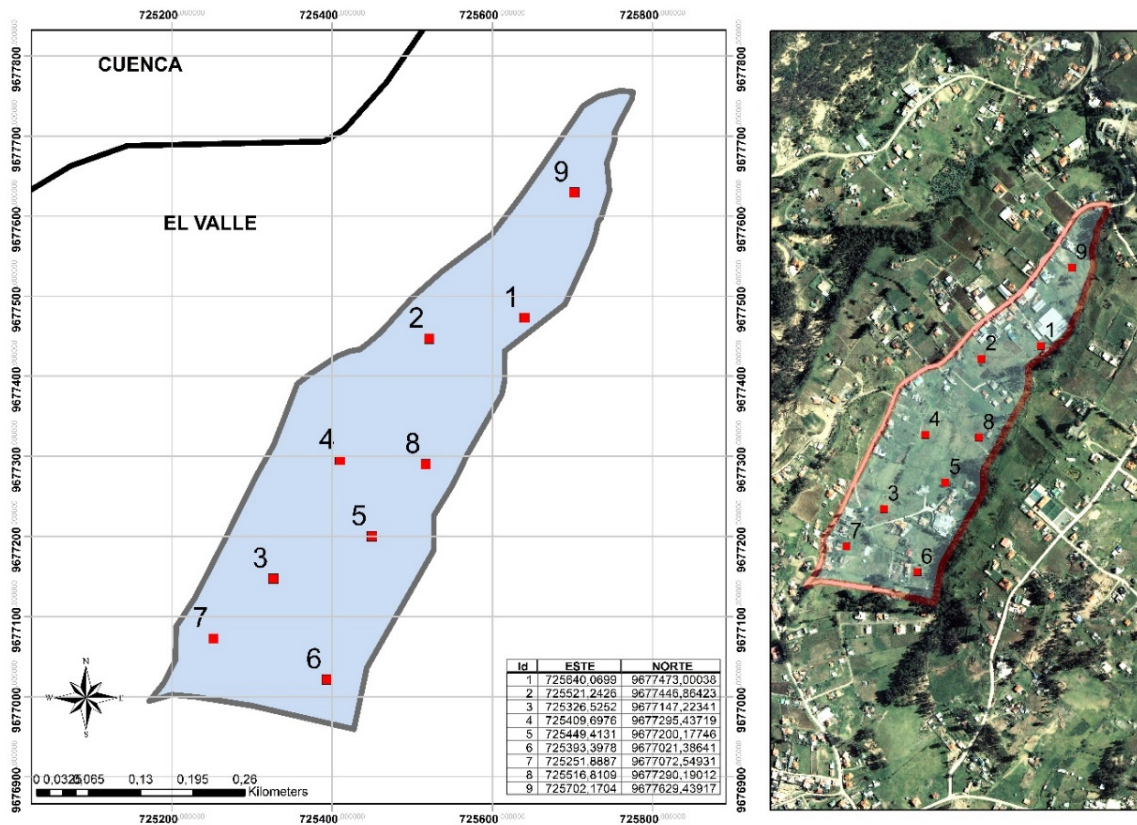
**Figura 16. Características visuales del suelo.**  
*Fuente: Los Autores.*

Como parte fundamental durante la excavación de las zanjas es esencial levantar las coordenadas de donde se extraen las diferentes calicatas como parte de la información que se debe registrar, una vez obtenido la muestra representativa deben ser llevadas al laboratorio de suelos y determinar las características físicas (humedad, granulometría, límites de Attemberg). La profundidad de la excavación dependerá de algunos aspectos como presencia de agua, importancia de la obra, cambios de estratos en el suelo, maquinaria pesada, agilidad del operador para maniobrar en el terreno. Por aquello se tomaron dos muestras por calicata extraída a una profundidad de 2.5m y 5m aproximadamente.

Se han distribuido 9 calicatas en los 15,40 Ha que se están analizando, estas calicatas se han ido distribuyendo de tal manera que abarque toda el área. Las calicatas alcanzaron una profundidad cercana a los 5 metros, tomando muestras alteradas a dos profundidades diferentes con la finalidad de obtener los parámetros del suelo que permitirán clasificarlos de acuerdo con el método SUCS y además armar el perfil estratigráfico del suelo. En la figura 17 se expone las diferentes ubicaciones de las 9 calicatas que se encuentran distribuidos para abarcar la zona de estudio.

A continuación, en las tablas de 4 al 12 referente a las calicatas, se presenta un esquema general que indique los diferentes estratos, las coordenadas de cada una de las calicatas

realizadas, así como una breve descripción del suelo y su respectiva clasificación de acuerdo al Método SUCS.






**Figura 17: Ubicación de las calicatas dentro del área de estudio**  
*Fuente: Los autores*

En las calicatas de la 1 a la 9 (tablas 4 a 12), se observa los diferentes estratos que contiene la muestra analizada, extraída a dos alturas diferentes que posterior se clasificó dicha muestra por método SUCS dando resultados en su mayoría suelos CH, y pocas calicatas dieron MH y ML, así mismo se pudo constatar presencia de relleno y en algunas calicatas se pudo evidenciar de manera visual que hasta la profundidad de excavación no existe cambio de estrato.

## ➤ CALICATA 1.




Tabla 4: Estratigrafía Calicata 1

Perfil Estratigráfico				
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"			
Coord.	x	725640.0699	Uso	Viviendas
	y	9677473.004	Calicata	1
Prof. (m)	Esquema	% de humedad	Descripción	Tipo de suelo
0.1		-----	Capa vegetal, cultivo de pasto.	-----
0.60		-----	Color amarillo-rojizo, apariencia de suelo disgregado, material suelto sin presencia de raíces vegetales.	Relleno
2.70		34.04	Material arcilloso color negro-azulado con materia orgánico, material fino sin presencia de grava. Presencia de nivel freático a los 2.90m. Comportamiento del suelo como muy plástico.	CH
4.70		35.04	Material arcilloso color negro-azulado con materia orgánico, material fino sin presencia de grava. Comportamiento del suelo como muy plástico, poco porosa retención de agua.	CH
Observaciones: no existe cambio de estrato a partir del 0.60 m de material de relleno.				
				
Excavación 0.0-0.60 m			Excavación 0.60-4.70	

Fuente: Los Autores.

## ➤ CALICATA 2.

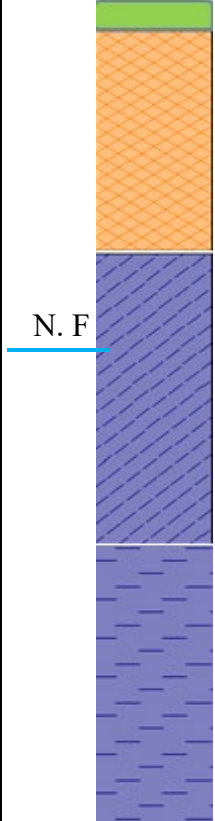


Tabla 5: Estratigrafía Calicata 2

Perfil Estratigráfico				
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"			
Coord.	x	725521.2426	Uso	Viviendas
	y	9677446.86423	Calicata	2
Prof. (m)	Esquema	% de humedad	Descripción	Tipo de suelo
0.1		-----	Capa vegetal, cultivo de pasto.	-----
0.50		-----	Material arcilloso de color amarillo, agregados finos sin presencia de gravas.	Relleno
2.70		34.04	Material arcilloso color negro-azulado con materia orgánico, material fino sin presencia de grava. Al secarse tiene una gran resistencia.	CH
4.70		35.04	Material arcilloso color negro-azulado con materia orgánico, material fino sin presencia de grava. Presencia de nivel freático a los 2,40m. Comportamiento del suelo como muy plástico.	ML
Observaciones: no existe cambio de estrato a partir del 0.50 m de material de relleno.				
				
Profundidad 0-0.50 m		Profundidad 0.5-0.4.70 m		

Fuente: Los Autores.

## ➤ CALICATA 3.




Tabla 6: Estratigrafía Calicata 3

Perfil Estratigráfico				
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"			
Coord.	x	725326.5252	Uso	Viviendas
	y	9677147.223	Calicata	3
Prof. (m)	Esquema	% de humedad	Descripción	Tipo de suelo
0.1		-----	Capa vegetal, cultivo de pasto.	-----
1.50		-----	Material de relleno, color amarillo con presencia de raíces vegetales, pedazos de ladrillos, material traído de una escombrera.	Relleno
3.20		34.04	Material arcilloso color negro-azulado con materia orgánico, material fino sin presencia de grava. Presencia de nivel freático a los 2.40m. Comportamiento del suelo como muy plástico.	MH
4.70		35.04	Material arcilloso color negro-azulado con materia orgánico, material fino sin presencia de grava. Comportamiento del suelo muy plástico, poca retención de agua.	CH
Observaciones: no existe cambio de estrato a partir del 1.50 m de material de relleno.				
				
Relleno 0-1.50 m		Excavación 1.50-4.70 m		

Fuente: Los Autores.

## ➤ CALICATA 4.


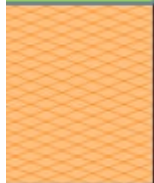
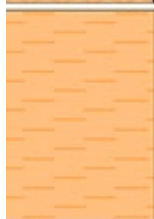
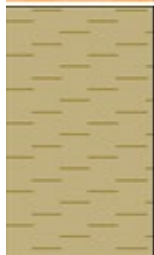


Tabla 7: Estratigrafía Calicata 4

Perfil Estratigráfico				
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"			
Coord.	x	725409.6976	Uso	Viviendas
	y	9677295.4372	Calicata	4
Profundidad (m)	Esquema	% de humedad	Descripción	Tipo de suelo
0.10		-----	Capa vegetal, cultivo de pasto.	-----
2.40		31.77	Material arcilloso color amarillo, material fino sin presencia de grava, presencia de raíces vegetales en el suelo, al contacto con el agua se comporta como muy plástico. Presencia de raíces vegetales.	MH
4.50		23.99	Material arcilloso color negro-azulado con materia orgánica, material fino sin presencia de grava. Comportamiento del suelo como muy plástico, pero con consistencia dura al ser secado. Sin presencia de nivel freático.	CH
Observaciones: cambio de estrato a los 2.70 metros.				
				
Excavación 0-2.40 m		Excavación 2.40-4.50 m		

Fuente: Los Autores

## ➤ CALICATA 5.

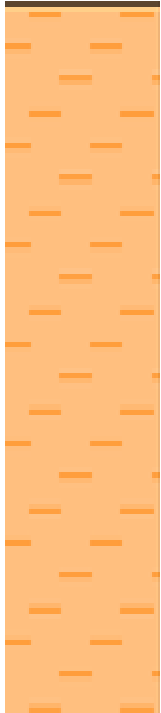


Tabla 8: Estratigrafía Calicata 5.

Perfil Estratigráfico				
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"			
Coord.	x	725449.4131	Uso	Viviendas
	y	9677200.177	Calicata	5
Prof. (m)	Esquema	% de humedad	Descripción	Tipo de suelo
0.1		-----	Capa vegetal, cultivo de pasto.	-----
0.60		-----	Material arcilloso de color rojizo, presencia de raíces vegetales, fácil disgregación al contacto con los dedos.	Relleno
2.60		36.61	Material arcilloso color amarillo, sin material granular grueso, sin presencia de raíces. Al contacto con el agua se comporta como muy plástico.	CH
4.70		38.61	Material arcilloso color gris, material fino sin presencia de grava. Comportamiento del suelo como muy plástico. Sin presencia de nivel freático.	CH
Observaciones: cambio de estrato a los 2.60 m				
				
Excavación 0.0-2.60 m		Excavación 2.60-4.70 m		

Fuente: Los Autores.

➤ *Calicata 6.*




Tabla 9: Perfil estratigráfico Calicata 6.

Perfil Estratigráfico				
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"			
Coord.	x	725393.3978	Uso	Viviendas
	y	9677021.3864	Calicata	6
Prof. (m)	Esquema	% de humedad	Descripción	Tipo de suelo
2.30		29.48	Sin capa vegetal. Abundancia de material arcilloso de color amarillo y material azulado en minoría, sin presencia de raíces vegetales, material aparentemente consolidado. Suelo tipo cascajo. El suelo posee material fino de difícil disgregación con los dedos.	CH
4.70		28.59	Material arcilloso de color amarillo, sin presencia de raíces vegetales, material aparentemente consolidado. Suelo tipo cascajo. El suelo posee material fino de difícil disgregación con los dedos. Sin presencia de nivel freático. Gran dureza debido a la dificultad de extracción con la retroexcavadora. Sin presencia de nivel freático.	CH
Observaciones: no existe cambio de estrato.				
				
Excavación 0.0-2.30 m			Excavación 0.0-2.30 m	

Fuente: Los Autores.

## ➤ CALICATA 7.

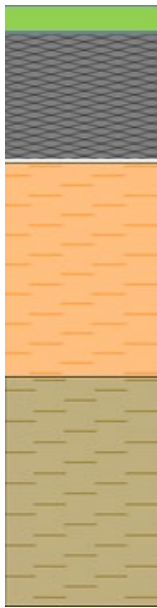


Tabla 10: Perfil estratigráfico Calicata 7.

Perfil Estratigráfico				
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"			
Coord.	x	725251.8897	Uso	Viviendas
	y	9677072.5493	Calicata	7
Prof. (m)	Esquema	% de humedad	Descripción	Tipo de suelo
0.1		-----	Capa vegetal, cultivo de pasto.	-----
2.30		24.37	Material arcilloso de color negro-azulado, sin presencia de raíces vegetales, material aparentemente consolidado. El suelo posee material fino de difícil disgregación con los dedos.	CH
4.70		26.17	Material arcilloso de color negro-azulado, al contacto con agua se vuelve como muy plástico y al secarse presenta mayor resistencia ante una carga externa. Sin presencia de nivel freático. Sin presencia de raíces vegetales. Mayor resistencia al ser secado.	CH
Observaciones: no existe cambio de estrato.				
				
Excavación 0.0-2.30 m			Excavación 0.0-4.70 m	

Fuente: Los Autores.

## ➤ CALICATA 8.




Tabla 11: Perfil estratigráfico Calicata 8.

Perfil Estratigráfico				
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio “Emilio Sarmiento” perteneciente a la parroquia “El Valle”			
Coord.	x	725516.8109	Uso	Viviendas
	y	9677290.190	Calicata	8
Prof. (m)	Esquema	% de humedad	Descripción	Tipo de suelo
0.1		-----	Capa vegetal, cultivo de pasto.	-----
0.60		-----	Materia orgánica utilizada para el mejoramiento de los cultivos (Abono)	Orgánico
3.60		23.58	Material arcilloso color amarillo, sin material granular grueso, sin presencia de raíces. Al contacto con el agua se torna como muy plástico.	CH
4.70		26.56	Material arcilloso color gris, material fino sin presencia de grava. Comportamiento del suelo muy plástico. Sin presencia de nivel freático.	CH
Observaciones: cambio de estrato a los 3.60 m				
				
Excavación 0.0-0.60 m		Excavación 3.60-4.70 m		

Fuente: Los Autores.

## ➤ CALICATA 9.

Tabla 12: Perfil Estratigrafía Calicata 9.

Perfil Estratigráfico				
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"			
Coord.	x	725702.1704	Uso	Viviendas
	y	9677629.43917	Calicata	9
Prof. (m)	Esquema	% de humedad	Descripción	Tipo de suelo
0.1		-----	Capa vegetal, cultivo de pasto.	-----
2.00		36.48	Material arcilloso color amarillento-rojizo, sin raíces vegetales, comportamiento como muy plástico al contacto con el agua, y al ser secado presenta una resistencia dura, poca o nula presencia de grava. Al ejercer presión con la mano presenta gran resistencia cuando esta sin humedad. Aparente cohesión alta.	CH
4.50		35.69	Material arcilloso color amarillento, sin raíces vegetales, comportamiento como muy plástico al agregar agua, poca o nula presencia de grava, consistencia dura al tacto. Sin presencia de nivel freático. Al colocar agua su contextura puede ser moldeada fácilmente.	ML
Observaciones: no existe cambio de estrato.				
				
Excavación 0.0-2.0 m		Excavación 2.0-4.50 m		

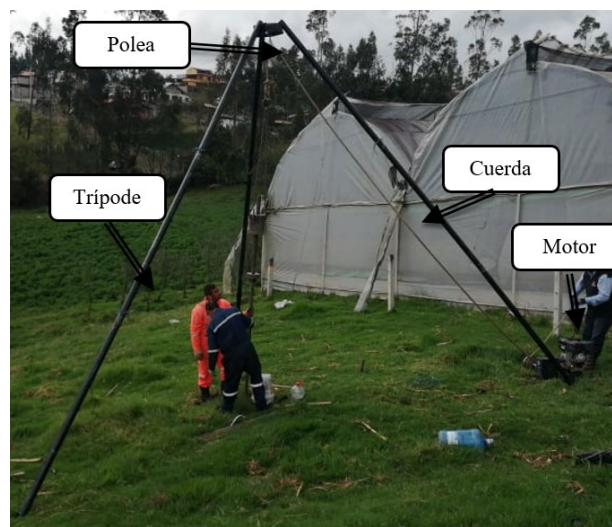
Fuente: Los Autores.

### 3.2.2 Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

El ensayo de SPT es una prueba que se lo realiza en campo, conocido como sondaje por percusión que mide la resistencia a la penetración del terreno a través de la hincada dinámica de un tubo de acero las cuales sus medidas están normalizadas de acuerdo a la norma ASTM D1586. (Carlos Collazos, Oliver Gonzalez, Carlos Ante, Diego Bravo, Angel Concha, 2006)

Este ensayo consiste básicamente en dejar caer una maza de aproximadamente de 63.5 kg que es levantada mediante un motor y una cuerda hasta una altura de 76cm, lo cual es suficiente para hacer que el tubo de acero se penetre en el suelo 45cm para extraer la muestra.

Una vez obtenida la muestra de suelo debe ser envuelta en un material que permita conservar las características naturales del suelo y sea considerado como una muestra inalterada y posterior ser llevado al laboratorio de suelos para realizar los ensayos correspondientes que me permitan obtener con mayor seguridad el ángulo de fricción y la cohesión mediante el Ensayo de compresión triaxial rápido o también conocidos como no consolidado no drenado (UU), en suelos cohesivos de acuerdo a la norma ASTM D2850. En la figura 18 se presenta como está conformado el equipo de SPT cuando es instalada en campo: trípode, motor, cuerda, maza, polea, tubo de acero de extracción.

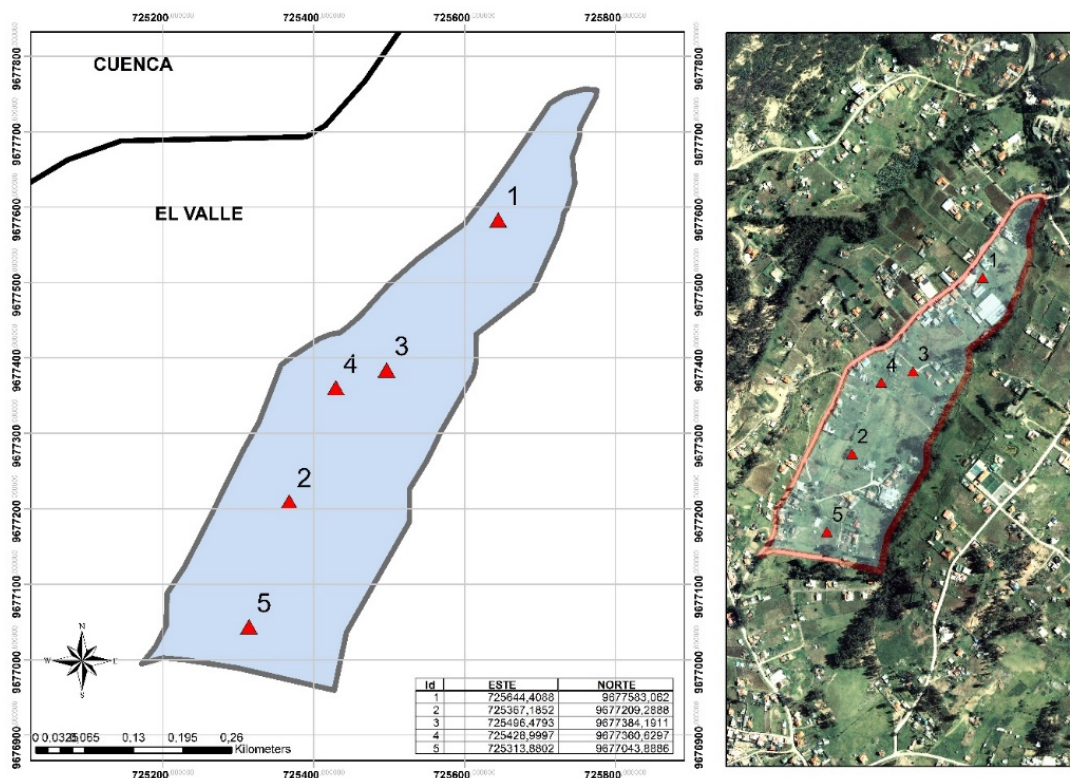


**Figura 18: Equipo ensayo SPT.**

*Fuente: Los Autores.*

Para cubrir las 15.40 Ha que conforman el área de estudio del presente proyecto se han dispuesto la extracción de 5 muestras por medio del ensayo SPT, estas muestras se encuentran distribuidas en toda el área de estudio, la finalidad de las mismas es poder diagramar el perfil estratigráfico del suelo y que permita encontrar algunas características del suelo como la cohesión, ángulo de fricción, humedad y pesos específico.

En la figura 19, se presenta un mapa con la ubicación de cada uno de los ensayos SPT y en las tablas 13 a 17, se presenta el perfil estratigráfico de los suelos en base al ensayo SPT.








**Figura 19: Ubicación de los SPT en la zona de estudio**

*Fuente: Los Autores.*

En la guía práctica para la ejecución de estudios geotécnicos y trabajos de cimentación de acuerdo a la NEC 2015, recomienda realizar la corrección del número de golpes; donde  $N_{corr}$  es la medida del número de golpes corregido al 60% de la energía teórica de la caída libre del martillo. El cálculo del  $N_{corr}$  se encuentra en el apartado 4.4.3 del presente documento.

## ➤ SPT 1.


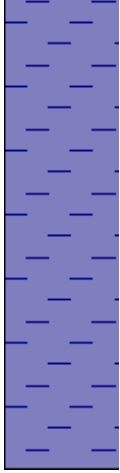




Tabla 13: Perfil estratigráfico del SPT 1

Perfil Estratigráfico								
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"							
Coord.	x	725644.4088	Uso	Viviendas				
	y	9677583.062	SPT	1				
Prof. (m)	Esquema	% de humedad promedio	Nivel F.	Descripción	# de Golpes			
					0,15 cm	0,30 cm	0,45 cm	N <sub>campo</sub> / N <sub>corr</sub>
0,5-1		35,66%	NF	Material arcilloso color amarillento, sin raíces vegetales, comportamiento como muy plástico al contacto con el agua, y al ser secado presenta una resistencia dura, sin presencia de grava. Presencia de nivel freático a los 0.80m. Al ejercer presión con la mano presenta gran resistencia. Cohesión alta.	1	3	6	9 / 5
1,5-2		38,48%	NF		2	5	11	16 / 9
2,5-3		38,90%	NF		11	15	22	37 / 21
Rechazo.		Rechazo.	Rechazo.	Rechazo.	Rechazo.			
Observaciones: no se evidenció cambio de estrato por rechazo al ensayo SPT 1.								
								
0.5-1 m		1.5-2 m		2.5-3 m		Global		

Fuente: Los Autores.

## ➤ SPT 2.

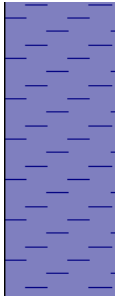
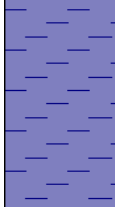





Tabla 14: Perfil estratigráfico del SPT 2

Perfil Estratigráfico								
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"							
Coord.	x	725367.1852	Uso	Viviendas				
	y	9677209.289	SPT	2				
Prof. (m)	Esquema	% de humedad	Nivel Fr.	Descripción	# de Golpes			
					0,15 cm	0,30 cm	0,45 cm	N <sub>campo</sub> / N <sub>corr</sub>
0.5-1		27.00%	SNF	Material arcilloso color amarillento, comportamiento como plastilina al contacto con el agua, y al ser secado presenta una resistencia dura.	1	3	6	9 / 5
1.5-2		22.00%	SNF		3	5	7	12 / 7
2.5-3		25.00%	SNF	Material arcilloso de color negro-azulado, al contacto con agua se vuelve como muy plástico y al secarse presenta mayor resistencia ante una carga externa. Sin presencia de nivel freático. Sin presencia de raíces vegetales. Mayor resistencia al ser secado.	3	7	10	17 / 10
3.5-4		25.00%	SNF		5	7	12	19 / 11
4.5-5		28.00%	SNF		3	4	6	10 / 6
5.5-6		29.50%	SNF		4	6	10	16 / 10
Observaciones: cambio de estrato a los 1.5 m								
								
0.5-1 m		1.5-2 m		4.5-5 m		Global		

Fuente: Los Autores.

## ➤ SPT 3.

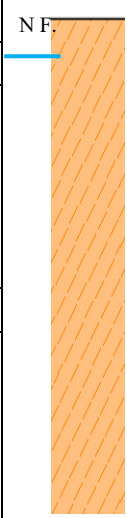

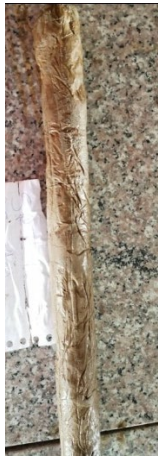


Tabla 15: Perfil Estratigráfico del SPT 3

Perfil Estratigráfico								
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"							
Coord.	x	725496.4793	Uso	Viviendas				
	y	9677384.1911	SPT	3				
Prof. (m)	Esquema	% de humedad	Nivel F.	Descripción	# de Golpes			
					0,15 cm	0,30 cm	0,45 cm	N <sub>campo</sub> / N <sub>corr</sub>
0,5-1		39,45%	SNF	Material arcilloso color negro con presencia de material amarillento en poca cantidad, sin raíces vegetales, comportamiento como muy plástico, sin presencia de grava.	2	2	3	5 / 3
1,5-2		38,18%	SNF		5	6	6	12 / 7
2,5-3		33,27%	SNF	Material arcilloso color amarillento, sin raíces vegetales, comportamiento como muy plástico al agregar agua, sin presencia de grava, consistencia dura al tacto. Sin presencia de nivel freático.	9	12	15	27 / 16
3,5-4		38,76%	SNF		8	13	16	29 / 17
4,5-5		37,64%	SNF	15	18	24	42 / 27	
Observaciones: cambio de estrato a los 3.0 m								
								
0.5-1 m		1.5-2 m		2.5-3 m		Global		

Fuente: Los Autores.

## ➤ SPT 4.







Tabla 16: Perfil estratigráfico del SPT 4

Perfil Estratigráfico								
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"							
Coord.	x	725428.9997	Uso	Viviendas				
	y	9677360.6297	SPT	4				
Prof. (m)	Esquema	% de humedad	Nivel F.	Descripción	# de Golpes			
					0,15 cm	0,30 cm	0,45 cm	N <sub>campo</sub> / N <sub>corr</sub>
0,5-1		44.88%	SNF	Material arcilloso color amarillento, sin raíces vegetales, comportamiento como muy plástico al agregar agua, sin presencia de grava, cohesión aparente alta. Fácil disgregación con los dedos. Presencia de nivel freático al 1m.	1	2	2	4 / 2
1,5-2		44.88%	NF		2	4	6	10 / 6
2,5-3		44.88%	NF		3	3	4	7 / 4
3,5-4		38.06%	NF		4	4	4	8 / 5
4,5-5		38.64%	NF		4	6	7	13 / 8
Observaciones: No existe cambio de estrato.								
								
0.5-1 m		2.5-3 m		4.5-5 m		Global		

Fuente: Los Autores.

## ➤ SPT 5.

Tabla 17: Perfil estratigráfico del SPT 5

Perfil Estratigráfico								
Proyecto	Propuesta de cimentaciones tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"							
Coord.	x	725313.8802	Uso	Viviendas				
	y	9677043.8886	SPT	5				
Prof. (m)	Esquema	% de humedad	Nivel F.	Descripción	# de Golpes			
					0,15 cm	0,30 cm	0,45 cm	Ncampo / Ncorr
1-1.5		39.80%	SNF	Material arcilloso color amarillo-rojizo, al someter a presión con las manos presenta gran resistencia, poca presencia de material granular grueso. Dureza al ser secado.	5	6	9	15 / 8
2-2.5		39.80%	SNF		11	15	17	32 / 18
3-3.5		33.27%	SNF	Material arcilloso color gris con poco material de color amarillo. Sin nivel freático. Comportamiento como muy plástico al agregar agua.	6	7	7	14 / 8
4-4.5		36.40%	SNF		8	8	9	17 / 11
5-5.5		37.38%	SNF		11	15	17	32 / 20
Observaciones: cambio de estrato a los 2.5 m								
								
2-2.5 m		3-3.5 m		4-4.5 m		Global		

Fuente: Los Autores.

### 3.2.3 Ensayo geofísico de exploración sísmica. –

Los ensayos sísmicos aprovechan la propagación de las ondas sísmicas en el terreno para obtener información sobre las características del subsuelo de manera no destructiva. Este sistema de exploración geofísica, en la actualidad es ampliamente utilizado dentro del ámbito de la ingeniería civil, ya que se puede obtener información de la estratigrafía del subsuelo y caracterización del territorio e cuanto a riesgo sísmico. (PASI, 2020)

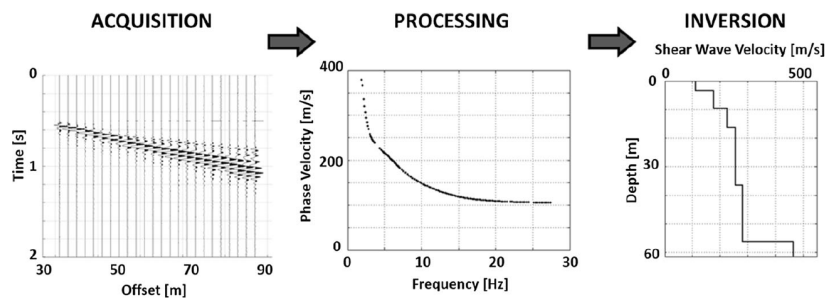
Los métodos sísmicos se basan en la detección de un frente de ondas elásticas, propagadas a través del subsuelo que se investiga y detectadas en superficie mediante geófonos con el fin de obtener una imagen del terreno en base a las propiedades elásticas de los materiales. En el presente estudio la fuente de las ondas elásticas es producida por un martillo conocido como método directo.

El diseño de adquisición de datos más comúnmente utilizado y también utilizado en este estudio, está compuesto por receptores verticales espaciados uniformemente, alineados con la fuente sísmica. Este diseño se denomina MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La técnica Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW – Multi-channel Analysis of Surfaces Waves), que corresponde a un ensayo geofísico activo, no invasivo, este método consiste en la interpretación de las ondas superficiales (en el presente estudio las ondas Rayleigh) de registro de un arreglo multicanal, generadas por una fuente de energía en puntos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre una superficie del terreno, obteniéndose el perfil de velocidades de las ondas de corte ( $V_s$ ) para el punto central de dicha línea. (Park , Mille, & Xia, 1999)

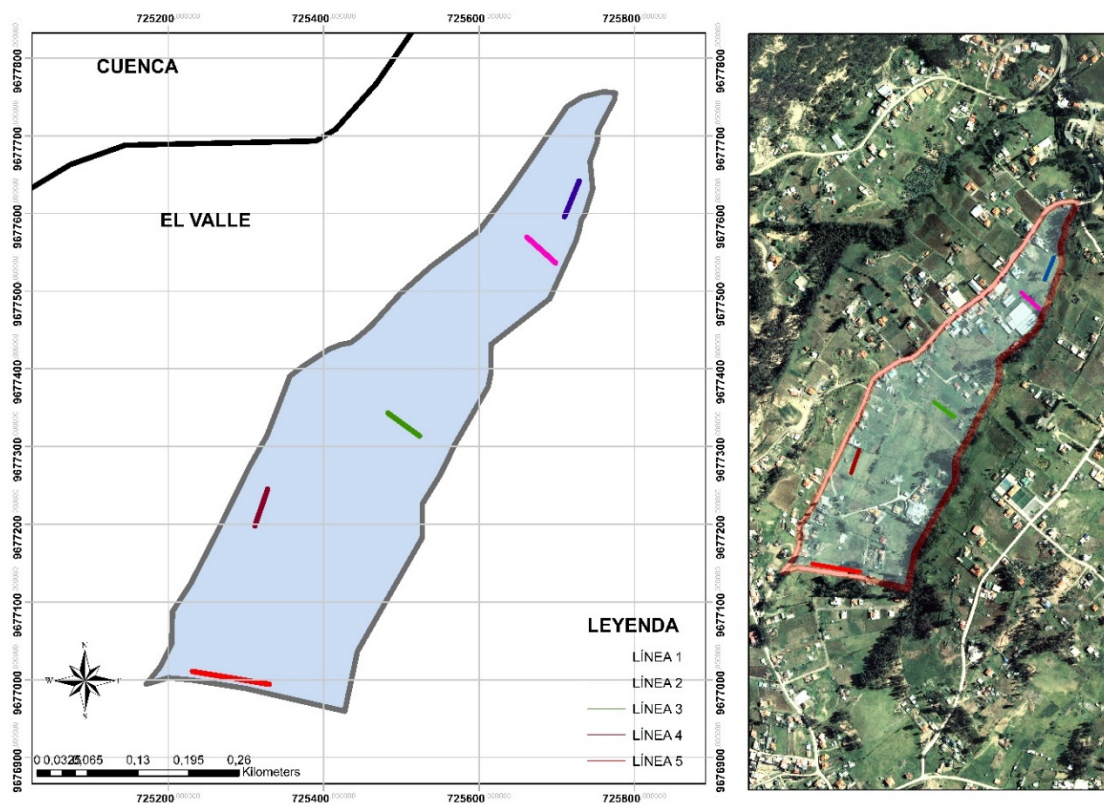
Con las medidas de tiempo de viaje y distancia es posible entender con gran precisión las velocidades de las ondas en el subsuelo (ondas de compresión  $V_p$  y ondas de corte  $V_s$ ), las mismas que son indicadores indirectos de la estratigrafía y propiedades elásticas de los suelos.

El análisis de ondas de superficie tiene como objetivo estimar el perfil de velocidad de onda de corte sísmico ( $V_s$ ). El análisis de ondas superficiales se implementa típicamente con tres pasos: adquisición de datos sísmicos (geófonos) en campo, procesamiento (estimación de curvas de dispersión) e inversión (optimización de parámetros del modelo) (Ver Figura 20). Todos estos pasos pueden llevarse a cabo con diferentes estrategias. (Foti, y otros, 2018)



**Figura 20: Pasos para estimar la velocidad de onda de corte  $V_s$ .**  
Fuente: (Foti, y otros, 2018)

### 3.2.4 Mapa de ubicación de las líneas sísmicas del proyecto. –



**Figura 21: Distribución de Líneas Sísmicas en la zona de estudio**  
Fuente: Los Autores.

Como ya se mencionó anteriormente se realiza un total de 5 líneas sísmicas ubicadas en lugares estratégicos que permitan cubrirá las 15,40 Ha analizadas en el presente trabajo. Estas 5 líneas sísmicas dan un total de 300 m divididas en 4 líneas de 50m y una línea de 100m.

En la figura 21 se puede observar la distribución de las líneas sísmicas dentro de la zona en estudio, así como en la tabla 18 se detalla la longitud y coordenadas de inicio y fin de cada una de las líneas.

**Tabla 18: Coordenadas UTM de las líneas sísmicas**

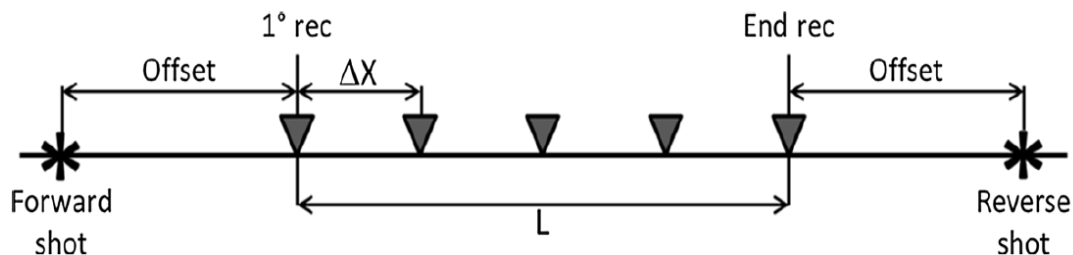
Longitud	Línea	Inicio		Fin	
		<i>UTM Este</i>	<i>UTM Norte</i>	<i>UTM Este</i>	<i>UTM Norte</i>
50	1	725658,87	9677572,00	725701,32	9677534,18
50	2	725732,96	9477645,57	725710,58	9677592,06
50	3	725526,25	9677311,80	725479,64	9677345,14
50	4	725309,43	9677194,19	725329,19	9677248,57
100	5	725333,96	9676993,96	725227,21	9677011,33

*Fuente: Los Autores.*

### 3.2.5 Parámetros de adquisición. –

El diseño de adquisición se basa en una matriz lineal de receptores con la posición de disparo o golpe. La matriz se define por la longitud de la matriz L, el espacio del receptor DX y el desplazamiento de la fuente (Ver figura 22). La longitud de la matriz es la longitud de la línea sísmica y debe ser adecuada para obtener un muestreo confiable de longitudes de ondas largas. La profundidad máxima de adquisición está directamente relacionada con la longitud de onda máxima medida.

En el presente estudio se realizaron 7 golpes o tiros a lo largo de las líneas sísmicas distribuidas como se indica en la figura 22. Teniendo en cuenta que el tiro delantero y tiro inverso se realizan a 4m de la ubicación del primer y último geófono respectivamente, mientras que en la tabla 19 se presenta los parámetros de adquisición para las líneas sísmicas. Para el uso correcto del equipo se basó en el Manual de Usuario de PASI “Seismograph GEA24” Torino (2016).



**Figura 22: Geometría para una adquisición activa**

*Fuente: (Foti, y otros, 2018)*

**Tabla 19: Parámetros de adquisición**

Línea	Longitud Aprox. (m)	Número de registros		Intervalo Geófonos (m)	Fuente Sísmica
		Onda P	Onda S		
Línea 1	50	7	7	2	Porra
Línea 2	50	7	7	2	Porra
Línea 3	50	7	7	2	Porra
Línea 4	50	7	7	2	Porra
Línea 5	100	7	7	4	Porra
<b>Total</b>	300	70			

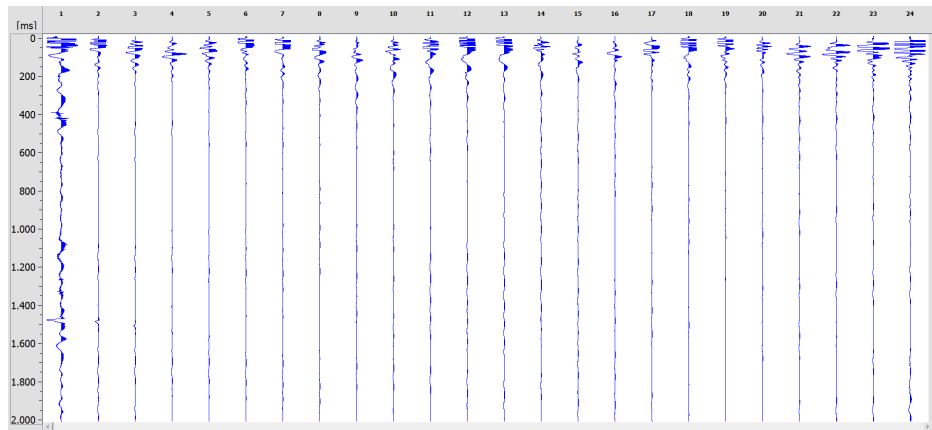
*Fuente: Los Autores.*

### 3.2.6 Equipo de registro y registros. –

Para el presente estudio se ha utilizado un sismógrafo de la empresa PASI “GEA24” SW versión 2.0.2, Firmware versión 2.5, HW library versión 2.6. El GEA24 es un sismógrafo compacto de 24 canales (pudiendo emplear hasta 48 canales), con tarjeta de adquisición de 24 bits e interfaz USB para portátil externo. Entre las aplicaciones del equipo tenemos las siguientes: refracción, ondas superficiales (MASW, Re.Mi,  $V_{S30}$ , ESAC, etc.), downhole, crosshole, etc. (PASI, 2020)

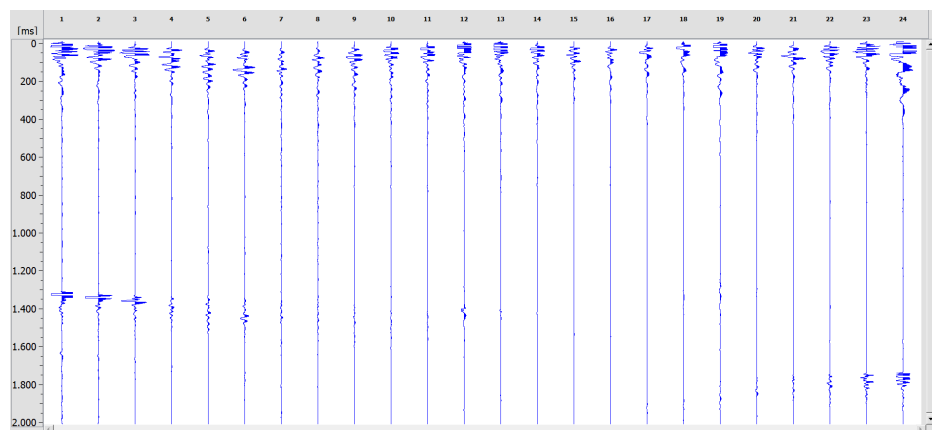
A continuación, en las figuras 23 al 27 se presenta las adquisiciones obtenidas de cada una de las líneas sísmicas tomadas en campo, aclarando que el mismo Software de GEA24 se encarga de apilar cada uno de los 7 tiros y dar las señales resultantes, presentando en el eje de las abscisas a cada uno de los 24 geófonos y en el eje de las ordenadas el tiempo de llegada de la onda en milisegundos (ms).

- **Línea 1. –**



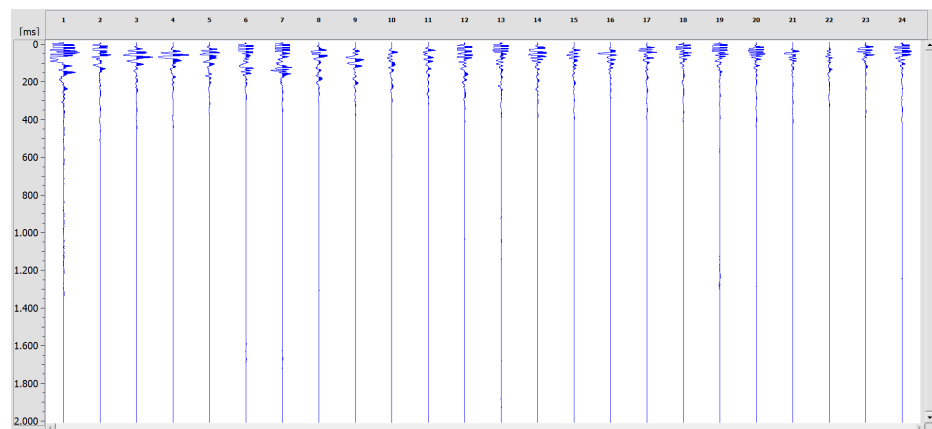
**Figura 23: Adquisición Línea 1.**  
*Fuente: Los Autores*

- **Línea 2. –**



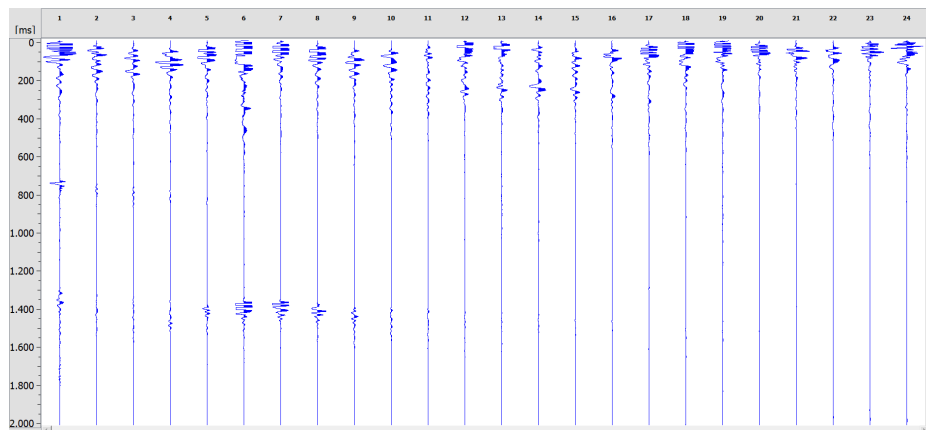
**Figura 24: Adquisición Línea 2.**  
*Fuente: Los Autores*

- **Línea 3. –**



**Figura 25: Adquisición Línea 3.**  
*Fuente: Los Autores.*

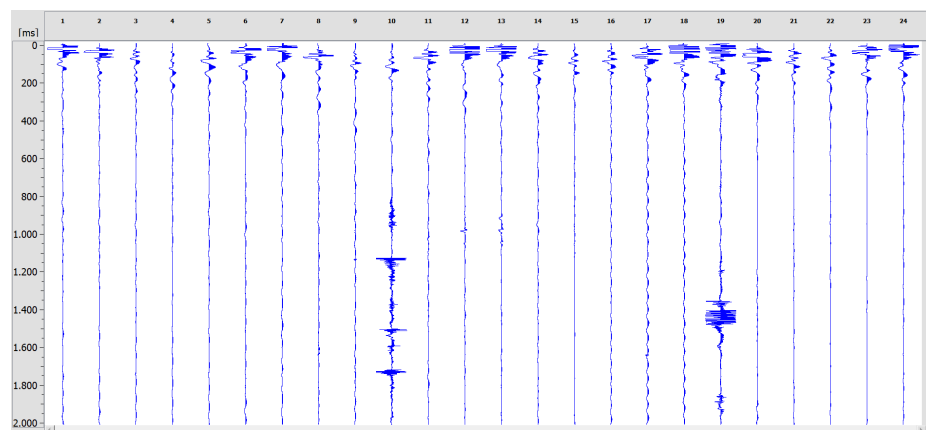
- **Línea 4. –**



**Figura 26: Adquisición Línea 4.**

*Fuente: Los Autores.*

- **Línea 5. –**



**Figura 27: Adquisición Línea 5.**

*Fuente: Autores.*

### 3.3 Ensayos de Laboratorio.

#### 3.3.1 Preparación de las muestras.

Para realizar los diferentes estudios en el laboratorio de suelos es necesario identificar una cantidad representativa que permita cumplir con todos los ensayos e incluso en los casos donde algún resultado no sea confiable o se perdió algún dato se pueda repetir sin presentar ninguna novedad.

Para ejecutar los ensayos como paso principal es la preparación del material que fue extraído del campo de estudio, al preparar la muestra se debe observar de manera rápida como está conformado el suelo tanto de grava, arena o finos, para evitar romper partículas o fragmentos de grava que puedan alterar las características reales del suelo al realizar el ensayo de granulometría.

Como se pudo observar en la Figura 14, el suelo tiene apariencia de piedra debido a la consolidación que estuvo, sin embargo, dicha apariencia no simula las características reales del suelo por lo cual la muestra se la debe dejar en el sol que permita bajar la cantidad de humedad que se encuentra presente en la muestra con el fin de poder desmoronar con el pistón de cemento.

### **3.3.2 Humedad del suelo.**

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación que se expresa como porcentaje del peso de agua que se encuentra presente en una masa de suelo al peso de las partículas sólidas. La humedad natural es una de las propiedades físicas de los suelos que se debe conocer, siendo de gran utilidad para la construcción civil, debido a que durante la ejecución de una obra está regido por la cantidad de agua que contiene el suelo. (Jaime Wilde, Guido Olmer, Luz Denia, Jose Carlito, 2016)

Las arcillas presentan minerales que están en tres grandes grupos como las caolinitas que están formadas por una lámina silícica y otra alumínica, la unión y distribución de las retículas impide o evita el paso del agua entre ellas (adsorción), este tipo de mineral en la arcilla serán estables en presencia del agua, en cambio las montmorilonitas están formadas por una lámina alumínica entre dos silícicas, a diferencia de las caolinitas en este caso la unión y distribución de sus retículas es débil, lo que favorece y permite el paso del agua, este tipo de arcillas en contacto con el agua presenta un potencial de expansión alto por lo que los suelos tienden a ser

inestables, y las ilitas de igual similitud que las montmorilonita pero su constitución interna manifiesta tendencia a formar grumos de materia, esto reduce de gran manera el potencial de expansividad en comparación con las montmorilonitas. Es por esto que el comportamiento mecánico de las ilitas, son consideradas como favorables dentro del campo de la ingeniería. (Angelone, 2014)

- **Descripción del ensayo de contenido de humedad del suelo. –**

Para la ejecución de esta prueba se realiza en base a la Norma ASTM D 2216, que indicará el procedimiento y los requisitos que se debe seguir para que la prueba nos de datos confiables. Se determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta que el peso se mantenga constante en un horno que tiene una temperatura de  $110 \pm 5$  °C, por lo cual la pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua.

Se debe tener a disposición una balanza, recipiente y la muestra la cual debe ser lo más homogénea, se pesa primeramente los recipientes sin muestra húmeda, a continuación, se coloca en dichos recipientes la muestra húmeda y se deja secar en el horno durante un mínimo de 18 horas o hasta que su peso se mantenga constante, para encontrar la humedad del suelo se toma dos muestras y el resultado final será el promedio entre ambos, cabe recalcar que los porcentajes no deben variar entre 2% cada una.

Se deja enfriar los recipientes, y una vez obtenida todos los datos necesarios se procede a calcular el porcentaje de humedad con la siguiente fórmula:

$$\%W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} * 100 = \frac{W_w}{W_s}$$

**Donde:**  $W$  = % de humedad contenido en la muestra de suelo;  $W_1$  = peso del tarro más el suelo húmedo (gr);  $W_2$  = peso del tarro más el suelo seco (gr);  $W_t$  = peso del tarro (gr);  $W_w$  = peso del agua. (gr);  $W_s$  = peso seco del suelo.

• **Resultados de las humedades naturales de los suelos en la zona de estudio. –**

En general la humedad natural de los suelos estudiados es elevada presentando una media de 32%, una mínima de 23,58% y una máxima de 43,87%. En la tabla 20 se presenta la humedad natural cada una de las muestras obtenidas.

**Tabla 20: Humedades naturales de los suelos**

Calicata		%Humedad	Promedio
Calicata 1	Profundidad 2,5m	35,11%	<b>34,04%</b>
		32,98%	
	Profundidad 4,5m	35,35%	<b>35,46%</b>
		35,57%	
Calicata 2	Profundidad 2,7m	35,48%	<b>34,57%</b>
		33,66%	
	Profundidad 4,6m	34,41%	<b>34,74%</b>
		35,06%	
Calicata 3	Profundidad 3,2m	43,82%	<b>43,87%</b>
		43,92%	
	Profundidad 4,7m	33,39%	<b>33,63%</b>
		33,88%	
Calicata 4	Profundidad 2,4m	30,71%	<b>31,77%</b>
		32,84%	
	Profundidad 4,5m	23,58%	<b>23,99%</b>
		24,39%	
Calicata 5	Profundidad 2,6m	37,44%	<b>36,61%</b>
		35,79%	
	Profundidad 4,7m	38,91%	<b>38,61%</b>
		38,30%	
Calicata 6	Profundidad 2,3m	28,91%	<b>29,48%</b>
		30,04%	
	Profundidad 4,7m	29,01%	<b>28,59%</b>
		28,17%	
Calicata 7	Profundidad 2,5m	23,63%	<b>24,37%</b>
		25,12%	
	Profundidad 4,4m	26,46%	<b>26,17%</b>
		25,89%	
Calicata 8	Profundidad 2,5m	23,41%	<b>23,58%</b>
		23,75%	
	Profundidad 4,5m	26,69%	<b>26,56%</b>
		26,43%	
Calicata 9	Profundidad 2,0m	35,22%	<b>36,48%</b>
		37,74%	
	Profundidad 4,5m	36,19%	<b>35,69%</b>
		35,19%	

*Fuente: Los Autores.*

### 3.3.3 Granulometría del suelo por tamizado.

La granulometría es la distribución de los diferentes tamaños de las partículas que componen dicho suelo que es expresado como porcentaje en relación al peso total de la muestra seca, el análisis granulométrico es fundamental para determinar al grupo de suelo que pertenece mediante la clasificación SUCS, la norma ASTM D422 describe el método y procedimiento a seguir para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie hasta la malla #200 (0.074mm).

De acuerdo a una inspección visual de cada uno de suelos extraídos mediante calicatas, podemos darnos cuenta si es necesario introducir al horno una porción de la muestra a ser analizada para medir su resistencia, determinando si es de fácil disgregación para que el lavado no se dificulte realizando el ensayo de la granulometría de manera normal.

Este ensayo consiste en seleccionar una parte representativa del suelo mediante el cuarteo, para tener una muestra lo más homogénea posible que permita obtener datos reales para posteriormente ser clasificado el suelo mediante el método SUCS dando una idea de cómo se comportará el suelo al ser expuesto a cargas externas.

- **Descripción del ensayo de la granulometría por tamizado. –**

Para la realización de este ensayo se tomó como referencia la norma ASTM D422 que indica el método de determinación de los porcentajes de suelo que pasan por cada uno de los tamices empleados, la cual tiene como propósito la clasificación del suelo que existe en la zona de estudio.

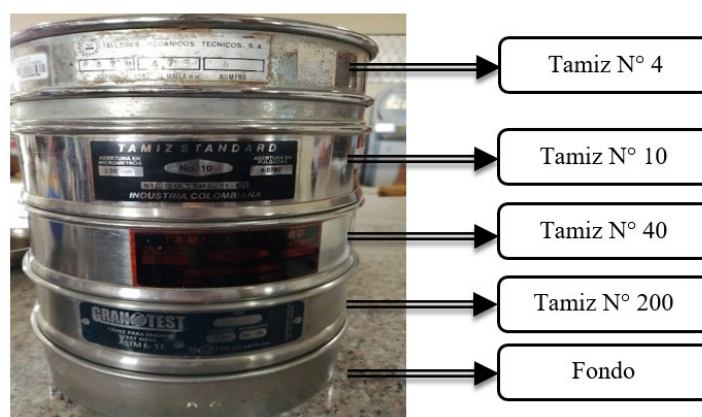
Se prepara la muestra mediante el método de cuarteo que consiste en tomar una muestra de los lados opuestos hasta obtener una muestra homogénea siendo lo más representativa del suelo que va hacer analizado, a continuación, una vez que el material se encuentra disgregado se procede a tomar una muestra de acuerdo a la Tabla 21.

**Tabla 21: Porción de muestras de material de acuerdo al diámetro nominal**

<b>Diámetro Nominal de partículas más grandes</b>	<b>Porción Aproximada de Masa Mínima (gr)</b>
3/8" (9,5 mm)	500
3/4" (19,0 mm)	1000
1" (25,4 mm)	2000
1 1/2" (38,1 mm)	3000
2" (50,8 mm)	4000
3" (76,2 mm)	5000

*Fuente: (U.C. Jose Simeon Cañas, 1996)*

Seleccionado la cantidad necesaria para el análisis granulométrico se debe tomar la humedad antes del ensayo, posteriormente se pesa la cantidad a ser lavado en una balanza con un error de 0.1 gr y se lava la muestra teniendo como fondo el tamiz N° 200 donde se retiene el material fino, cuando se observe un color transparente en el agua después de lavar, se procede a colocar en el horno durante un mínimo de 18 horas o hasta que el peso sea constante. Para realizar el ensayo se colocan los tamices en orden descendente en forma vertical. En la figura 28 se expone el orden de los tamices para el ensayo de granulometría por tamizado, observado un orden descendente desde la parte superior, comenzando el tamiz #4 hasta el fondo de forma.



**Figura 28: Orden de los tamices para ensayo de granulometría en suelos finos.**

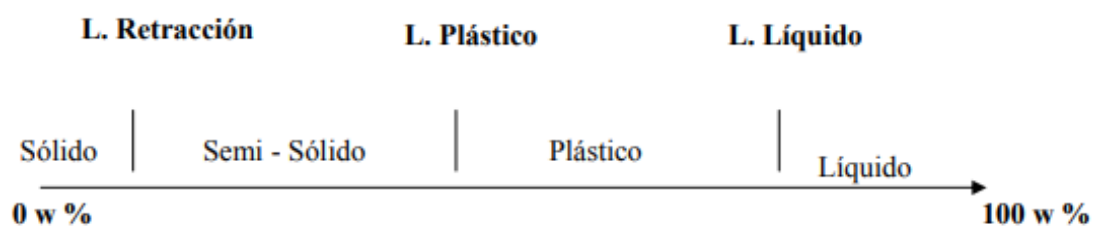
*Fuente: Los Autores.*

Se pesa el material que quedo en cada uno de los tamices, estos datos nos permitirán calcular el porcentaje de peso retenido acumulado, dato fundamental para la clasificación del suelo por el método SUCS, se debe anotar todos los pesos que se quedaron en los diferentes tamices (ver

Anexo 4) y la sumatoria de los pesos debe ser igual o tener un error del 2% con respecto al peso inicial antes del ensayo.

### 3.3.4 Límites de Atterberg.

Conocido también como límites de consistencia o límites de plasticidad, para lo cual es importante conocer el concepto de mecánica de suelos, (Terzaghi, 1925) menciona que “La Mecánica de Suelos es la aplicación de las leyes de la Mecánica y la Hidráulica a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independiente de que tengan o no contenido de materia orgánica”, dicho concepto de mecánica de suelos es importante para conocer que la plasticidad es una propiedad que se refiere a la “capacidad que tiene un material de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin que se produzca una variación volumétrica apreciable, y sin agrietarse ni desmoronarse”. Atterberg señaló que la plasticidad es una propiedad que depende de su contenido de agua por lo tanto no es permanente de las arcillas, dicho material puede tener la resistencia de un ladrillo con contenido de agua bajo (seca) y el mismo material al añadir agua puede tener el comportamiento de un lodo líquido o semi-líquido, el cambio o variación que existe de una consistencia otra en el mismo material por lo cual un suelo pasa del estado líquido a seco, Atterberg puntualizó las siguientes fronteras llamándolos límites de consistencia. En la figura 29 se expone los tres límites (retracción, plástico y líquido) y sus estados de frontera, jugando un papel importante el % de humedad.



**Figura 29: Fronteras y límites de consistencia.**  
Fuente: (Crespo Villalaz, 2011)

Como se observa en la figura 29 existen tres fronteras de los cuatro estados que se presenta en un material fino los cuales son:

- **Límite de contracción o retracción:** es la primera frontera entre el estado sólido y semi-sólido.
- **Límite plástico:** es la segunda frontera entre el estado plástico y semi-sólido.
- **Límite Líquido:** es la tercera frontera entre el estado líquido y plástico.
- **Límite líquido (LL). –**

El límite líquido (LL) se refiere al contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa de un estado plástico a un estado líquido, la cual tiene un comportamiento de fluido viscoso fluyendo bajo su propio peso (masa) y por debajo del contenido de humedad la mezcla suelo-agua se encuentra en un estado plástico, cualquier cambio de contenido de humedad a cualquier lado de LL produce cambio de volumen.

Casagrande estableció que el límite líquido (LL) es una medida de resistencia al corte de suelo a un determinado contenido de humedad y cada golpe que se le aplica para cerrar corresponde a un esfuerzo cortante alrededor de 1 gr/cm<sup>2</sup>, para encontrar el límite líquido (LL) el ensayo se lo realiza mediante la máquina de Casagrande. (Omar Rafael, Ayaipoma Toralva, Huaman Alanya, 2015) (Ver Anexo 5)

- **Límite plástico (LP). –**

El límite plástico (LP) es el contenido de humedad por encima del cual la mezcla suelo-agua pasa a un estado plástico, al aplicar una presión (fuerza) la mezcla se deforma a cualquier forma y por debajo de éste contenido de humedad la mezcla está en un estado semi-sólido cualquier cambio de contenido de humedad a cualquier lado de LP produce cambio de volumen. Para encontrar el límite plástico de un suelo se realiza mediante el ensayo de obtener un cilindro de aproximadamente 3mm de diámetro, este ensayo es más subjetiva debido a que

dependerá exclusivamente de la experiencia del laboratorista. (Omar Rafael, Ayaipoma Toralva, Huaman Alanya, 2015) (Ver Anexo 5).

- **Índice de plasticidad (IP).** –

Este parámetro se lo determina a partir de los límites de Atterberg, siendo un parámetro esencial para clasificar el suelo, este valor dependerá básicamente de la conformación del suelo analizado, para suelos arcillosos con un IP elevado pueden remoldearse con facilidad y laminarse en tiras largas, y los valores bajos del IP se consideran suelos que cambian rápidamente al adicionarse agua, el contenido de humedad del suelo dependerá de los minerales contenidos de las arcillas.

Un IP alto hay que tener consideración debido a que puede ser potencialmente expansivos, para el caso de la Ingeniería es factible tener un elevado IP y bajo LL, para el caso de IP y LL altos significa que el suelo tiene una afinidad por el agua siendo más susceptibles a los cambios de humedad ocasionando agrietamientos. (Omar Rafael, Ayaipoma Toralva, Huaman Alanya, 2015)

Para calcular el índice de plasticidad se emplea la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

**Donde:**

**IP:** Índice de Plasticidad; **LL:** Límite Líquido; **LP:** Límite Plástico.

En la tabla 22, se presenta los límites de Atterber (LL y LP) y el índice de plasticidad (IP), que fueron calculados para cada una de las muestras obtenidas en campo (calicatas), los cuales están entre los siguientes rangos:  $40,73\% \leq LL \leq 75,94\%$ ;  $23,71\% \leq LP \leq 35,65\%$ ;  $14,26\% \leq IP \leq 41,84\%$ ; siendo resultados típicos y característicos de suelos finos de alta plasticidad.

**Tabla 22: Resultados de los límites líquido, plástico e índice de plasticidad de los suelos.**

Calicata		LL (límite líquido)	LP (límite plástico)	IP (índice de plasticidad)
Calicata 1	Profundidad 2,5 m	69,17%	33,31%	35,86%
	Profundidad 4,5 m	69,17%	33,31%	35,86%
Calicata 2	Profundidad 2,7 m	53,96%	26,80%	27,16%
	Profundidad 4,6 m	40,73%	26,29%	14,44%
Calicata 3	Profundidad 3,2 m	58,10%	32,47%	25,63%
	Profundidad 4,7 m	58,68%	29,48%	29,20%
Calicata 4	Profundidad 2,4 m	67,84%	35,61%	32,23%
	Profundidad 4,5 m	59,52%	29,18%	30,34%
Calicata 5	Profundidad 2,6 m	73,54%	31,70%	41,84%
	Profundidad 4,7 m	65,02%	32,76%	32,26%
Calicata 6	Profundidad 2,3 m	52,11%	23,71%	28,40%
	Profundidad 4,7 m	52,11%	23,71%	28,40%
Calicata 7	Profundidad 2,5 m	75,94%	35,65%	40,29%
	Profundidad 4,4 m	52,59%	25,48%	27,11%
Calicata 8	Profundidad 2,5 m	52,13%	27,60%	24,53%
	Profundidad 4,5 m	53,05%	26,63%	26,42%
Calicata 9	Profundidad 2,0 m	51,84%	27,12%	24,72%
	Profundidad 4,5 m	42,15%	27,89%	14,26%

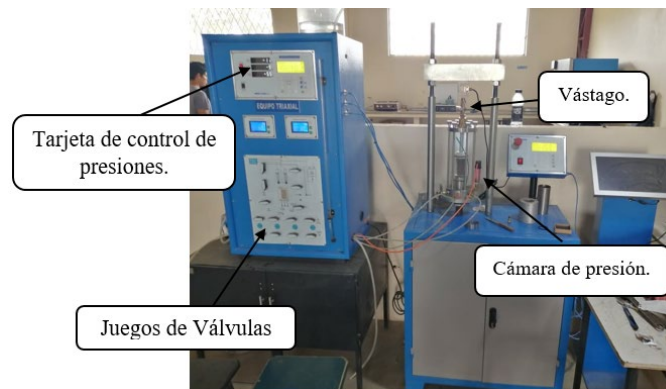
*Fuente: Los Autores.*

### 3.4 Ensayo Triaxial UU.

Para lograr datos confiables y con mayor porcentaje de efectividad a la hora de determinar las características mecánicas de los suelos, la prueba triaxial es uno de los métodos eficaces y recomendados. En la figura 30 se observa el equipo triaxial que dispone la Universidad Católica de Cuenca, en el laboratorio de suelos para realizar el ensayo, indicando sus respectivos componentes.

En la tabla 23, se presentan un resumen de los resultados obtenidos como la humedad de los especímenes analizados, peso específico del suelo tanto húmedo como seco y los parámetros mecánicos de cohesión y ángulo de fricción que posteriormente nos permitirán

calcular la capacidad de carga de los suelos. En el anexo 6 se presentan las tablas completas con el procedimiento y cálculos realizados en cada uno de los ensayos SPT.



**Figura 30: Equipo Triaxial.**

*Fuente: Los Autores.*

**Tabla 23: Resultados del Ensayo Triaxial UU.**

SPT	Prof. (m)	Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	Angulo de fricción	Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	% Humedad
SPT 1	1.50-2.00	0.10	17	1.92	35,66%
SPT 2	1.50-2.00	0.40	25	1.92	22,00%
	2.50-3.00	1.00	10	1.94	25,00%
SPT 3	3.50-4.00	1.10	0	1.99	28,00%
	1.50-2.00	0.60	0	1.84	38,18%
	2.50-3.00	1.00	0	1.8	33,27%
SPT 4	3.50-4.00	0.38	5	1.79	38,76%
	1.50-2.00	0.15	10	1.85	44,88%
SPT 5	3.50-4.00	0.12	9	1.79	38,06%
	2.0-2.50	1.10	0	1.89	39,80%
	3.0-3.50	0.34	9	1.94	33,27%
	4.0-4.50	0.70	10	1.94	36,40%

*Fuente: Los Autores.*

En la tabla 23, se pudo observar que las características mecánicas del suelo son en su mayoría típicas de arcillas, de suelos sin o con mínima cohesión teniendo los siguientes rangos:  $0,10 \leq \zeta \leq 1,10$  (kg/cm<sup>2</sup>);  $0 \leq \phi \leq 25$  (grados);  $1,79 \leq \rho \leq 1,99$  (gr/cm<sup>3</sup>).

## 4 CAPITULO 4. RESULTADOS Y CÁLCULOS

Luego de la obtención de las muestras en campo (calicatas, SPT) y ensayos de laboratorio (Límites de Atterberg, granulometría, humedad natural, triaxial, etc.) y ensayos en campo (geofísica sísmica) que han sido detallados e indicados en el capítulo anterior.

Se procede en el siguiente capítulo con el cálculo e interpretación de resultados, así como se detalla la metodología o procedimiento empleado, para la obtención de diferentes datos tales como: clasificación de los suelos de acuerdo al método SUCS, potencial de expansividad, índice de compresibilidad, capacidad de carga, velocidad de las ondas superficiales, tipo de suelo sísmico de acuerdo a la NEC, parámetros elásticos de los suelos y las cargas actuantes esperadas para las viviendas tipo.

Todos estos datos nos serán de utilidad en primera instancia para determinar el tipo de cimentación más óptima a implementarse en las viviendas que en un futuro se construirán en la zona y luego para el diseño de la cimentación y el cálculo de los asentamientos.

Para la determinación del tipo de cimentación a implementarse es de suma importancia una revisión bibliográfica, para lo cual se toma como datos primordiales las características físicas, mecánicas y elásticas que tiene el suelo dentro del área de estudio, para identificar la cimentación más óptima, segura y económica.

### 4.1 Clasificación de los suelos mediante el método SUCS. –

Para clasificar los suelos de acuerdo al método S.U.C.S. es necesario contar con la granulometría y los límites líquido y plástico de los suelos. A continuación, se presenta la tabla 24 donde se puede observar distintos parámetros físicos de los suelos, así como su clasificación tomando en cuenta la tabla 2 de este documento.

Tabla 24: Clasificación del suelo mediante el método SUCS.

Clasificación del suelo mediante el método SUCS										
	Calicata	%Hum	LL	LP	IP	%Finos	%Arena	%Grava	Clasif.	Descripción
C1	Profundidad 2,5m	34,04%	69,17%	33,31%	35,86%	79%	21%	0%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
	Profundidad 4,5m	35,46%	69,17%	33,31%	35,86%	79%	21%	0%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
C2	Profundidad 2,7m	34,57%	53,96%	26,80%	27,16%	73%	27%	0%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
	Profundidad 4,6m	34,74%	40,73%	26,29%	14,44%	67%	32%	1%	ML	Limo de baja plasticidad.
C3	Profundidad 3,2m	43,87%	58,10%	32,47%	25,63%	84%	15%	1%	MH	Limo de alta plasticidad, limo elástico
	Profundidad 4,7m	33,63%	58,68%	29,48%	29,20%	71%	25%	4%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
C4	Profundidad 2,4m	31,77%	67,84%	35,61%	32,23%	84%	14%	0%	MH	Limo de alta plasticidad, limo elástico
	Profundidad 4,5m	23,99%	59,52%	29,18%	30,34%	88%	12%	0%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
C5	Profundidad 2,6m	36,61%	73,54%	31,70%	41,84%	88%	12%	0%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
	Profundidad 4,7m	38,61%	65,02%	32,76%	32,26%	85%	15%	0%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
C6	Profundidad 2,3m	29,48%	52,11%	23,71%	28,40%	85%	15%	0%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
	Profundidad 4,7m	28,59%	52,11%	23,71%	28,40%	85%	15%	0%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
C7	Profundidad 2,5m	24,37%	75,94%	35,65%	40,29%	91%	9%	0%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
	Profundidad 4,4m	26,17%	52,59%	25,48%	27,11%	84%	16%	0%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
C8	Profundidad 2,5m	23,58%	52,13%	27,60%	24,53%	86%	14%	0%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
	Profundidad 4,5m	26,56%	53,05%	26,63%	26,42%	78%	22%	0%	CH	Arcilla de alta plasticidad.
C9	Profundidad 2,0m	36,48%	51,84%	27,12%	24,72%	79%	20%	1%	CH	Arcilla de alta plasticidad
	Profundidad 4,5m	35,69%	42,15%	27,89%	14,26%	66%	31%	3%	ML	Limo de baja plasticidad

Fuente: Los Autores.

#### 4.2 Expansividad. –

La importancia de analizar si los suelos estudiados tienen algún grado de expansividad, se debe a que tiene una afección notoria sobre la estructura cuando se ha culminado el proceso de construcción. Esto se debe a que este tipo de suelos tiene la capacidad de expandirse en época

de lluvia y contraerse en época seca. Por lo cual, este cambio volumétrico del suelo, genera daños sobre las cimentaciones y elementos estructurales sobre este tipo de suelos. (Vélez Dávila, 2012)

Existen varias pruebas para determinar la expansividad de un suelo tales como: prueba de expansión simple, prueba de presión de expansión y la clasificación de suelos expansivos con base en pruebas índice (Das & Leon, 2012) que es el utilizado en el presente estudio.

Para determinar el carácter expansivo de un suelo fino, suele utilizarse los límites de Atterberg de material y correlacionarlos con método empíricos, en el presente estudio se utilizó el método basado en la plasticidad compilada por O'Neill y Poormoayed (1980) y la presentada por Chen (1988) que está establecida únicamente con el índice de plasticidad, los dos son métodos cualitativos. En las tablas 25 y 26 se presentan los métodos presentados por dichos autores:

**Tabla 25: Sistema de clasificación de suelos expansivos según O'Neil y Poormoayed**

<b>Límite líquido</b>	<b>Índice de plasticidad</b>	<b>Expansión potencial (%)</b>	<b>Clasificación de la expansión potencial</b>
<50	<25	<0,5	Bajo
50 - 60	25 - 35	0,5 - 1,5	Marginal
>60	>35	>1,5	Alto

*Fuente: (Das & Leon, 2012)*

**Tabla 26. Sistema de clasificación de suelos expansivos según Chen**

<b>Índice de plasticidad</b>	<b>Clasificación de la expansión potencial</b>
<15,0	Bajo
10,0 - 35,0	Medio
20,0 - 55,0	Alto
≥ 35,0	Muy alto

*Fuente: (Das & Leon, 2012)*

A continuación, en la tabla 27, se presenta la clasificación de expansión potencial de las muestras extraídas mediante calicatas, por los dos sistemas de clasificación mencionadas

anteriormente, obteniendo como resultado que de acuerdo con la clasificación según O'Neil y Poormoayed los suelos estudiados tienen un potencial marginal de expansión, y de acuerdo con la clasificación de Chen, los suelos tienen un potencial medio de expansión por lo que a la hora de diseñar las cimentaciones es necesario tomar en cuenta estas consideraciones para evitar daños en la estructura.

**Tabla 27: Clasificación de expansividad de los suelos estudiados**

Calicata		LL	IP	Clasificación según O'Neil y Poormoayed	Clasificación según Chen
C1	Prof. 2,5m	69,17%	35,86%	Alto	Alto
	Prof. 4,5m	69,17%	35,86%	Alto	Alto
C2	Prof. 2,7m	53,96%	27,16%	Marginal	Medio
	Prof. 4,6m	40,73%	14,44%	Bajo	Bajo
C3	Prof. 3,2m	58,10%	25,63%	Marginal	Medio
	Prof. 4,7m	58,68%	29,20%	Marginal	Medio
C4	Prof. 2,4m	67,84%	32,23%	Marginal	Medio
	Prof. 4,5m	59,52%	30,34%	Marginal	Medio
C5	Prof. 2,6m	73,54%	41,84%	Alto	Alto
	Prof. 4,7m	65,02%	32,26%	Marginal	Medio
C6	Prof. 2,3m	52,11%	28,40%	Marginal	Medio
	Prof. 4,7m	52,11%	28,40%	Marginal	Medio
C7	Prof. 2,5m	75,94%	40,29%	Alto	Alto
	Prof. 4,4m	52,59%	27,11%	Marginal	Medio
C8	Prof. 2,5m	52,13%	24,53%	Marginal	Medio
	Prof. 4,5m	53,05%	26,42%	Marginal	Medio
C9	Prof. 2,0m	51,84%	24,72%	Marginal	Medio
	Prof. 4,5m	42,15%	14,26%	Bajo	Bajo
<b>Promedio</b>		<b>59,60%</b>	<b>28,83%</b>	<b>Marginal</b>	<b>Medio</b>

*Fuente: Los Autores.*

#### 4.3 Índice de compresibilidad. –

El índice de compresibilidad de un suelo, hace referencia al cambio de volumen que va a sufrir un material, cuando ha sido sometido a una carga constante, su nomenclatura es la ( $C_c$ ).

Las fallas por capacidad de carga se presentan debido a la rotura por corte del suelo bajo la cimentación, existen tres tipos de fallas: fallas por corte general, falla por punzonamiento y falla por corte local. Todas estas fallas pueden ser bien diferenciadas unas de otras, pero no

existe un parámetro numérico que permita predecir el tipo de falla a ocurrir, sin embargo, una forma de llegar a un estimado es basándose en la compresibilidad del suelo, debido a las condiciones de carga y geometría de la cimentación (Patzan, 2009). De acuerdo con Crespo Villalaz, en un suelo incompresible el tipo de falla será del tipo de corte general, mientras que en un suelo comprensible el tipo de falla será por corte local o punzonamiento.

Las tablas 28 y 29, presentan los valores o rangos del índice de compresión que posee diferentes tipos de suelos (arcillas y limos).

**Tabla 28: Valores típicos de índice de compresión en arcillas ligeramente pre consolidadas**

Suelos	Tensión efectiva consolidada $\sigma_{cef}$ [kPa]	Tensión efectiva final en el suelo $\sigma_{oil}$ $\sigma_{ef}$ [kPa]	Índice de compresión (Cc)
CL arcilla blanda	160	200	0,34
CL arcilla dura	170	250	0,44
ML limo de baja plasticidad	230	350	0,16
MH limo de alta plasticidad	280	350	0,84
CH arcilla blanda con capas de limo	340	290	0,52

*Fuente: USA Louisiana Kafmann and Sherman (1964)*

**Tabla 29: Valores típicos de índice de compresión en diversos tipos de suelos**

Suelos	Índice de compresión (Cc)
Arcilla normalmente consolidado	0,20 - 0,50
Arcilla Chicago con limo (CL)	0,15 - 0,30
Arcilla azul (CL)	0,3 - 0,5
Arcilla Vickburgs - dray falls into lumps (CH)	0,3 - 0,6
Arcilla sueca (CL – CH)	1,0 - 3,0
Arcilla de Canadá, de Leda (CL – CH)	1,0 - 4,0
Arcilla de ciudad de México (MH)	7,0 - 10,0
Arcilla Orgánica (OH)	4,0 a más
Turbas (Pt)	4,0 - 10,0
Limo orgánico y sedimentos arcillosos (ML – MH)	1,5 - 4,0
Sedimentos de San Francisco (CL)	0,4 - 1,2
Arcilla de la antigua Bahía de San Francisco	0,7 - 0,9
Arcilla de Bangkok (CH)	0,4

*Fuente: Prof. Juan M. Pestana (1994)*

Hoy en día existen ya varios estudios como el realizado por el USA Louisiana Kaufmann and Shermann (1964) en donde presentan tensiones efectivas consolidada, tensión efectiva final en el suelo y el índice de compresibilidad de arcillas ligeramente sobre consolidadas y limos controlados estos valores se los puede observar en la tabla 28. Además, un estudio realizado por el Prof. Juan M. Pestana en la Universidad de California, ofrece valores típicos de índice de compresión de diversos tipos de suelos, ver tabla 29.

Existen varias maneras de calcular este índice ya sea en laboratorio mediante la variación del índice de vacío como una función de la variación de la tensión efectiva ( $\sigma_{ef}$ ) representada en la escala logarítmica; o de manera empírica teniendo varias fórmulas propuestas por diversos autores como Skempton (1944), Nishida (1956), Terzaghi (1948), Moh a kol. (1989), Pestana (1994), etc. Cada una de las fórmulas que proponen los diversos autores depende principalmente del tipo de suelo que se está estudiando.

Para el cálculo del índice de compresibilidad del presente proyecto se realizará utilizando el método empírico con la ecuación presentada por Terzaghi y Peck (1967) que es utilizada para suelos arcillosos transformados o muestras remoldeadas o alteradas que es el caso de las calicatas. La ecuación es la siguiente:

$$C_c = 0.007 (LL - 10\%)$$

**Donde:**

$C_c$  = Índice de compresibilidad;  $LL$  = Limite Liquido del suelo;

En la tabla 30, se presenta los índices de compresibilidad de los suelos calculados de acuerdo con los límites líquidos obtenidos de cada una de las calicatas realizadas en la etapa de exploración geotécnica, estos índices de compresibilidad se compararán con los índices típicos presentados en las tablas 28 y 29, para tener relación y coherencia en los resultados.

Tabla 30: Índice de compresibilidad de los suelos analizados

Núm. Calicata	Profundidad	Clasificación SUCS	LL (%)	Cc
1	2,5	CH	69,17	0,41
	4,5	CH	69,17	0,41
2	2,7	CH	53,96	0,31
	4,6	ML	40,73	0,22
3	3,2	MH	58,1	0,34
	4,7	CH	58,68	0,34
4	2,4	MH	67,84	0,40
	4,5	CH	59,52	0,35
5	2,6	CH	73,54	0,44
	4,7	CH	65,02	0,39
6	2,3	CH	52,11	0,29
	4,7	CH	52,11	0,29
7	2,5	CH	75,94	0,46
	4,4	CH	52,59	0,30
8	2,5	CH	52,13	0,29
	4,5	CH	53,05	0,30
9	2,5	CH	51,84	0,29
	4,5	ML	42,15	0,23

*Fuente: Los Autores.*

Los valores del índice de compresibilidad de los suelos analizados oscilan entre 0.23 hasta 0.48 teniendo una media de 0.37. Estos valores tienen concordancia con el tipo de suelo y los valores típicos presentados en las tablas 28 y 29. El índice de compresibilidad servirá además para zonificar el área de estudio y determinar el tipo de cimentación más adecuada que debería realizarse en cada una de las zonas.

#### 4.4 Capacidad portante del suelo. –

Una de las principales características de las cimentaciones superficiales para que tengan un desempeño óptimo es que deben ser seguras contra la falla por corte del suelo que las soporta.

La carga admisible o capacidad portante del suelo “es aquella que puede ser aplicada sin producir desperfectos en la estructura soportada, teniendo un margen de seguridad dado por el llamado factor de seguridad (FS)” (Crespo Villalaz, 2011). La carga admisible que puede llegar

a soportar el suelo no depende únicamente de las características del suelo, sino también del tipo de cimentación y de las características e importancia de la estructura.

Hoy en día existen varias fórmulas empíricas que han planteado diferentes autores para el cálculo de la capacidad de carga última de los suelos como por ejemplo Meyerhof (1963), Vesic (1973), Hansen (1970), dichos autores sugirieron la ecuación general de la capacidad de carga la misma que toma en cuenta los factores de forma, inclinación de la carga y profundidad de la cimentación. Existe, además, la teoría de la capacidad de carga de Terzaghi (1943), quien plantea ecuaciones para el cálculo de la capacidad de carga para cimientos corridos, cuadrados y circulares, tanto para cimentaciones que presentan el modo de falla general por corte en suelos, así como, para cimentaciones que presentan el modo de falla local por corte en suelos. Actualmente las ecuaciones de Terzaghi siguen siendo muy utilizadas, ya que proporcionan muy buenos resultados considerando la incertidumbre de las condiciones del suelo en donde se emplazará la cimentación y proporciona los resultados más conservadores en comparación a los otros métodos, debido a que no toma en cuenta la resistencia al cortante proveída por el suelo.

De acuerdo con (Patzan, 2009) la ecuación de Terzaghi se recomienda para suelos cohesivos donde  $D_f/B \leq 1$ , este método proporciona un valor estimado rápido de la capacidad de carga, que al ser bastante conservador permite dar una primera evaluación acerca de la capacidad de carga.

De acuerdo a la exploración geotécnica y ensayos de laboratorio realizados y en base a los resultados obtenidos se sabe que en la zona en estudio predominan las arcillas de alta plasticidad (CH). Para la correcta aplicación de las ecuaciones presentadas por el Dr. Karl Terzaghi es necesario conocer previamente algunos parámetros como: el estado de saturación de las arcillas (completamente saturado o parcialmente saturado), el tipo de falla que se espera,

ya sea esta de corte general o de corte local y la geometría de la cimentación que hasta el momento no se la ha definido, es por esto que se presentara la capacidad de carga tanto para zapatas cuadradas, circulares y corridas así como para los dos tipos de falla que pueden presentarse para posteriormente realizar un análisis más a fondo del tipo de cimentación más adecuada que debe emplearse en la construcción de las viviendas en la zona de estudio.

#### 4.4.1 Resistencia al cortante en arcillas saturadas. –

En muchas estructuras, las velocidades de construcción son relativamente rápidas, si se comparan con el tiempo requerido por las arcillas saturadas para consolidarse completamente bajo los esfuerzos finales. Por esta razón se asume que no ocurrirá drenaje o consolidación en la arcilla, y la medida de resistencia cortante deberá ser para esta condición de carga. Es por esto que el procedimiento de cálculo para encontrar los parámetros mecánicos de los suelos (cohesión y fricción), será mediante el ensayo no consolidado, no drenado (UU) o también conocido como ensayo rápido (Q). (Alva Hurtado, 2012)

En la figura 31 se presenta un conjunto típico de resultados de ensayos triaxiales para una arcilla saturada bajo condiciones no consolidadas – no drenadas (UU). De dicha figura se puede observar que la resistencia cortante ( $\tau$ ) es la misma para todas las muestras analizadas y que la envolvente de falla es una línea horizontal, debido a que la arcilla saturada no tiene ángulo de fricción por lo que  $\phi=0$ . La resistencia cortante puede expresarse por la siguiente ecuación:

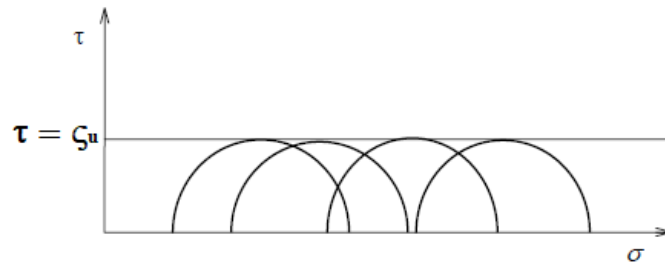
$$\tau = \zeta_u$$

**Donde:**

$\tau$ = esfuerzo resistente al corte del suelo (Ton/m<sup>2</sup> o Kg/cm<sup>2</sup>).

$\zeta$ = cohesión del suelo (Ton/m<sup>2</sup> o Kg/cm<sup>2</sup>).

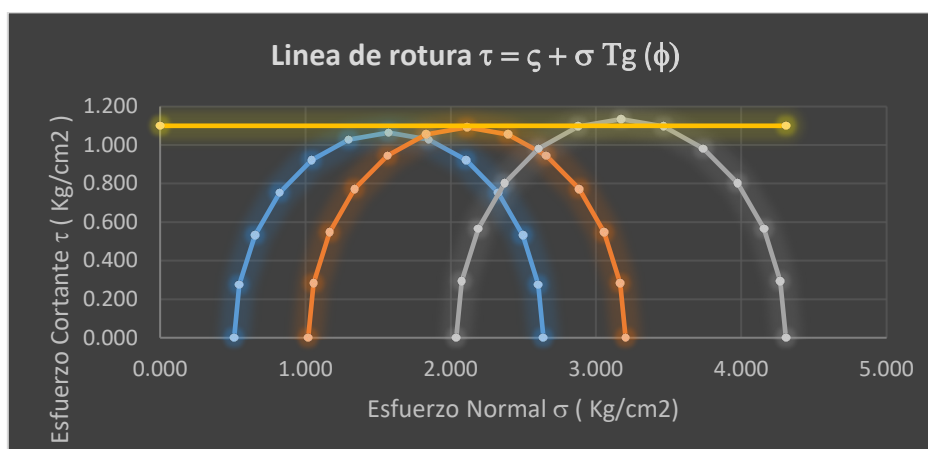
$\mu$ = intersección de cohesión en el diagrama de Mohr.



**Figura 31. Envoltorio de falla de una arcilla saturada**  
*Fuente: (Alva Hurtado, 2012)*

Después que una carga se aplique al suelo debido a la construcción de una cimentación, ocurrirá asentamiento gradual con el tiempo conforme el suelo se consolida, mientras la consolidación ocurre también la resistencia cortante del suelo aumenta gradualmente. Es por esto que, el periodo más crítico en la vida de una estructura, se da inmediatamente después de la construcción de las mismas, debido a que la resistencia cortante del suelo en ese instante es más baja. Por esta razón, usualmente se diseña en base a los valores de resistencia cortante no consolidado – no drenado que le proporciona una pequeña cantidad de conservadurismo al diseño.

Luego de haber realizado la exploración geotécnica y realizado los ensayos correspondientes, en este caso el triaxial (UU), en el SPT 5 a una profundidad de 2.00m – 2.50m se tiene un claro ejemplo de la presencia de una arcilla saturada. En la figura 32, se observa la envolvente de falla de este suelo con valores reales.



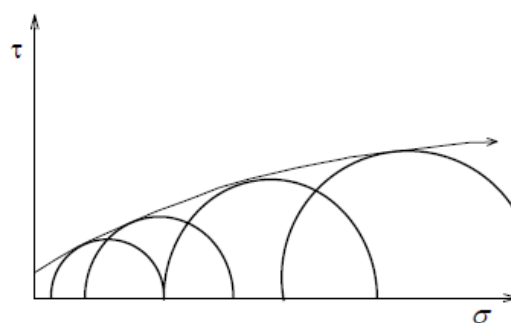
**Figura 32. Envoltorio de falla con datos reales de una arcilla saturada.**  
*Fuente: Los Autores.*

#### 4.4.2 Resistencia al cortante en arcillas parcialmente saturadas. –

Muchos suelos arcillosos donde se emplazará una cimentación, por encima del nivel freático, pueden encontrarse solo parcialmente saturados, una vez que ha estos suelos se les aplique una carga, tendrán a comprimirse y por ende la presión del agua y aire aumenta.

Jorge Alva (2012) sugiere que el procedimiento de ensayo no consolidado – no drenado (UU o Q) es también apropiado para los suelos parcialmente saturados, debido a que el suelo se comprimirá bajo las cargas reales sometidas en campo, pero no habrá suficiente tiempo disponible para que el aire y el agua drenen de los espacios vacíos del suelo, debido principalmente a la baja permeabilidad de suelos arcillosos parcialmente saturados ya que el agua restringe el flujo de aire del espacio vacío.

En una serie de ensayos (UU) en suelos parcialmente saturados, se observará que la resistencia cortante del suelo aumenta con la presión de confinamiento. Una envolvente de resistencia típica de un ensayo (UU) en una arcilla compacta se muestra en la figura 33, donde se expone la envolvente de falla para arcillas parcialmente saturada, observando la presencia de una inclinación por el incremento de la resistencia cortante del suelo.



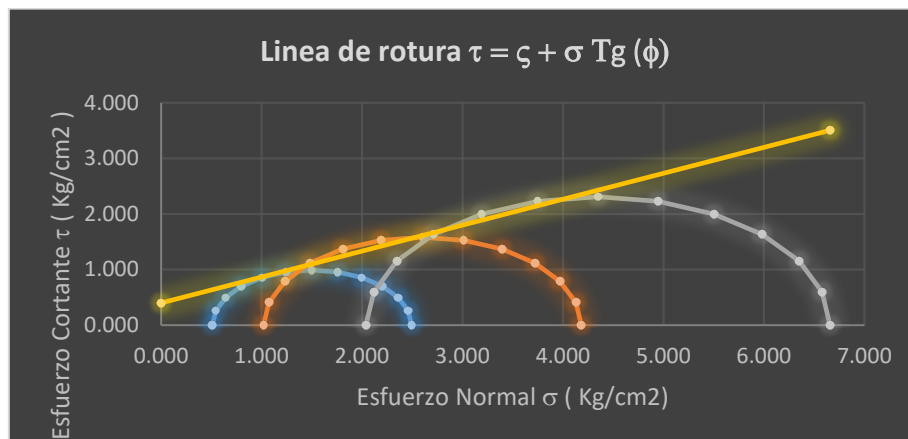
**Figura 33. Envolvente de falla para arcilla parcialmente saturada.**

*Fuente: Jorge Alva Hurtado (2012)*

A pesar de que en la figura 33, se presenta que la envolvente de resistencia es curva, por propósitos de diseño se utilizan segmentos rectos a lo largo de las porciones curvas correspondientes al rango de esfuerzo en el campo. De dicho segmento recto equivalente se

determinan los valores de cohesión ( $\zeta$ ) y ángulo de fricción interna ( $\phi$ ), que sirven para utilizarse en la ecuación general de resistencia cortante planteada por Coulomb.  $\tau = \zeta + \sigma \operatorname{tg} \phi$

De la misma manera un ejemplo en campo de la envolvente de falla en arcillas parcialmente saturadas es la obtenida en el SPT 2, a una profundidad de 1.50m – 2.00m y se muestra en la figura 34, donde se observa con claridad la tendencia de la recta por el incremento de resistencia cortante del suelo, por lo cual en el eje Y se encuentra el esfuerzo cortante y en otro eje X el esfuerzo normal que fueron obtenidos en el laboratorio mediante el ensayo triaxial UU.



**Figura 34. Envolvente de falla con datos reales de una arcilla parcialmente saturada.**  
*Fuente: Los Autores.*

Un claro ejemplo de análisis de tipo no consolidado – no drenado (UU o Q) es el de una zapata continua colocada rápidamente en un depósito de arcilla véase figura 35. Su fórmula empírica de cálculo según Terzaghi con  $\tau = 0$  es la siguiente:

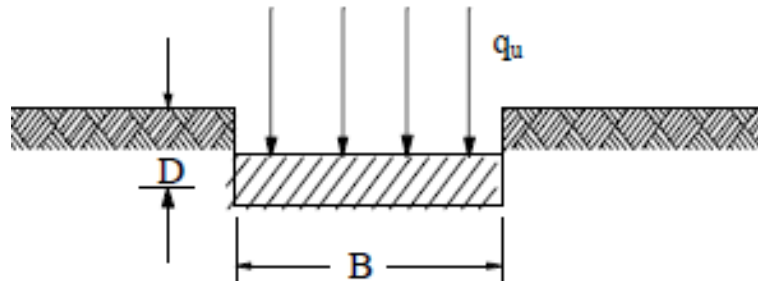
$$q_u = 5.7 \zeta + \gamma D$$

**Donde:**

$q_u$ = capacidad de carga límite (Ton/m<sup>2</sup> ó Kg/cm<sup>2</sup>);  $\zeta$ = cohesión del suelo (Ton/m<sup>2</sup> ó Kg/cm<sup>2</sup>).

$\gamma$ = Peso volumétrico del suelo o también conocida como densidad húmeda (Ton/m<sup>3</sup> o Kg/m<sup>3</sup>).

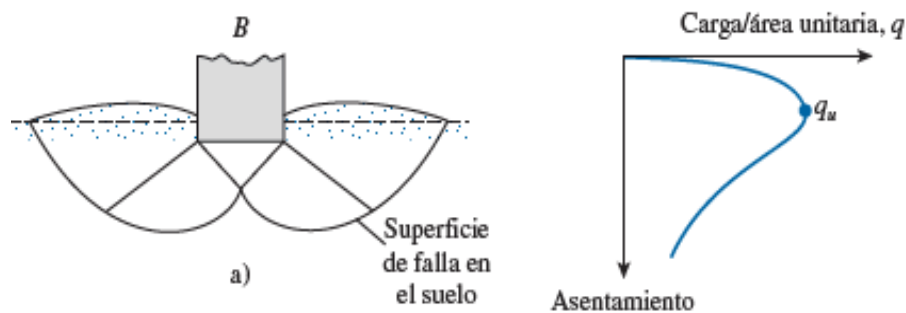
$D$ = profundidad del desplante de la cimentación (m).



**Figura 35. Zapata continua en depósito de arcilla.**  
Fuente: (Crespo Villalaz, 2011)

#### 4.4.3 Capacidad de carga límite de una cimentación para falla por corte general. –

Como ya se mencionó anteriormente el tipo de falla por corte general se da en suelos principalmente incompresibles, que a su vez están asociados con suelos compactos y duros generalmente este tipo de falla se presenta en arenas densas y arcillas rígidas y se caracteriza por la presencia de una superficie de deslizamiento continua dentro de terreno, que se inicia en el borde de la cimentación y que avanza hasta la superficie contraria como se puede observar en la figura 36. (Das & Leon, 2012)



**Figura 36. Falla por corte general.**  
Fuente: (Das & Leon, 2012)

En la tabla 31, se muestran las relaciones aproximadas planteadas por el Dr. Karl Terzaghi, entre el número de SPT, la resistencia a compresión axial ( $q_u$ ) y la consistencia de las arcillas. El  $N_{corr}$  (SPT) corresponde al número de golpes corregidos necesarios para que el sacamuestras penetre los últimos 30 cm de los 45 cm totales de la perforación en el suelo de análisis. El catedrático de estructuras Juan Pérez Valcárcel (2008), presenta unas relaciones y características con propiedades reales de los terrenos que permiten identificar la consistencia

de los suelos de acuerdo con la humedad natural y densidades seca y húmeda de los mismos. En la tabla 32 se presenta un estrato de la tabla presentada ya que para el presente estudio son de interés únicamente las arcillas.

**Tabla 31. Correlaciones entre NSPT –  $q_{adm}$  - consistencia**

$N_{corr}$ (SPT)	ARCILLAS (Kg / cm <sup>2</sup> )	
	$q_{adm}$	Consistencia
< 2	< 0,25	<i>Muy blanda</i>
2 -- 4	0,25 - 0,50	<i>Blanda</i>
4 -- 8	0,5 - 1,00	<i>Media</i>
8 -- 15	1,00 - 2,00	<i>Compacta</i>
15 -- 30	2,00 - 4,00	<i>Muy compacta</i>
> 30	> 4,00	<i>Dura</i>

*Fuente: Dr. Karl Terzaghi (1943)*

**Tabla 32. Valores usuales dependiendo de la consistencia de la arcilla**

Consistencia	Humedad Natural (%)	Densidad seca (T/m <sup>3</sup> )	Densidad Húmeda (T/m <sup>3</sup> )
<i>Arcilla muy blanda</i>	62	1,08	1,34
<i>Arcilla blanda</i>	55	1,22	1,76
<i>Arcilla semi - compacta</i>	35	1,47	1,92
<i>Arcilla compacta</i>	32	1,45	1,89
<i>Arcilla muy compacta</i>	27	1,61	2,01
<i>Arcilla dura</i>	22	1,8	2,13

*Fuente: Juan Pérez Valcárcel (2008)*

Para el instante de la falla el Dr. Karl Terzaghi desarrollo una teoría para el caso de cimentaciones continuas, para el caso de cimentaciones cuadradas o circulares no existe un estudio teórico que resuelva el problema, sin embargo, Terzaghi modifico su fórmula fundamental y presentó las nuevas ecuaciones empíricas para el caso de zapatas cuadradas y circulares. De acuerdo con Terzaghi las ecuaciones que se presentan a continuación en la tabla 33, son válidas para una falla por corte general, cuando el  $N_{corr}$  (S.P.T) es mayor a 15 golpes.

**Tabla 33. Fórmulas de Terzaghi para capacidad de carga por corte general**

<b>Tipo de cimentación</b>	<b>Fórmula de cálculo</b>
<i>Cimiento corrido</i>	$q_u = \zeta N_c + \gamma Df N_q + 0.5 \gamma B N_y$
<i>Zapata Cuadrada</i>	$q_u = 1,30 \zeta N_c + \gamma Df N_q + 0.40 \gamma B N_y$
<i>Zapata Circular</i>	$q_u = 1,30 \zeta N_c + \gamma Df N_q + 0.60 \gamma R N_y$

*Fuente:* (Crespo Villalaz, 2011)

**Dónde:**  $q_u$  = capacidad de carga limite (Ton/m<sup>2</sup> ó Kg/cm<sup>2</sup>);  $\zeta$  = cohesión del suelo (Ton/m<sup>2</sup> ó Kg/cm<sup>2</sup>);  $\gamma$  = Peso volumétrico del suelo o también conocida como densidad húmeda (Ton/m<sup>3</sup> o Kg/m<sup>3</sup>);  $Df$  = Profundidad de desplante de la cimentación (m);  $B$  = Ancho de la zapata cuadrada, o dimensión menor de la zapata rectangular (m);  $R$  = Radio de la zapata circular (m);  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_y$  = Factores de capacidad de carga que dependen del ángulo de fricción interna del suelo ( $\phi$ ).

Como ya se mencionó, los factores de carga dependen del ángulo de fricción interna del suelo, en la tabla 34 se presenta los valores de los factores de carga para ángulos de fricción de 0° hasta 50°, los valores de  $N_c$  y  $N_q$  fueron presentados por Terzaghi mientras que los de  $N_y$  por Kumbhojkar (1993).

Para el cálculo del  $N_{corr}$ , intervienen factores que de acuerdo a la condición tendrán su respectivo valor, el cual tiene como principal dato el número golpes en campo de que se necesitó para penetrar el suelo en los últimos 30 cm de perforación, es decir, de 15 cm a 45 cm de perforación, así como también el factor  $C_E$  que se obtiene de acuerdo al tipo de martillo empleado, para realizar el ensayo SPT se usó el martillo tipo Donut.

$$N_{corr} = N_{campo} * C_E * (C_R * C_B * C_S)$$

**Dónde:**  $N_{corr}$  = medida del número de golpes corregido;  $N_{campo}$  = medida del número de golpes obtenidos en campo;  $C_E$  = factor de corrección de energía;  $C_R$  = factor de corrección de la

longitud de la barra;  $C_B$ = factor de corrección del diámetro de la perforación;  $C_S$ = factor de corrección de línea.

**Tabla 34. Factores de capacidad de carga de Terzaghi**

Angulo Phi ( $\phi$ )	Nc	Nq	Ny	Angulo Phi ( $\phi$ )	Nc	Nq	Ny
0	5,7	1	0	26	27,09	14,21	9,84
1	6	1,1	0,01	27	29,24	15,9	11,6
2	6,3	1,22	0,04	28	31,61	17,81	13,7
3	6,62	1,35	0,06	29	34,24	19,98	16,18
4	6,97	1,49	0,1	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	0,2	32	44,04	28,52	26,87
7	8,15	2	0,27	33	48,09	32,23	31,94
8	8,6	2,21	0,35	34	52,64	36,5	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	53,8	65,27
12	10,76	3,29	0,85	38	77,5	61,55	78,61
13	11,41	3,69	1,04	39	85,97	70,61	95,03
14	12,11	4,02	1,26	40	95,66	81,27	115,31
15	12,86	4,45	1,52	41	106,81	93,85	140,51
16	13,68	4,92	1,82	42	119,67	108,75	171,99
17	14,6	5,45	2,18	43	134,58	126,5	211,56
18	15,12	6,04	2,59	44	151,95	147,74	261,6
19	16,56	6,7	3,07	45	172,28	173,28	325,34
20	17,69	7,44	3,64	46	196,22	204,19	407,11
21	18,92	8,26	4,31	47	224,55	241,8	512,84
22	20,27	9,19	5,09	48	258,28	287,85	650,67
23	21,75	10,23	6	49	298,71	344,63	831,99
24	23,36	11,4	7,08	50	347,5	415,14	1072,8
25	25,12	12,72	8,34				

*Fuente:* (Das & Leon, 2012)

En la tabla 35 al 38 se presenta los valores de los factores para encontrar el  $N_{corr}$ , los cuales los valores de la tabla 35 correspondientes al ( $C_E$ ), se encuentran en la “Guía práctica para la ejecución de estudios geotécnicos trabajos de cimentación” de conformidad con la NEC 2015, mientras que los valores para los factores de  $C_R$ ,  $C_B$ ,  $C_S$  se encuentran en el libro de (Das & Leon, 2012).

**Tabla 35. Factor de corrección por energía, propuesto por Seed et al 1994, Vera X,2014.**

Martillo	Factor de corrección, $C_E$
Automatic	1,3
Safety	1
Donut	<b>0,75</b>

Fuente: (Guía de la NEC, 2016)

**Tabla 36. Factor de corrección por longitud de la barra.**

Longitud de la barra, m	$n_R (C_R)$
>10	1
6-10	0,95
4-6	<b>0,85</b>
0-4	<b>0,75</b>

Fuente: (Das &amp; Leon, 2012)

**Tabla 37. Factor de corrección del diámetro de la perforación.**

Diámetro, mm	$n_B (C_B)$
60-120	<b>1</b>
150	1,05
200	1,15

Fuente: (Das &amp; Leon, 2012)

**Tabla 38. Factor de corrección de variación  $n_s (C_s)$ .**

Variación $n_s (C_s)$	$n_s (C_s)$
Muestreador estándar	<b>1</b>
Con recubrimiento para arena y arcilla densas	0,8
Con recubrimiento para arena suelta.	0,9

Fuente: (Das &amp; Leon, 2012)

La tabla 39, presenta los valores del  $N_{corr}$  calculado, en base a la fórmula indicada anteriormente, identificando que el número de golpes oscila entre los 2 y los 27 golpes, que mediante correlaciones se puede deducir que el ensayo se está realizando sobre un suelo arcilloso principalmente de consistencia media.

Por otra parte, en la tabla 40, se detallan las muestras cuyo número de golpes corregido ( $N_{corr}$ ) fueron mayores a 15, así como también los parámetros mecánicos (cohesión y ángulo de fricción), parámetros físicos (humedad natural y densidad húmeda y seca) y consistencia estimada en base a las tablas 31 y 32, esto con la finalidad de aplicar los conceptos detallados

en este apartado para el cálculo de capacidad de carga de los suelos con falla por corte general.

Cabe recalcar que en la tabla 40, se presentan únicamente las muestras que fueron realizadas el ensayo triaxial UU, que tienen un  $N_{corr}$  mayor a 15.

**Tabla 39. Numero de golpes corregido  $N_{corr}$**

Código	Profundidad	$N_{campo}$	$C_E$	$C_S$	$C_B$	$C_R$	$N_{corr}$
		# <i>golpes</i>	<i>s.u.</i>	<i>s.u.</i>	<i>s.u.</i>	<i>s.u.</i>	# <i>golpes</i>
SPT1	0,50 m – 1,00 m	9	0.75	1	1	0,75	<b>5</b>
	1,50 m – 2,00 m	16	0.75	1	1	0,75	<b>9</b>
	2,50 m – 3,00 m	37	0.75	1	1	0,75	<b>21</b>
SPT2	0,50 m – 1,00 m	9	0.75	1	1	0,75	<b>5</b>
	1,50 m – 2,00 m	12	0.75	1	1	0,75	<b>7</b>
	2,50 m – 3,00 m	17	0.75	1	1	0,75	<b>10</b>
	3,50 m – 4,00 m	19	0.75	1	1	0,75	<b>11</b>
	4,50 m – 5,00 m	10	0.75	1	1	0,85	<b>6</b>
	5,50 m – 6,00 m	16	0.75	1	1	0,85	<b>10</b>
SPT3	0,50 m – 1,00 m	5	0.75	1	1	0,75	<b>3</b>
	1,50 m – 2,00 m	12	0.75	1	1	0,75	<b>7</b>
	2,50 m – 3,00 m	27	0.75	1	1	0,75	<b>16</b>
	3,50 m – 4,00 m	29	0.75	1	1	0,75	<b>17</b>
	4,50 m – 5,00 m	42	0.75	1	1	0,85	<b>27</b>
SPT4	0,50 m – 1,00 m	4	0.75	1	1	0,75	<b>2</b>
	1,50 m – 2,00 m	10	0.75	1	1	0,75	<b>6</b>
	2,50 m – 3,00 m	7	0.75	1	1	0,75	<b>4</b>
	3,50 m – 4,00 m	8	0.75	1	1	0,75	<b>5</b>
	4,50 m – 5,00 m	13	0.75	1	1	0,85	<b>8</b>
SPT5	1,00 m – 1,50 m	15	0.75	1	1	0,75	<b>8</b>
	2,00 m – 2,50 m	32	0.75	1	1	0,75	<b>18</b>
	3,00 m – 3,50 m	14	0.75	1	1	0,75	<b>8</b>
	4,00 m – 4,50 m	17	0.75	1	1	0,85	<b>11</b>
	5,00 m – 5,50 m	32	0.75	1	1	0,85	<b>20</b>

Fuente: Los Autores

**Tabla 40. Ensayos S.P.T en campo con  $N_{corr}$  mayor a 15.**

Código	Profundidad	$N_{corr}$	D. Hum.	D. Seca	H. nat	$\zeta$	$\phi$	Consistencia estimada
	(m)	#	(Ton/m <sup>3</sup> )	(Ton/m <sup>3</sup> )	%	(Kg/cm <sup>2</sup> )	°	
SPT 3	2,50 - 3,00	<b>16</b>	1,8	1,35	33	1.00	0	Arcilla compacta
	3,50 - 4,00	<b>17</b>	1,79	1,3	38	0,38	5	Arcilla compacta
SPT 5	2,00 - 2,50	<b>18</b>	1,89	1,30	40	1.10	0	Arcilla muy compacta

Fuente: Los Autores

Es importante recalcar que, de las 24 muestras recolectadas en campo, únicamente se ensayaron 12 en la maquina triaxial (UU), las mismas fueron elegidas de acuerdo a un análisis visual de un cambio de estrato, las muestras ensayadas se presentan en la tabla 41, de este total únicamente 3 muestras alcanzaron un  $N_{corr}$  mayor a 15, que se han identificado como arcillas compacta y muy compacta, en las cuales la falla se presentara por corte general.

**Tabla 41. Numero de golpes corregidos en las muestras extraídas en campo**

Código	Profundidad	N	$C_E$	$C_R$	$C_B$	$C_S$	$N_{corr}$
		# golpes	s.u.	s.u.	s.u.	s.u.	# golpes
SPT1	1,50 m - 2,00 m	16	0.75	1	1	0,75	9
SPT2	1,50 m - 2,00 m	12	0.75	1	1	0,75	7
	2,50 m - 3,00 m	17	0.75	1	1	0,75	10
	3,50 m - 4,00 m	19	0.75	1	1	0,75	11
SPT3	1,50 m - 2,00 m	12	0.75	1	1	0,75	7
	2,50 m - 3,00 m	27	0.75	1	1	0,75	<b>16</b>
	3,50 m - 4,00 m	29	0.75	1	1	0,75	<b>17</b>
SPT4	1,50 m - 2,00 m	10	0.75	1	1	0,75	6
	3,50 m - 4,00 m	8	0.75	1	1	0,75	5
SPT5	2,00 m - 2,50 m	32	0.75	1	1	0,75	<b>18</b>
	3,00 m - 3,50 m	14	0.75	1	1	0,75	8
	4,00 m - 4,50 m	17	0.75	1	1	0,85	11

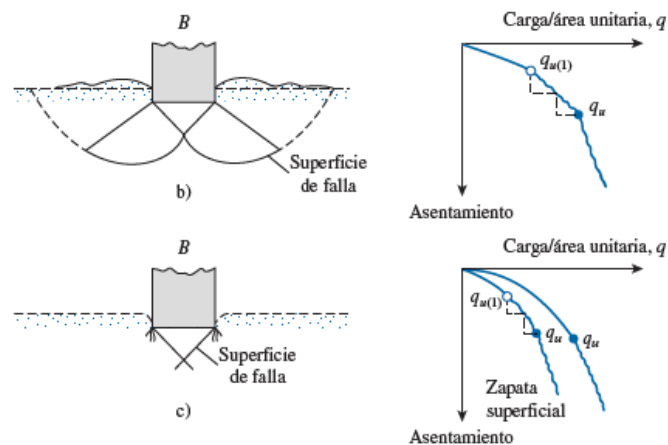
*Fuente: Los Autores*

#### 4.4.4 Capacidad de carga límite de una cimentación para falla por punzonamiento o corte local. –

De la misma manera la falla por punzonamiento o corte local en un suelo se presentan en suelos mediana y altamente compresibles que se asocian con arcillas con consistencia baja a media y se presentan principalmente en arenas medias y flojas, así como en arcillas suaves.

La falla por corte local, comúnmente es catastrófica y súbita, al menos que la estructura misma no permita la rotación de las zapatas ocurre con cierta visible inclinación, provocando un hinchamiento del suelo a los lados de la cimentación, aunque el colapso final se presenta en un solo lado.

La falla por punzonamiento se caracteriza por un movimiento vertical de la cimentación mediante la compresión del suelo inmediatamente debajo de ella (Alva Hurtado, 2012). La rotura del suelo se presenta por corte alrededor de la cimentación. En la figura 37 se observa estos dos tipos de fallas, por corte local y punzonamiento respectivamente.



**Figura 37. Falla por corte local y punzonamiento.**

*Fuente:* (Das & Leon, 2012)

De la misma manera el Dr. Terzaghi sugirió unas correcciones a las fórmulas anteriores para que puedan utilizarse para el caso de corte local y punzonamiento cuando el  $N_{CORR}$  sea menor o igual a 15 golpes. Las formulas corregidas se presentan en la tabla 42.

**Tabla 42. Fórmulas de Terzaghi para capacidad de carga por corte local o punzonamiento**

Tipo de cimentación	Fórmula de cálculo
<i>Cimiento corrido</i>	$q_u = 2/3 \zeta N'_c + \gamma Df N'_q + 0.5 \gamma B N'_y$
<i>Zapata Cuadrada</i>	$q_u = 0,867 \zeta N'_c + \gamma Df N'_q + 0.40 \gamma B N'_y$
<i>Zapata Circular</i>	$q_u = 0,867 \zeta N'_c + \gamma Df N'_q + 0.60 \gamma R N'_y$

*Fuente:* (Crespo Villalaz, 2011)

**Dónde:**  $q_u$  = capacidad de carga ultima (Ton/m<sup>2</sup> ó Kg/cm<sup>2</sup>);  $\zeta$  = cohesión del suelo (Ton/m<sup>2</sup> ó Kg/cm<sup>2</sup>);  $\gamma$  = Peso volumétrico del suelo o también conocida como densidad húmeda (Ton/m<sup>3</sup> o Kg/m<sup>3</sup>);  $Df$  = Profundidad de desplante de la cimentación (m);  $B$  = Ancho de la zapata cuadrada, o dimensión menor de la zapata rectangular (m);  $R$  = Radio de la zapata circular (m);  $N'_c$ ,  $N'_q$ ,  $N'_y$  = Factores de capacidad de carga modificados (Tabla 43).

Tabla 43. Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi

Angulo Phi	Nc	Nq	Ny
0	5,7	1	0
1	5,9	1,07	0,005
2	6,1	1,14	0,02
3	6,3	1,22	0,04
4	6,51	1,3	0,055
5	6,74	1,39	0,074
6	6,97	1,49	0,1
7	7,22	1,59	0,128
8	7,47	1,7	0,16
9	7,74	1,82	0,2
10	8,02	1,94	0,24
11	8,32	2,08	0,3
12	8,63	2,22	0,35
13	8,96	2,38	0,42
14	9,31	2,55	0,48
15	9,67	2,73	0,57
16	10,06	2,92	0,67
17	10,47	3,13	0,76
18	10,9	3,36	0,88
19	11,36	3,61	1,03
20	11,85	3,88	1,12
21	12,37	4,17	1,35
22	12,92	4,48	1,55
23	13,51	4,82	1,74
24	14,14	5,2	1,97
25	14,8	5,6	2,25
26	15,53	6,05	2,59
27	16,3	6,54	2,88
28	17,13	7,07	3,29
29	18,03	7,66	3,76
30	18,99	8,31	4,39
31	20,03	9,03	4,83
32	21,16	9,82	5,51
33	22,39	10,69	6,32
34	23,72	11,67	7,22
35	25,18	12,75	8,35
36	26,77	13,97	9,41
37	28,51	15,32	10,9
38	30,43	16,85	12,75
39	32,53	18,56	14,71
40	34,87	20,5	17,22
41	37,45	22,7	19,75
42	40,33	25,21	22,5
43	43,54	28,06	26,25
44	47,13	31,34	30,4
45	51,17	35,11	36
46	55,73	39,48	41,7
47	60,91	44,45	49,3
48	66,8	50,46	59,25
49	73,55	57,41	71,45
50	81,31	65,6	85,75

Fuente: (Das &amp; Leon, 2012)

En la tabla 44, se detallan las muestras cuyo  $N_{corr}$  fueron menores o iguales a 15 (las 9 restantes de las 12 ensayadas), así como también los parámetros geo mecánicos (cohesión y ángulo de fricción), parámetros físicos (humedad natural y densidad húmeda y seca) obtenidas de los ensayos realizados en el laboratorio de suelos basándose en las respectivas normas, y la consistencia estimada en base a las tablas 31 y 32, esto con la finalidad de aplicar los conceptos detallados en este apartado para el cálculo de capacidad de carga de los suelos con falla por corte local o punzonamiento.

**Tabla 44. Ensayos S.P.T en campo con  $N_{corr}$  menores o iguales a 15**

Código	Profundidad	$N_{corr}$	Densidad húmeda	Densidad seca	Humedad natural	Cohesión	Angulo de fricción	Consistencia estimada
	(m)	# golpes	(Ton/m <sup>3</sup> )	(Ton/m <sup>3</sup> )	%	(Kg/cm <sup>2</sup> )	°	
SPT 1	1,50 - 2,00	9	1,92	1,41	36	0,10	17	Arcilla compacta
SPT 2	1,50 - 2,00	7	1,92	1,57	22	0,40	25	Arcilla media-compacta
	2,50 - 3,00	10	1,94	1,55	25	1,00	10	Arcilla compacta
	3,50 - 4,00	11	1,99	1,55	28	1,10	0	Arcilla compacta
SPT 3	1,50 - 2,00	7	1,84	1,33	38	0,60	0	Arcilla media-compacta
SPT 4	1,50 - 2,00	6	1,85	1,28	45	0,15	10	Arcilla media-compacta
	3,50 - 4,00	5	1,79	1,30	38	0,12	9	Arcilla media-compacta
SPT 5	3,00 - 3,50	8	1,94	1,46	33	0,34	9	Arcilla media-compacta
	4,00 - 4,50	11	1,94	1,43	36	0,70	10	Arcilla compacta

Fuente: Los Autores

#### 4.4.5 Solución de Skempton. –

Skempton determino, experimentalmente que el valor de  $N_c$  queda afectado por la profundidad de desplante de la cimentación, creciendo a medida que la profundidad de desplante aumenta. Por esto propuso que para determinar la capacidad de carga en suelos puramente cohesivos ( $\phi = 0$ ) se emplee una expresión semejante a la de Terzaghi:

$$q_u = \zeta N_c + \gamma D_f$$

**Dónde:**  $q_u$ = capacidad de carga última (Ton/m<sup>2</sup> o Kg/cm<sup>2</sup>);  $\zeta$ = cohesión del suelo (Ton/m<sup>2</sup> o Kg/cm<sup>2</sup>);  $\gamma$ = peso específico del suelo (Ton/m<sup>2</sup> o Kg/m<sup>3</sup>);  $N_c$ = Factor de capacidad de carga;  $D_f$ = Profundidad de desplante de la cimentación (m).

Pero con la diferencia de que ahora  $N_c$  ya no tiene el valor fijo de 5.70 para  $\phi = 0$ , sino que varía con la profundidad y el ancho de la cimentación. En la tabla 45 se expone los valores que Skempton propuso.

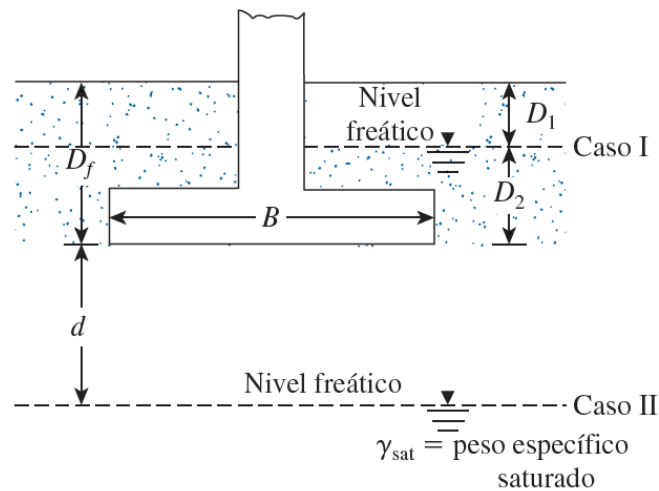
**Tabla 45. Valores propuestos por Skempton para  $N_c$**

<b>Df/B</b>	<b>Nc</b>	
	<b>Zapata circular o cuadrada</b>	<b>Zapata continua</b>
0	6,2	5,14
0,25	6,7	5,6
0,6	7,1	5,9
0,75	7,4	6,2
1	7,7	6,4
1,6	8,1	6,8
2	8,4	7
2,5	8,6	7,2
3	8,8	7,4
4	9	7,5
>4	9	7,5

*Fuente:* (Crespo Villalaz, 2011)

#### **4.4.6 Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel freático. –**

Las fórmulas de Terzaghi para capacidad de carga por corte general como por corte local o punzonamiento, proporcional la capacidad de carga ultima, con suposición de que el nivel freático está muy por debajo de la cimentación. Si el nivel freático se encuentra cerca de la cimentación existen algunas modificaciones a las ecuaciones anteriormente presentadas. En el libro de Braja M. Das (2012) se presentan dos casos como se representa en la figura 38.



**Figura 38. Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel freático**  
*Fuente: (Das & Leon, 2012)*

- **Caso I:** Si el nivel freático se ubica tal que  $0 \leq D_1 \leq D_f$

Si este es el caso entonces la sobrecarga efectiva “ $q = \gamma D_f$ ” toma la siguiente forma:

$$q = D_1 \gamma + D_2 (\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

**En donde:**

$\gamma_{sat}$  = Peso específico saturado del suelo

$\gamma_w$  = Peso específico del agua

Además, en el último término el valor de  $\gamma$  se debe reemplazar por  $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$

- **Caso II:** Si el nivel freático se ubica tal que  $0 \leq d \leq D_f$ ,

En este caso el factor  $\gamma$  del último término se debe reemplazar por el siguiente factor:

$$y = \gamma' + \frac{d}{B} (\gamma - \gamma')$$

#### 4.4.7 Factor de seguridad (FS). –

El cálculo de la capacidad de carga admisible de cimentaciones superficiales requiere aplicar un factor de seguridad (FS) a la capacidad de carga última.

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

El Dr. Karl Terzaghi sugirió que FS nunca puede ser menor a 3. Por otra parte, la (NEC-SE-CG, 2015) indica que en cualquiera de las metodologías utilizadas bajo el criterio de resistencia al corte podrán ser utilizados como mínimo los siguiente Factores de Seguridad Indirectos Mínimos (F.S.I.M.I), para la capacidad pórtate de cimientos superficiales. En la tabla 46 se da a conocer los diferentes factores de seguridad indirecto que dependerán de la combinación de carga, por lo cual para el diseño de la cimentación se toma el más desfavorable.

**Tabla 46. Factores de seguridad indirectos mínimos según la NEC (2015)**

Condición	F.S.I.M. Admisible
Carga Muerta + Carga Viva Normal	3
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	2,5
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño pseudo estático	1,5

*Fuente: (NEC-SE-CG, 2015)*

#### 4.4.8 Capacidad de carga de las muestras analizadas. –

**Tabla 47. Metodología de cálculo de la capacidad de carga para cada una de las muestras**

Código	Profundidad	N <sub>corr</sub>	ϕ	Angulo de fricción	N.F.	Terzaghi	Terzaghi Corregida	Skempton	Nivel freático
		# golpes	(Kg/cm <sup>2</sup> )	°	M				
SPT 1	1,50 m - 2,00 m	9	0,1	17	1	-	X	-	X
SPT 2	1,50 m - 2,00 m	7	0,4	25	3	-	X	-	X
	2,50 m - 3,00 m	10	1	10		-	X	-	X
	3,50 m - 4,00 m	11	1.1	0		-	X	X	X
SPT 3	1,50 m - 2,00 m	7	0,6	0	S/I	-	X	X	-
	2,50 m - 3,00 m	16	1	0		X	-	X	-
	3,50 m - 4,00 m	17	0,38	5		X	-	-	-
SPT 4	1,50 m - 2,00 m	6	0,15	10	1	-	X	-	X
	3,50 m - 4,00 m	5	0,12	9		-	X	-	X
SPT 5	2,00 m - 2,50 m	18	2	0	S/I	X	-	X	-
	3,00 m - 3,50 m	8	0,34	9		-	X	-	-
	4,00 m - 4,50 m	11	0,7	10		-	X	-	-

*Fuente: Los Autores.*

Las fórmulas, condiciones y factores anteriormente detallados son los que se aplicaran para el cálculo de la capacidad de carga de los suelos muestreados en la zona de estudio. Al no

definir el tipo de cimentación que se utilizara aun (corrida, zapata cuadrada, zapata circular), para el presente cálculo se presentaran las capacidades de carga de los tres tipos de cimentaciones. En la tabla 47, se presentó las formulas y parámetros a tomar en cuenta para el cálculo de la capacidad de carga de acuerdo a las características de cada una de las muestras. Además, considerando que el nivel freático, va a depender de la época del año o inclusive flujos subterráneos por rotura de tuberías por lo que se puede utilizar la fórmula de Terzaghi corregida en general.

En la tabla 48 se puede observar la capacidad admisible de los suelos utilizando un factor de seguridad (FS = 3) valor recomendado por Terzaghi y además valor que recomienda la (NEC, 2015), cuando la condición de carga para el dimensionamiento de las cimentaciones es la siguiente: Carga Muerta + Carga Viva Normal. (Ver Anexo 7)

**Tabla 48: Capacidad de carga de los suelos estudiados**

Código	Profundidad	Corrida		Cuadrada		Circular	
		$q_u$	$q_{adm.}$	$q_u$	$q_{adm.}$	$q_u$	$q_{adm.}$
		$Kg/cm^2$	$Kg/cm^2$	$Kg/cm^2$	$Kg/cm^2$	$Kg/cm^2$	$Kg/cm^2$
<i>SPT 1</i>	1,50 m - 2,00 m	2,22	0,74	2,37	0,79	2,31	0,77
<i>SPT 2</i>	1,50 m - 2,00 m	7,23	2,41	8,19	2,73	7,98	2,66
	2,50 m - 3,00 m	6,45	2,15	8,04	2,68	8,01	2,67
	3,50 m - 4,00 m	8,55	2,85	10,11	3,37	10,11	3,37
<i>SPT 3</i>	1,50 m - 2,00 m	2,67	0,89	3,33	1,11	3,33	1,11
	2,50 m - 3,00 m	6,21	2,07	7,92	2,64	7,92	2,64
	3,50 m - 4,00 m	3,9	1,3	4,74	1,58	4,74	1,58
<i>SPT 4</i>	1,50 m - 2,00 m	1,53	0,51	1,68	0,56	1,65	0,55
	3,50 m - 4,00 m	1,62	0,54	1,74	0,58	1,71	0,57
<i>SPT 5</i>	2,00 m - 2,50 m	6,66	2,22	8,53	2,84	8,53	2,84
	3,00 m - 3,50 m	2,97	0,99	3,48	1,16	3,47	1,16
	4,00 m - 4,50 m	5,43	1,81	6,54	2,18	6,52	2,17

*Fuente: Los Autores.*

#### 4.5 Resultados de las líneas sísmica. –

Como ya se mencionó anteriormente luego de la adquisición de los datos sísmicos en campo, se realiza el procesamiento e inversión de estos datos con la finalidad de obtener las velocidades

de onda de compresión ( $V_p$ ) y las velocidades de onda de corte ( $V_s$ ), que sirve para determinar los perfiles del suelo para el diseño sísmico de acuerdo con la NEC (2015) y además mediante fórmulas empíricas obtener las propiedades mecánicas de los suelos a partir de la relación  $V_p/V_s$ .

Para la interpretación de los datos sísmicos se empleó el Software gratuito Geopsy y el módulo Dinver, este programa es ampliamente utilizado en el campo de interpretación de datos de exploración sísmica activa, como es el caso.

Se puede utilizar varias herramientas de análisis de señal para la extracción de curvas de dispersión de datos. La mayoría arroja resultados confiables, siempre y cuando la resolución espectral sea la adecuada. Una de las técnicas más populares para el análisis de datos de fuentes activas y la utilizada en el presente estudio es el método basado en transformaciones (f-k frequency – wavenumber o f-p frequency – Slowness. La técnica f-k (Lacoss, Kelly , & Toksoz , 1969) es la utilizada en el presente estudio y aplica una transformación de Fourier 2D a lo largo del tiempo y la distancia. (Foti, y otros, 2018)

Para el análisis de datos en el Software Geopsy se consideran dos etapas: determinación de la curva de dispersión que se realiza directamente en el programa y la inversión para obtener el perfil de velocidad de onda de corte que se realizó en el módulo de Geopsy denominado Dinver.

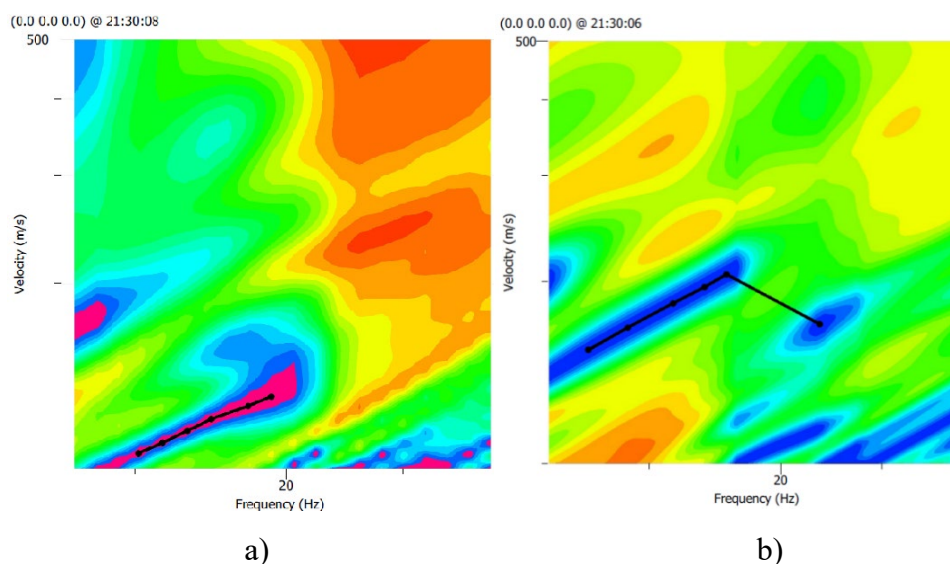
A continuación, se presenta el procedimiento del ensayo MASW, el cual se realiza para la obtención del perfil de velocidades de onda tanto las ondas de compresión ( $V_p$ ) como las ondas de corte ( $V_s$ ).

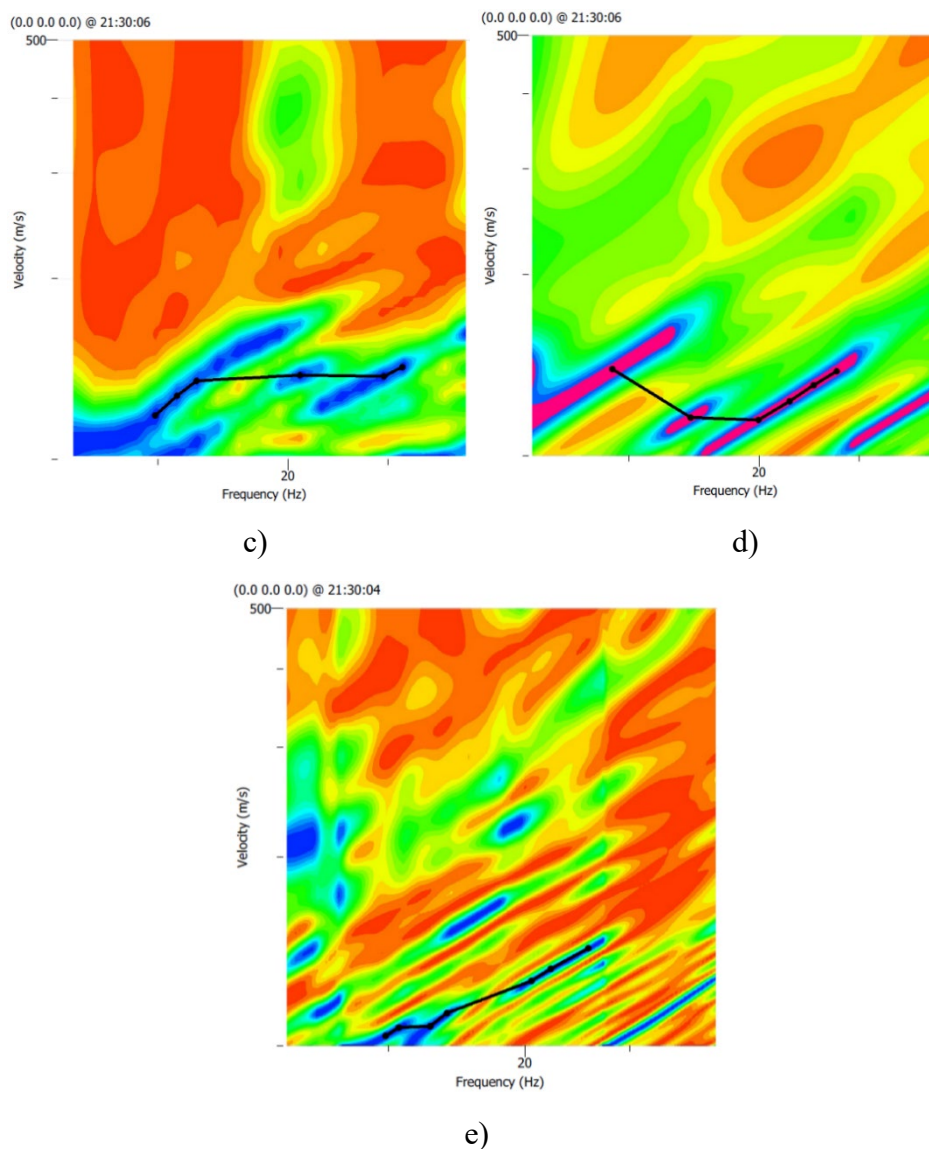
- a) Tendido del arreglo lineal de geófonos.
- b) Registro de las ondas superficiales (Rayleigh y Love) que se obtienen de los arreglos lineales, teniendo como impacto, el golpe de un martillo de 5Kg.

- c) Cálculo de la dispersión de las ondas superficiales en el programa Geopsy, mediante un análisis F-K (frecuencia – número de onda).
- d) Estimación de la curva de dispersión obtenida de la curva de velocidad de fase (m/s) – frecuencia (Hz) en escala logarítmica. La velocidad de la fase viene dada por la relación entre la frecuencia (F) y el número de onda (K).
- e) Inversión de la curva de dispersión en el módulo Dinver del programa Geopsy con la finalidad de determinar el perfil de velocidades para el punto medio del arreglo.
- f) Obtención de los perfiles de velocidades.

#### 4.5.1 Curvas de dispersión obtenidas de las líneas analizadas. –

En la figura 39, se puede observar el cálculo de la dispersión de las ondas superficiales mediante un análisis F-K realizado con la ayuda del programa Geopsy y a su vez la curva de dispersión que ha sido trazada manualmente considerando las zonas correspondientes al modo fundamental del terreno, para evitar los errores que la curva automática puede presentar según recomendaciones de Correia (2015) y Nalvarte & otros (2018).





**Figura 39: Curva de dispersión. a) línea 1; b) línea 2; c) línea 3; d) línea 4; e) línea 5**  
**4.5.1 Perfiles de velocidades de las líneas analizadas. –**

A continuación, se presentan los perfiles con las velocidades de ondas primarias (compresivas  $V_P$ ) y ondas secundarias (corte  $V_S$ ), a distintas profundidades hasta los 30 m. Como ya se mencionó anteriormente este perfil se obtiene en el centro de los arreglos o líneas sísmicas.

Es importante recalcar que una de las principales y más simples aplicaciones de los análisis de ondas superficiales, es la determinación del  $V_{S,30}$  que no es más que la velocidad de onda de corte promedio en los 30 m superiores del subsuelo analizado, este parámetro es utilizado por varios códigos de construcción, incluida la NEC (2014) para la clasificación de los suelos

sísmicos (Foti, y otros, 2018). El hecho de definir el promedio de velocidades a los 30 metros de profundidad como un criterio para la clasificación de suelos, obedece a que el suelo dentro de esta profundidad es el que afecta en mayor medida el comportamiento de las estructuras que se edifiquen, para un perfil  $V_S$  dado, el  $V_{S,30}$  se calcula con la siguiente formula:

$$V_{S,30} = \frac{30m}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

En donde:  $V_{S,i}$  y  $h_i$ , corresponde a la velocidad de onda y espesor de cada capa respectivamente y  $N$  es el número de capas del perfil  $V_S$  hasta una profundidad de 30m.

#### 4.5.2 Respuesta dinámica del terreno. –

El movimiento del suelo en sitios de terreno blando es muy diferente del que ocurre en terreno firme debido a la amplificación dinámica que sufren las ondas sísmicas al propagarse a través de medios deformables. Para obtener una aproximación de las amplificaciones producidas en depósitos de suelo con estratificación horizontal, se reemplaza el perfil estratigráfico por un manto homogéneo equivalente de igual espesor caracterizado por un periodo dominante y su velocidad efectiva de propagación de ondas. (CFE, 2008) La relación es la siguiente:

$$T_S = \frac{4 H_S}{V_S}$$

**En donde:**

$T_S$  = es el periodo dominante del estrato equivalente (periodo del sitio).

$H_S$  = es el espesor total del estrato del terreno.

$V_S$  = es la velocidad efectiva de propagación de ondas de corte en el estrato.

- **Factores de comportamiento lineal del suelo.** –

Los factores de comportamiento lineal del suelo son el factor de sitio  $F_s$  y el factor de respuesta  $F_r$ . Para determinarlos debe contarse con los factores de terreno rocoso, así como, con el periodo dominante del depósito de suelo  $T_s$  y el contraste de impedancias  $p_s$ . (CFE, 2008). Las formulas necesarias son las siguientes:

$$F_s = \frac{a_0}{a_0^r} \quad F_r = \frac{C}{a_0} \quad f_{sd} = T_s(F_d)^{1/2} \quad p_s = \frac{V_s}{V_0}$$

**En donde:**

$a_0$  = aceleración máxima del terreno;  $a_0^r$  = aceleración máxima del terreno rocoso. Factor “Z” en la (NEC, 2015). **Cuenca**  $z = 0,25$  (g);  $C$  = respuesta máxima del conjunto de osciladores de igual amortiguamiento;  $F_d$  = Factor de distancia.  $F_d = \frac{a_0^r}{a_{ref=400cm/s^2}}$ ;  $V_0$  = cuando la velocidad de onda del semi espacio es igual o mayor a 720 m/s.

- **Factores de comportamiento no lineal del suelo.** –

Los efectos de la no linealidad de los materiales del suelo en la respuesta dinámica se pueden reconocer como una reducción en la velocidad efectiva de propagación de ondas en el manto de suelo, idealizado homogéneo, y por un aumento en el amortiguamiento. Con el propósito de incorporar estos efectos en los espectros de diseño, se hará una reducción de las ordenadas del espectro que reflejen los aumentos en el amortiguamiento y se ajustará el valor del periodo dominante del sitio  $T_s$ , sólo para determinar el ancho de la meseta espectral. El factor de no linealidad,  $F_{nl}$ , es el parámetro con que se reducen las ordenadas espectrales de diseño debido al aumento del amortiguamiento por efectos de la no linealidad. (CFE, 2008)

$$F_{nl} = \begin{cases} 1 - (1 - F'_{nl}) \frac{T_s}{T_{ref}} & \text{si } T_s \leq T_{ref} \\ F'_{nl} & \text{si } T_s > T_{ref} \end{cases}$$

En donde:  $T_{ref}$  = periodo de referencia igual a 1,50s.

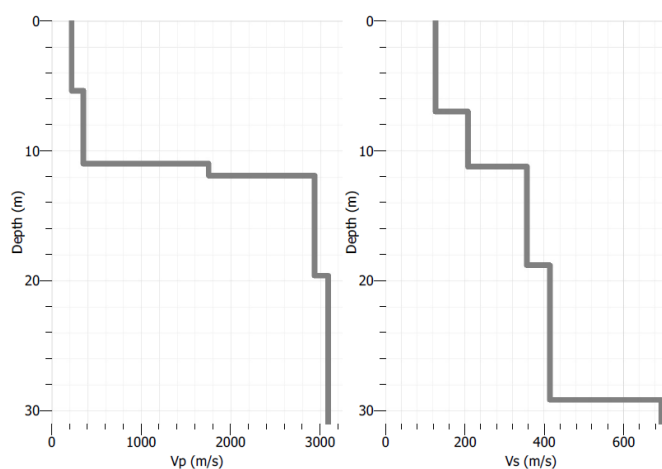
- **Aceleración máxima del terreno.** –

Para determinar la aceleración máxima del terreno,  $a_0$ , se hará uso de los factores de sitio y de no linealidad, de acuerdo con la siguiente ecuación. (CFE, 2008)

$$a_0 = \frac{F_S F_{nl} a_0^r}{981.0}; \quad \text{con } F_S F_{nl} \geq 1.0$$

En las figuras 40-44, se presenta el perfil de velocidades de ondas de compresión ( $V_p$ ) y velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ), obtenidas con la ayuda del módulo Dinver del software Geopsy y en las tablas 49 a la 53, un detalle de los estratos de cada uno de los perfiles con el cálculo de  $V_{s,30}$  para cada perfil. El perfil elegido para cada caso es el que presenta el mejor ajuste de acuerdo con el criterio de los autores y con los datos previos de la zona analizada. Además se presenta el periodo dominante del estrato y la aceleración máxima del suelo calculadas en base a las formulas indicadas anteriormente y adicionalmente se recomienda revisar las tabas 1.2 y 1.5 del “Manual de Diseño de Obras Civiles: Diseño por Sismo” (CFE, 2008).

- **Línea 1.** –



**Figura 40: Perfiles de velocidades línea 1**  
Fuente: Los Autores

Tabla 49: Perfil de velocidades de cada estrato Línea 1

Estrato	Espesor	Profundidad	V <sub>p</sub>				
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>				
1	5,25	5,25	210,45				
2	5,63	10,88	350,69				
3	1,07	11,95	1739,43				
4	7,68	19,63	2917,75				
5	10,37	30	3072				
Estrato	Espesor	Profundidad	V <sub>s</sub>	T <sub>s</sub>	F <sub>s</sub>	F <sub>nl</sub>	a <sub>0</sub>
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>	<i>seg</i>	<i>s.u.</i>	<i>s.u.</i>	<i>(g)</i>
1	6,9	6,9	126,56	0,218	1,508	0,958	<b>0,361</b>
2	4,18	11,08	208,83	0,080	1,032	0,990	<b>0,256</b>
3	7,58	18,66	354,37	0,086	1,048	0,991	<b>0,260</b>
4	10,49	29,15	414,49	0,101	1,048	0,990	<b>0,259</b>
5	0,85	30	696,09	0,005	1	1,000	<b>0,250</b>
<b>V<sub>s,30</sub></b>	<b>30</b>	<b>0-30</b>	<b>244,99</b>				

Fuente: Los Autores

- Línea 2. –

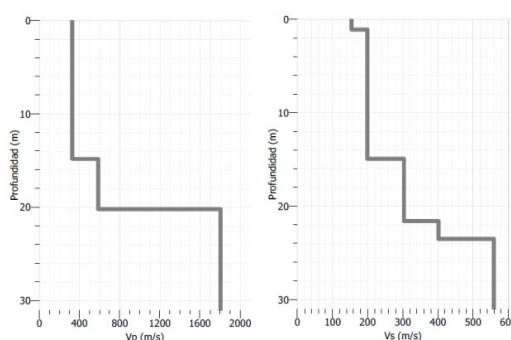


Figura 41: Perfiles de velocidades línea 2

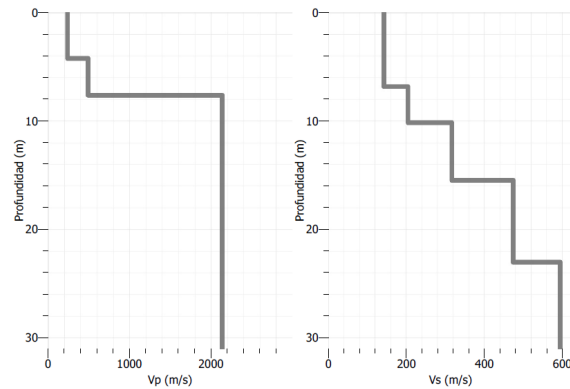
Fuente: Los Autores

Tabla 50: Perfil de velocidades de cada estrato Línea 2

Estrato	Espesor	Profundidad	V <sub>p</sub>				
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>				
1	14,77	14,77	314,8				
2	5,44	20,21	570,57				
3	9,79	30	1790,41				
Estrato	Espesor	Profundidad	V <sub>s</sub>	T <sub>s</sub>	F <sub>s</sub>	F <sub>nl</sub>	a <sub>0</sub>
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>	<i>seg</i>	<i>s.u.</i>	<i>s.u.</i>	<i>(g)</i>
1	1,07	1,07	155,16	0,028	1,036	0,996	<b>0,258</b>
2	13,9	14,97	200,95	0,277	1,262	0,967	<b>0,305</b>
3	6,51	21,48	300,15	0,087	1,048	0,990	<b>0,259</b>
4	1,94	23,42	401,9	0,019	1,016	0,998	<b>0,253</b>
5	6,58	30	559,61	0,047	1	0,995	<b>0,249</b>
<b>V<sub>s,30</sub></b>	<b>30</b>	<b>0-30</b>	<b>262,37</b>				

Fuente: Los Autores

- **Línea 3.** –



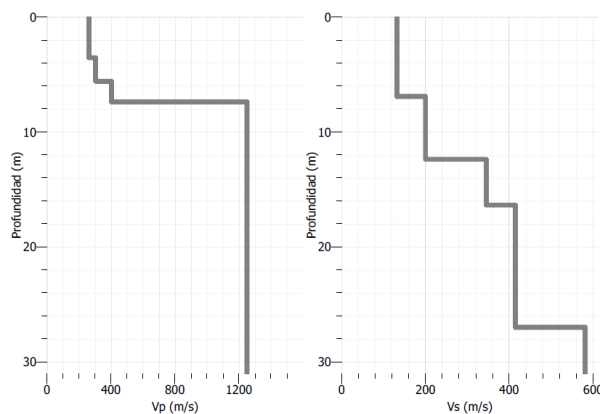
**Figura 42: Perfiles de velocidades línea 3**  
Fuente: Los Autores

**Tabla 51: Perfil de velocidades de cada estrato Línea 3**

Estrato	Espesor	Profundidad	V <sub>P</sub>				
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>				
1	4,28	4,28	220,22				
2	3,3	7,58	479,31				
3	22,42	30	2137,46				
Estrato	Espesor	Profundidad	V <sub>S</sub>	T <sub>S</sub>	F <sub>S</sub>	F <sub>nl</sub>	a <sub>0</sub>
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>	<i>seg</i>	<i>s.u.</i>	<i>s.u.</i>	<i>(g)</i>
1	6,71	6,71	140,67	0,191	1,35	0,968	<b>0,327</b>
2	3,4	10,11	205,59	0,066	1,032	0,992	<b>0,256</b>
3	5,34	15,45	313,8	0,068	1,032	0,992	<b>0,256</b>
4	7,48	22,93	476,11	0,063	1	0,994	<b>0,248</b>
5	7,07	30	592,43	0,048	1	0,995	<b>0,249</b>
V <sub>S,30</sub>	<b>30</b>	<b>0-30</b>	<b>275,48</b>				

Fuente: Los Autores

- **Línea 4.** –



**Figura 43: Perfiles de velocidades línea 4**  
Fuente: Los Autores

Tabla 52: Perfil de velocidades de cada estrato Línea 4

Estrato	Espesor	Profundidad	V <sub>P</sub>				
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>				
1	3,85	3,85	262,3				
2	2,1	5,95	300,4				
3	1,9	7,85	402,8				
4	22,15	30	1251,3				
Estrato	Espesor	Profundidad	V <sub>S</sub>	T <sub>S</sub>	F <sub>S</sub>	F <sub>nl</sub>	a <sub>0</sub>
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>	<i>seg</i>	<i>s.u.</i>	<i>s.u.</i>	<i>(g)</i>
1	6,35	6,35	130,1	0,195	1,351	0,963	<b>0,325</b>
2	5,9	12,25	200	0,118	1,064	0,986	<b>0,262</b>
3	3,95	16,2	351,8	0,045	1,016	0,995	<b>0,253</b>
4	10,92	27,12	410,17	0,106	1,048	0,989	<b>0,259</b>
5	2,88	30	591,63	0,019	1	0,998	<b>0,249</b>
<b>V<sub>S,30</sub></b>	<b>30</b>	<b>0-30</b>	<b>247,88</b>				

Fuente: Los Autores

- Línea 5. –

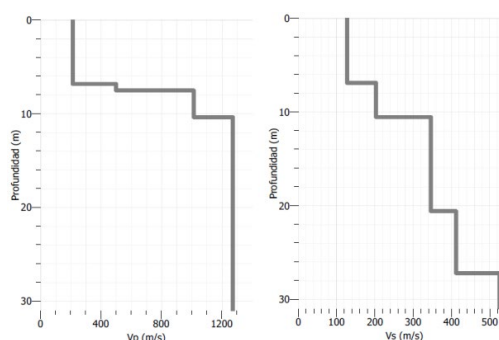


Figura 44: Perfiles de velocidades línea 5

Fuente: Los Autores

Tabla 53: Perfiles de velocidad por estratos Línea 5

Estrato	Espesor	Profundidad	V <sub>P</sub>				
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>				
1	6,8	6,8	212,4				
2	1,12	7,92	500,6				
3	2,43	10,35	1011,32				
4	19,65	30	1286,3				
Estrato	Espesor	Profundidad	V <sub>S</sub>	T <sub>S</sub>	F <sub>S</sub>	F <sub>nl</sub>	a <sub>0</sub>
	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>	<i>seg</i>	<i>s.u.</i>	<i>s.u.</i>	<i>(g)</i>
1	6,95	6,95	122,4	0,227	1,513	0,954	<b>0,361</b>
2	3,4	10,35	203,8	0,067	1,032	0,992	<b>0,256</b>
3	10,15	20,5	347,63	0,117	1,064	0,987	<b>0,263</b>
4	6,88	27,38	411,3	0,067	1,032	0,993	<b>0,256</b>
5	2,62	30	525,3	0,020	1	0,998	<b>0,249</b>
<b>V<sub>S,30</sub></b>	<b>30</b>	<b>0-30</b>	<b>241,2</b>				

Fuente: Los Autores

### 4.5.3 Perfiles de suelo para el diseño sísmico. –

La (NEC-SE-DS, 2014) define seis tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico. Como se indicó anteriormente los parámetros utilizados en la clasificación son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil para los perfiles A, B, C, D, E. Esta clasificación se basa en los tipos de suelo definidos por el código estadounidense NEHRP (*Nacional Earthquake Hazards Reduction Program*) que define cinco clases de suelo, todos dependientes de  $V_{s,30}$ , tal como se indica en la tabla 54.

**Tabla 54: Tipos de suelos definidos por NEHRP según la  $V_{s,30}$**

Clase	Características
<i>A</i>	Roca dura con $V_{s,30} > 1500$ m/s
<i>B</i>	Roca con $760 \text{ m/s} < V_{s,30} \leq 1500$ m/s
<i>C</i>	Suelo muy denso y roca suave con $360 < V_{s,30} \leq 760$
<i>D</i>	Suelo firme con $180 \text{ m/s} \leq V_{s,30} \leq 360$ m/s
<i>E</i>	Un perfil de suelo con $V_{s,30} < 180$ m/s

*Fuente: Modificado de BSSC, 2003*

En base a la tabla 48 y a la  $V_{s,30}$  calculada para cada uno de los perfiles obtenidas de los 5 ensayos sísmicos realizados, se procede a definir el tipo de suelo sísmico para cada uno de los perfiles y finalmente definir el tipo de suelo sísmico para la zona analizada del barrio Emilio Sarmiento como se indica en la tabla 55.

**Tabla 55: Tipo de suelo sísmico para cada línea**

Línea	$V_{s,30}$	Clase
	<i>m/s</i>	
1	244,99	<b><i>D</i></b>
2	262,37	<b><i>D</i></b>
3	275,48	<b><i>D</i></b>
4	247,88	<b><i>D</i></b>
5	241,2	<b><i>D</i></b>

*Fuente: Los Autores*

Las velocidades promedio de corte de las 5 líneas analizadas oscilan en un rango entre  $180 \text{ m/s} \leq V_{s,30} \leq 360 \text{ m/s}$ , por lo que el tipo de suelo sísmico es de clase D de acuerdo a la clasificación por la NHERP y la NEC, 2015. La  $V_{s,30}$  promedio es de **254.38 m/s** en base a esto se clasifica a la zona de estudio con un tipo de suelo sísmico **clase D**.

#### 4.5.4 Propiedades elásticas del subsuelo. –

Cuando se conoce los valores de las velocidades de las ondas de compresión y de corte ( $V_P$  y  $V_S$ ), se pueden determinar las propiedades elásticas de las diferentes capas detectadas. (Naranjo Aguay & Dranichnikov, 2012)

De las relaciones de las ondas de velocidad  $V_P/V_S$  se pueden obtener ecuaciones para el cálculo de propiedades elásticas del material del terreno, tales como el coeficiente de Poisson, módulo de elasticidad y módulo de corte, necesarios para el cálculo de asentamientos de las cimentaciones.

- **Coeficiente de Poisson ( $\eta$ ). –**

La relación entre la deformación transversal ( $\varepsilon_a$ ) y la deformación longitudinal ( $\varepsilon_l$ ) se denomina coeficiente de Poisson, dicho coeficiente tiene un valor máximo de 0,5 y en función de las velocidades  $V_P$  y  $V_S$  se calcula con la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{V_P^2 - 2V_S^2}{2(V_P^2 - V_S^2)}$$

- **Módulo de Young o Elasticidad (E). –**

La relación existente entre los incrementos de tensión aplicados ( $\sigma$ ) y los incrementos de deformación longitudinal unitaria ( $\varepsilon$ ) se denomina módulo de Young. Cuando el módulo de elasticidad es constante indica un comportamiento lineal (Ley de Hooke). En función de las velocidades  $V_P$  y  $V_S$  se calcula con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\delta}{g} V_S^2 \left( \frac{3V_P^2 - 4V_S^2}{V_P^2 - V_S^2} \right) \quad (Kg/m^2)$$

En las tablas 56 y 57, se presenta algunos parámetros elásticos característicos de diferentes tipos de suelos:

**Tabla 56: Parámetros elásticos de varios suelos**

Tipo de suelo	Módulo de Elasticidad, E Kg/cm <sup>2</sup>	Coefficiente de Poisson, η
Arena suelta	102 - 255	0,2 - 0,4
Arena de compacidad media	153 - 306	0,25 - 0,4
Arena densa	357 - 561	0,3 - 0,45
Arena limosa	102 - 204	0,2 - 0,4
Arena y grava	714 - 1734	0,15 - 0,35
Arcilla blanda	41 - 204	0,2 - 0,5
Arcilla media	204 - 408	
Arcilla dura	408 - 1020	

*Fuente: Braja M. Das (2001)*

**Tabla 57: Valores orientativos del módulo de elasticidad de suelos**

Tipo de suelo	E (kg/cm <sup>2</sup> )
Suelos muy flojos o muy blandos	< 80
Suelos flojos o blandos	80 - 400
Suelos medios	400 - 1000
Suelos compactos o duros	1000 - 5000
Rocas blandas	5000 - 80000
Rocas duras	80000 - 150000
Rocas muy duras	> 150000

*Fuente: Modificado del Código Técnico de la Edificación, CTE (2019)*

- **Módulo de rigidez o de cizallamiento (G).** –

Tensión que actúa paralelamente al área dando origen a una deformación por fractura; es decir es una constante elástica que caracteriza el cambio de forma que experimenta un material elástico cuando se aplican esfuerzos cortantes. En función de la velocidad  $V_s$  se calcula con la siguiente ecuación:

$$G = \delta V_s^2 \quad \left( \frac{Kg}{m^2} \right)$$

Para el cálculo de la densidad ( $\delta$ ) en base a la propagación de las ondas de corte se propone obtenerla con la siguiente formula:

$$\delta = 1.19 + 475 * 10^{-6} V_s \quad \left( \frac{gr}{cm^3} \right)$$

En la tabla 52, se presenta las propiedades elásticas de acuerdo a las velocidades de onda del suelo analizada, considerando únicamente las velocidades en el rango de 1 - 5 m de

profundidad, que ha sido el rango de profundidad analizada en las calicatas y en los ensayos SPT.

**Tabla 58: Parámetros elásticos de los suelos estudiados**

Línea	Profundidad	V <sub>P</sub>	V <sub>S</sub>	δ	E	G	η
	<i>m</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>kg/m<sup>3</sup></i>	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	<i>s.u.</i>
1	0,00 - 5,00	225	126,56	1250,116	517,87	204,11	0,269
2	0,00 - 5,00	314,8	190	1280,25	1143,40	471,12	0,213
3	0,00 - 5,00	300,22	140,67	1256,818	689,23	253,52	0,359
4	0,00 - 5,00	280	130,1	1251,798	588,48	215,98	0,362
5	0,00 - 5,00	212,4	122,4	1248,14	477,07	190,62	0,251

*Fuente: Los Autores*

En base a las tablas 50 y 51, presentadas por Braja M. Das, (2001) y el CTE (2019) se pueden clasificar a los suelos estudiados de acuerdo con los parámetros elásticos obtenidos, como arcillas medias a duras.

#### **4.5.5 Características mecánicas en base a las características sísmicas de los suelos. –**

Distintas investigaciones experimentales indican que las características sísmicas de los suelos están fuertemente correlacionadas, con una serie de características mecánicas de los suelos. Recalcando además que la determinación de estas correlaciones se complica y ve afectada por dos motivos. (Naranjo Aguay & Dranichnikov, 2012)

- a) Las características mecánicas de los suelos por los métodos geotécnicos, en el presente estudio, se han determinado en el laboratorio con muestras; entonces la comparación de estos, con los datos de la exploración sísmica de superficie en el campo, se dificulta por la diferencia de escala de las investigaciones.
- b) Al no existir investigaciones teóricas o la falta de las mismas en este campo, no es claro el tipo y estructura de las correlaciones buscadas.

Por las razones indicadas, en el presente estudio para los cálculos de los valores que están en función de las propiedades mecánicas (cohesión y ángulo de fricción), se utilizara

únicamente los valores obtenidos por los ensayos de laboratorio, que ya fueron presentadas anteriormente. Sin embargo, en la tabla 59, se presenta los valores de ángulo de fricción y cohesión obtenidas mediante correlaciones en función  $V_P$  y  $V_S$ .

En la literatura se dispone de algunas correlaciones empíricas entre los parámetros obtenidos tanto por medios geofísicos,  $V_P$  y  $V_S$ , con la cohesión ( $\zeta$ ) y el ángulo de fricción ( $\phi$ ) todas adaptadas a la realidad de cada tipo de suelo en estudio

I.G. Mindel presento las siguientes correlaciones empíricas para suelos saprolíticos de los Urales.

$$C = 0.908 - 0.168 * \frac{V_P}{V_S} \quad (Kg/cm^2)$$

$$\vartheta = 46.4 - 9.65 \frac{V_P}{V_S} \quad (grados)$$

En la siguiente tabla 59 se puede observar los valores obtenidos de cohesión y ángulo de fricción en base a las correlaciones empíricas presentadas por I.G. Mindel tomando como velocidades de onda las obtenidas en los 5 primeros metros de profundidad de cada línea que es la profundidad máxima de interés para el presente estudio, es importante recalcar que estos valores se tomarán únicamente como comparativos ya que los valores que se asumirán son los presentados anteriormente obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio.

**Tabla 59: Valores de cohesión y ángulo de fricción en función de  $V_P$  y  $V_S$**

Línea	Profundidad	$V_p$	$V_s$	$\zeta$	$\phi$
	<i>m</i>	<i>m/s</i>	<i>m/s</i>	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	<i>grados</i>
1	0,00 - 5,00	225	126,56	0,61	29,24
2	0,00 - 5,00	314,8	190	0,63	30,41
3	0,00 - 5,00	300,22	140,67	0,55	25,80
4	0,00 - 5,00	280	130,1	0,55	25,63
5	0,00 - 5,00	212,4	122,4	0,62	29,65

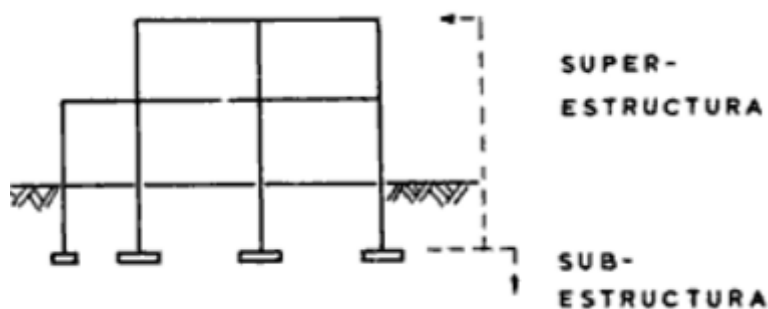
*Fuente: Los Autores*

Como se puede observar los valores de cohesión están en un rango aceptable y tolerable en comparación a los valores obtenidos en laboratorio, sin embargo, los valores del ángulo de fricción están totalmente errados en comparación a los obtenidos en laboratorio y de acuerdo con la clasificación de los suelos en la zona de estudio ya que en su mayoría son arcillas de alta plasticidad (CH), que además, se puede verificar con la granulometría de los suelos estudiados, en los cuales el porcentaje de finos es muchos mayor que de los gruesos, tal como se mostró en la tabla 24, de las cuales se espera un ángulo de fricción tendiendo a cero. Este error se debe principalmente a que las correlaciones existentes y utilizadas, son útiles únicamente para un cierto tipo de suelo y arroja resultados más exactos y reales cuando se trabaja sobre suelos similares que en este caso son los suelos saprolíticos de los Urales, que son suelos generalmente, no saturados, muy débilmente cementados y muy heterogéneos, (Mitchell & Sitar, 1982), que no tienen mayor relación con los suelos analizados en el presente estudio.

#### **4.6 Cargas que se transmiten a la cimentación. –**

Para lograr determinar las cargas actuantes se propuso una estructura (esquema) modelo en base a las dimensiones de los predios existentes como se indica en la figura 47 en el barrio “Emilio Sarmiento” y como guía fundamental la Norma Ecuatoriana de la Construcción-Vivienda (NEC-SE-VIVIENDA).

En toda estructura es fundamental conocer dos partes principales: la superestructura compuesta por elementos que son necesarios para su composición y transferir dichas cargas que se generan a la subestructura compuesto por: columna, viga, vigueta, pórtico, losa, gradas entre otros y la subestructura son los elementos encargados de transmitir la carga proveniente de la superestructura hacia el suelo mediante zapatas, pilotes, losas de cimentación, entre otros. Tal como se presenta en la figura 45.



**Figura 45: Diferenciación entre subestructura y superestructura**  
*Fuente: Crespo Villalaz Carlos, (2011)*

#### 4.6.1 Predimensionamiento. –

- **Vigas. –**

De acuerdo al ACI 318-14S se realiza un pre-dimensionamiento con los valores mínimos que debe cumplir de acuerdo a la luz (Tabla 60), para el ejemplo se simulará la vivienda como un empotramiento perfecto por lo cual las condiciones de apoyo cumplirán con un extremo continuo y ambos extremos continuos para la dirección X, para la dirección en sentido Y cumplirá con la condición de apoyo de un extremo continuo.

**Tabla 60: Peralte mínimo de vigas no pre esforzadas  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$**

Condición de apoyo	Altura mínima, h
Simplemente apoyada	l/16
Con un extremo continuo	l/18,5
Ambos extremos continuos	l/21
En voladizo	l/8

*Fuente: ACI 318-14S Tabla 9.3.1.1*

Por lo que para la vivienda tipo propuesta en el presente estudio se obtiene una viga de las siguientes dimensiones:  $B=25\text{cm}$ ;  $H=30\text{cm}$

- **Columnas. –**

Para el pre-dimensionamiento de la columna de la vivienda modelo propuesta, se procedió a realizar el diagrama de interacción como se indica en la figura 46, determinando las cargas

axiales y los momentos máximos que llegan a la columna con mayor carga mediante el programa SAP2000.

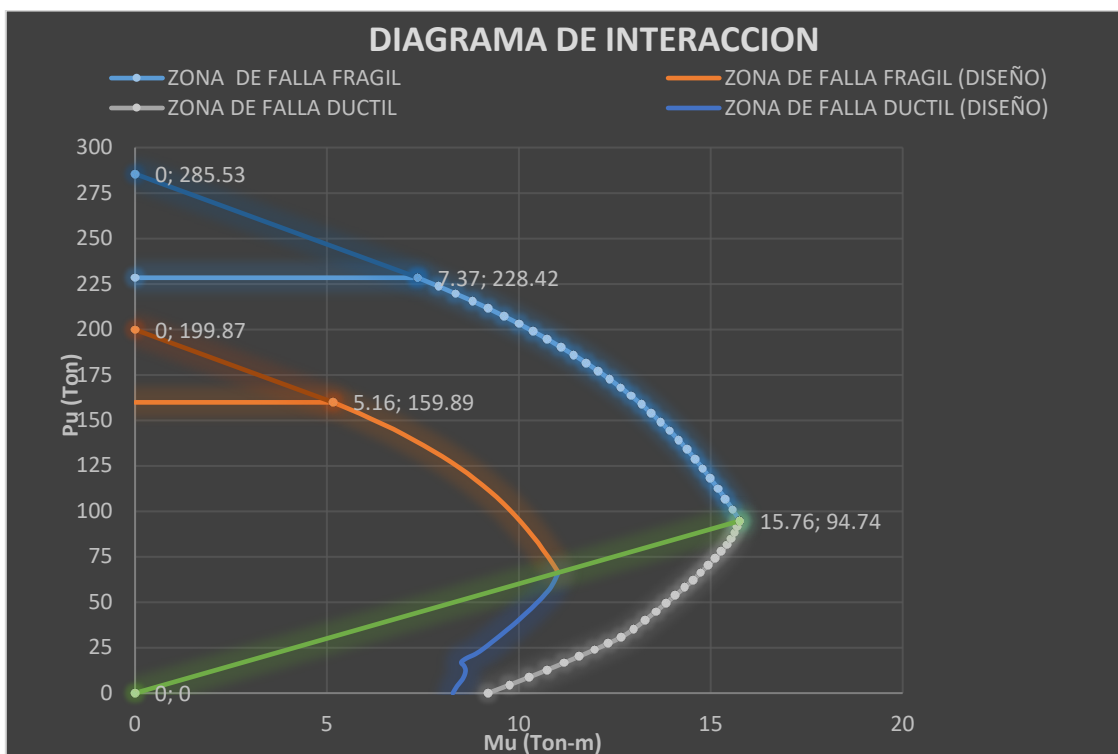


Figura 46: Diagrama de iteración para columnas

#### 4.6.2 Cargas Actuantes. –

- **Carga Viva (WL).** –

La carga viva, también llamada sobrecargas de uso, que se utilizara en el cálculo depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y está compuesta por la sumatoria de los pesos de: personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, etc. (NEC-SE-CG, 2015)

El valor de la carga viva de acuerdo con la Tabla 9, de la (NEC-SE-CG, 2015), para el caso de viviendas familiares corresponde a  $WL = 200 \text{ kg/m}^2$ .

- **Carga Muerta (WD).** –

Las cargas permanentes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura. Son elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas, máquinas y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura. (NEC-SE-CG, 2015)

Las cargas muertas asumidas para el presente estudio se calculan en base al predimensionamiento indicado anteriormente y al peso específico de los materiales en base a lo que nos indica la NEC, obteniendo las siguientes cargas:

$$WD_{acabado} = 1.20 \frac{KN}{m^2} = 120 \frac{kgf}{m^2}$$

$$WD_{losa} = 3.60 \frac{KN}{m^2} = 360 \frac{kgf}{m^2}$$

$$WD_{vigas} = 3.60 \frac{KN}{m} = 360 \frac{kgf}{m}$$

$$WD_{columna} = 3.84 \frac{KN}{m} = 384 \frac{kgf}{m}$$

Las cargas muertas mencionadas anteriormente, tanto de vigas, columna y losa, dichos datos no son introducidos de manera manual en el programa Sap2000 debido a que en el modelamiento del esquema de la vivienda propuesta se introduce las dimensiones reales tanto de vigas, columnas y losas en el programa, por lo cual dichas cargas son calculadas de manera automática por el mismo programa.

- **Carga Granizo.** –

De acuerdo a la recomendación por parte de la NEC-SE-Cargas No Sísmicas se debe tener en cuenta la carga por granizo, donde el predio se encuentre superior a los 1500 msnm.

$$WS = 0.50 \frac{KN}{m} = 50 \frac{kgf}{m}$$

#### 4.6.3 Modelos en Sap2000 y esquema general de las viviendas. –

- **Esquema general.** –

En la figura 47 se presenta el esquema general de distribución de columnas para una vivienda tipo, teniendo como separaciones máximas entre columnas de 5 metros que sería el caso más desfavorable que transmitiría la mayor carga a la cimentación. No se recomiendan construcciones de viviendas en las que la separación entre columna y columna supere los 5 metros.

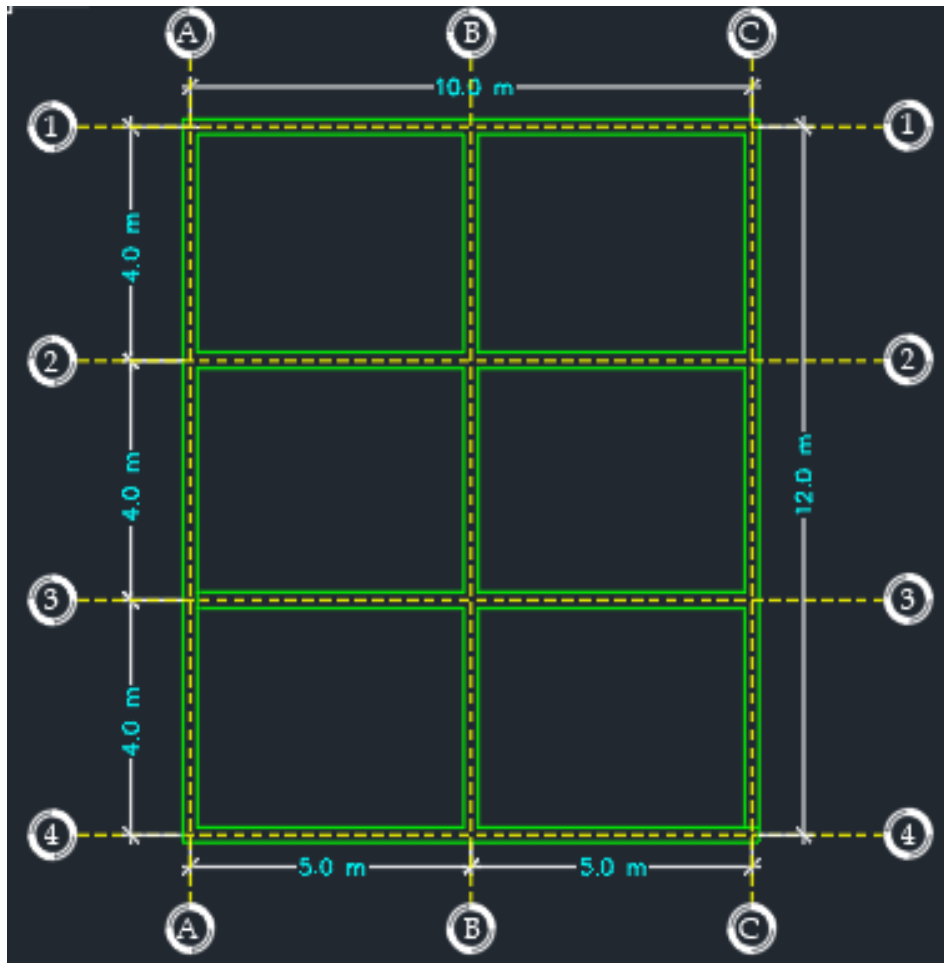
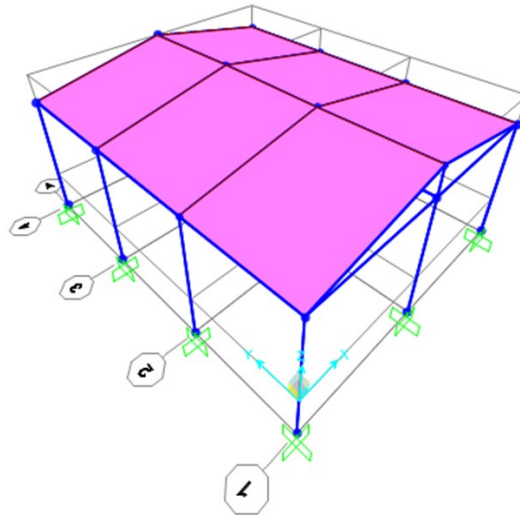


Figura 47: Esquema general de una vivienda familiar

*Fuente: Los Autores*

- **Vivienda de un nivel. –**

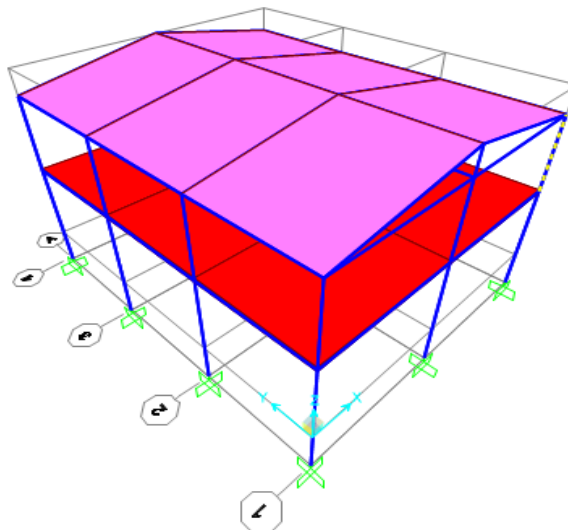
De acuerdo a las cargas mencionadas en el apartado anterior se procederá a modelar, teniendo como elementos principales vigas, columnas, cielo raso y cubierta metálica.



**Figura 48: Esquema general de la vivienda tipo de un nivel**  
*Fuente: Los Autores*

- **Vivienda de dos niveles. –**

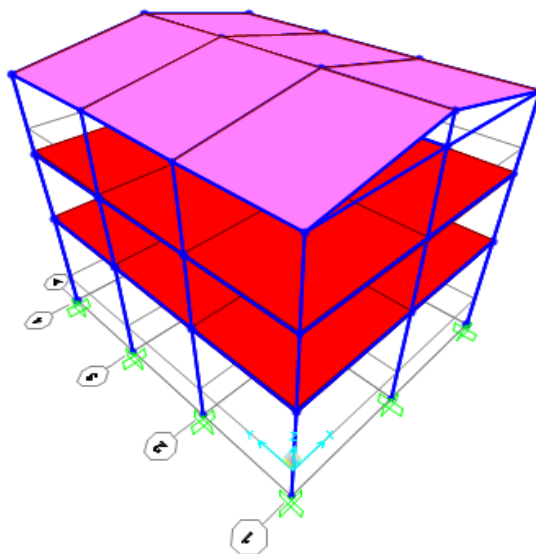
Se modelará los elementos principales vigas, columnas, losa en el primer nivel, cielo raso y cubierta metálica en el segundo nivel.



**Figura 49: Esquema general de una vivienda tipo de dos niveles**  
*Fuente: Los Autores*

- **Vivienda de tres niveles. –**

Se modelará los elementos principales vigas, columnas, losa en el primer y segundo nivel, cielo raso y cubierta metálica en el tercer nivel.



**Figura 50: Esquema general de una vivienda tipo de tres niveles**  
*Fuente: Los Autores*

#### **4.7 Discusión de resultados. –**

La presente investigación está basada en la Norma Ecuatoriana de la Construcción, apartado de geotecnia y cimentaciones (NEC-SE-GC), en el cual se considera dos métodos directos y un método indirecto para la exploración en campo, esto con la intención de aportar el mayor número de datos físicos, mecánicos y elásticos, es decir datos geotécnicos que servirá para analizar, determinar y diseñar las cimentaciones dentro de la zona en estudio.

Las calicatas permitieron obtener características preliminares en los 5 metros de exploración geotécnica, permite clasificar el suelo en base a los límites de Atterberg y la granulometría ensayos que son realizados en laboratorio, además se obtuvo la humedad natural de los suelos, por otra parte, los parámetros mecánicos de los suelos se obtuvieron en base al ensayo de Penetración Estándar (SPT), estos parámetros se los calculo en base al ensayo triaxial (UU) realizado en laboratorio, dichos parámetros sirvieron para el cálculo de la capacidad de carga dato fundamental para el diseño de las cimentaciones. Tanto las calicatas y SPT sirvieron para determinar el perfil estratigráfico del subsuelo. Todos los parámetros obtenidos han sido analizados, comparados y corroborados con valores bibliográficos y además han servido para

calcular nuevos parámetros tales como: índice de compresibilidad, expansión, índice de plasticidad, peso volumétrico, módulo de elasticidad etc.

El ensayo indirecto realizado, Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW), permitieron obtener características físicas del suelo a mayor profundidad que los métodos directos, además, mediante correlaciones en base a las velocidades de ondas de compresión y corte se obtuvo el coeficiente de Poisson y los módulos de corte y elasticidad.

El tipo de cimentación que debe diseñarse, se rige principalmente por el momento de volteo y la capacidad de carga del suelo. Para el análisis de la carga admisible es necesario contar con todos los datos anteriormente descritos del suelo debajo de la cimentación y además se requiere la información sobre la estructura que se construirá sobre la cimentación.

Una vez determinado que las propiedades y características de los suelos en los 5 primeros metros de profundidad son similares y no se ha encontrado en ninguno de los casos un estrato que presente mejores características significativas. Es por esto que es importante realizar una selección o depuración de los datos obtenidos en base a la realidad del sistema de construcción en el medio y ha técnicas constructivas sencillas, prácticas y seguras que se vean reflejadas en ahorros de tiempo y económicos en la construcción. Para los factores determinantes a considerarse para la elección del tipo de cimentación, se adoptan como resultados de las características físicas y geo mecánicas, las presentadas a una profundidad máxima de 2 metros en los ensayos SPT y la muestra menos profunda de las calicatas. Cuando hablamos de los factores determinantes a considerarse para la elección del tipo de cimentación nos referimos a los siguientes: cargas y características de la estructura (magnitud, combinaciones críticas, carga transmitida); características del suelo de fundación (capacidad de carga, compresibilidad, propiedades físicas, expansividad, módulo de elasticidad, etc.) y factores económicos, es decir, debe considerarse el costo de la cimentación en relación con la importancia, el riesgo y el valor

de la superestructura, aclarando que los factores mencionados no son los únicos, pero en el presente estudio fueron los considerados.

Existen parámetros que van a ser considerados en toda el área de estudio como: la pendiente no excede en un 30% por lo que de acuerdo con el PDOT cantonal toda el área es apta para la construcción de viviendas; el tipo de suelo sísmico a considerarse para el diseño estructural de acuerdo a la clasificación de la NEC-SE-DS, es un suelo tipo D, y el potencial de expansión es de medio por lo que al momento de selección del tipo de cimentación y diseño de la cimentación se debe tomar en cuenta y tomar las medidas correctivas correspondientes.

A continuación, en las tablas 61, 62, 63 y 64, se presentan los valores de los distintos parámetros de los suelos como se indicó en cuanto a las calicatas la muestra más superficial y a los SPT y parámetros elásticos a una profundidad máxima de 2 metros.

**Tabla 61: Índice de compresibilidad muestra más superficial de las calicatas**

Núm. Calicata	Profundidad	C <sub>c</sub>
1	2,5	0,41
2	2,7	0,31
3	3,2	0,34
4	2,4	0,4
5	2,6	0,44
6	2,3	0,29
7	2,5	0,46
8	2,5	0,29
9	2,5	0,29

*Fuente: Los Autores.*

**Tabla 62: Parámetros elásticos líneas sísmicas 2 metros de profundidad**

Línea	Profundidad	E	G	$\eta$
	<i>m</i>	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	<i>Kg/cm<sup>2</sup></i>	<i>s.u.</i>
1	0,00 - 2,00	517,87	204,11	0,269
2	0,00 - 2,00	1143,40	471,12	0,213
3	0,00 - 2,00	689,23	253,52	0,359
4	0,00 - 2,00	588,48	215,98	0,362
5	0,00 - 2,00	477,07	190,62	0,251

*Fuente: Los Autores.*

**Tabla 63: Clasificación y límites muestra más superficial de las calicatas**

Calicata		%Hum	LL	LP	IP	Descripción
C1	Prof. 2,5m	34,04%	69,17%	33,31%	35,86%	Arcilla de alta plasticidad.
C2	Prof. 2,7m	34,57%	53,96%	26,80%	27,16%	Arcilla de alta plasticidad.
C3	Prof. 3,2m	43,87%	58,10%	32,47%	25,63%	Limo de alta plasticidad, limo elástico
C4	Prof. 2,4m	31,77%	67,84%	35,61%	32,23%	Limo de alta plasticidad, limo elástico
C5	Prof. 2,6m	36,61%	73,54%	31,70%	41,84%	Arcilla de alta plasticidad.
C6	Prof. 2,3m	29,48%	52,11%	23,71%	28,40%	Arcilla de alta plasticidad.
C7	Prof. 2,5m	24,37%	75,94%	35,65%	40,29%	Arcilla de alta plasticidad.
C8	Prof. 2,5m	23,58%	52,13%	27,60%	24,53%	Arcilla de alta plasticidad.
C9	Prof. 2,0m	36,48%	51,84%	27,12%	24,72%	Arcilla de alta plasticidad
<b>Promedio</b>		<b>32,75%</b>	<b>62,85%</b>	<b>30,86%</b>	<b>31,18%</b>	

*Fuente: Los Autores.*

**Tabla 64: Capacidad de carga a 2 metros de profundidad**

Código	Profundidad	Corrida		Cuadrada		Circular	
		q u	q adm.	q u	q adm.	q u	q adm.
		Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
SPT 1	1,50 m - 2,00 m	2,22	0,74	2,37	0,79	2,31	0,77
SPT 2	1,50 m - 2,00 m	7,23	2,41	8,19	2,73	7,98	2,66
SPT 3	1,50 m - 2,00 m	2,67	0,89	3,33	1,11	3,33	1,11
SPT 4	1,50 m - 2,00 m	1,53	0,51	1,68	0,56	1,65	0,55
SPT 5	2,00 m - 2,50 m	6,66	2,22	8,53	2,84	8,53	2,84

*Fuente: Los Autores.*

#### 4.7.1 Casos y rangos de análisis. –

Al ser el área de estudio bastante grande 15,4 Ha, es importa definir ciertos parámetros que sean característicos y estén correlaciones con la finalidad de proponer las cimentaciones, ya que resultaría imposible, proponer un tipo de cimentación para un lote en específico, para esto debería realizarse un análisis puntual, es importante recalcar que la presente investigación sirve

como guía para identificar las características del suelo y definir el tipo de cimentación más óptima dentro de la zona, pero en cada caso el propietario debe realizarse el respectivo análisis.

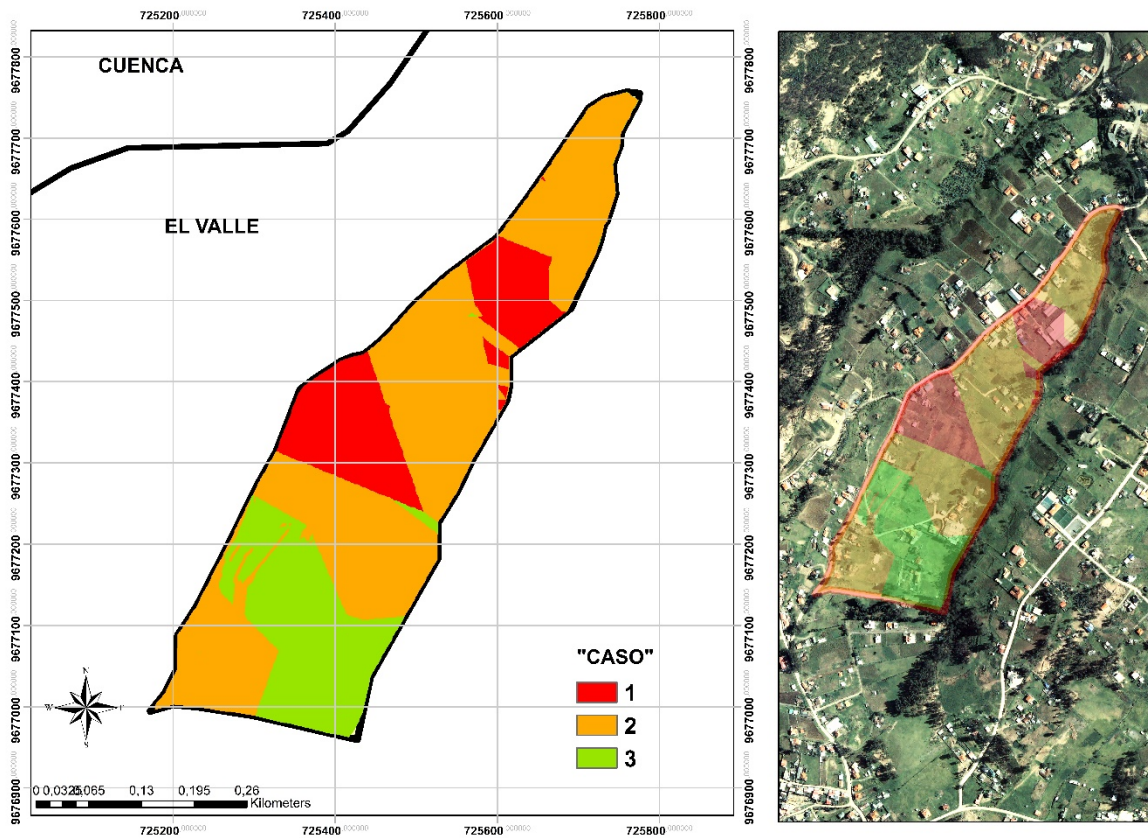
En la tabla 65, se plantean 3 rangos denominando a cada uno como “caso” que están en función principalmente de la capacidad de carga admisible del suelo ( $q_{adm}$ ), que servirá para el diseño de la zapata por estado límite de falla y el índice de compresibilidad ( $C_c$ ), que se utilizara para el diseño por estado límite de servicio, para determinar cada rango de los “casos” se ha considerado los parámetros físicos, mecánicos y elásticos que se han determinado de los suelos, que se encuentran resumidos en las tablas 55, 58, 61, 62, 63 y 64, anteriormente presentadas.

**Tabla 65: Casos determinados de acuerdo a las características del suelo en la zona**

Caso	Pendiente	Potencial de expansión	Sísmico	SUCS	E	$\eta$	$C_c$	$q_{adm}$ .
	%				kg/cm <sup>2</sup>	s.u.	s.u.	kg/cm <sup>2</sup>
1	<30	Medio	D	CH	<400	>0,35	>0,40	0,50-1,00
2	<30	Medio	D	CH	400-1000	0,25-0,35	0,20-0,40	1,00-1,50
3	<30	Medio	D	CH	>1000	<0,25	<0,20	1,50-2,50

*Fuente: Los Autores.*

Adicionalmente en la figura 51, se presenta un mapa en donde se puede evidenciar de manera aproximada, el “caso” al que corresponden las diferentes áreas de la zona de estudio. Aclarando que este mapa es aproximado y referencial ya que los tipos, características mecánicas, físicas y elásticas de los suelos pueden cambiar radicalmente en pocos metros, es por esto de la importancia de realizar un análisis previo a la construcción para identificar a que “caso” el terreno sobre el cual se desea emplazar la edificación. Para la realización del mapa se tomaron como variables referenciales las siguientes: capacidad de carga, índice de compresibilidad, coeficiente de Poisson y la pendiente del terreno.



**Figura 51: Mapa de zonificación por “casos” dentro de la zona de estudio.**  
*Fuente: Los Autores*

## 5 CAPITULO V: DISEÑO

Las cimentaciones superficiales o también conocidas como directas, reparten las cargas de la estructura en un plano de apoyo horizontal hacia el suelo. Son utilizadas para transmitir al suelo las cargas de cada uno de los pilares que conforman la estructura. (DB-SE,C.T.E, 2008)

Como ya se mencionó anteriormente, para el diseño de cimentaciones se han desarrollado varios métodos (el Método de los Esfuerzos Admisibles, el Método del Factor de Seguridad Global, y el Método de los Estados Limites). El método utilizado para el diseño de las propuestas de cimentaciones en el barrio Emilio Sarmiento es el de los Estados Limites.

Antes de iniciar con el diseño cabe recordar que una de las funciones principales de la cimentación o subestructura es la transferencia adecuada al subsuelo de las cargas vivas y muertas de las edificaciones. (NEC-SE-CG, 2015)

La cimentación debe ubicarse y desplantarse sobre materiales que dispongan de características geo mecánicas suficientes para garantizar: (NEC-SE-CG, 2015)

- La resistencia al corte.
- Un idóneo desempeño de la estructura para los asentamientos generados en el subsuelo.
- Que la resistencia se mantenga por debajo de los estados límite de falla (capacidad de carga) y de servicio (asentamientos) en los diseños de cimentaciones.

### 5.1 Estado límite de falla

El estado límite de falla hace referencia a la capacidad de carga. La capacidad de carga última o resistencia al cortante del suelo en el punto de falla deberá ser sustentada con el empleo de cualquiera de los métodos basados en teoría plástica o análisis de equilibrio límite. Deberán ser considerados en el análisis todos los mecanismos posibles de falla, a saber: plano de falla general, plano de falla local y falla por punzonamiento. (NEC-SE-CG, 2015)

Los factores de seguridad mínimos a utilizar para el criterio de resistencia al corte se presentaron en la tabla 42. Como ya se mencionó anteriormente en el presente trabajo se asume como factor de seguridad  $FS = 3$ , con dicho factor de seguridad se calcula la capacidad de carga admisible del suelo.

## **5.2 Estado límite de servicio. –**

El estado límite de servicio hace referencia a los asentamientos, tema que ya fue detallado en el capítulo 1 del presente documento. Recalcando que el asentamiento total a ser calculado, será el resultado de la suma de los: asentamientos inmediatos, asentamientos por consolidación (primaria y secundaria) y asentamientos inducidos por sismos. (NEC-SE-CG, 2015)

El asentamiento tolerable para las edificaciones hace referencia al asentamiento promedio total que experimenta la cimentación de una estructura durante un lapso de 25 años. Para el cálculo de los asentamientos se considera las cargas muertas de servicio y 50% de cargas vivas máximas; siendo el asentamiento máximo tolerable de 20 cm para construcciones aisladas y de 10 cm para construcciones entre medianeras; siempre y cuando no se afecten la funcionalidad de conducciones de servicio y accesos a la construcción. (NEC-SE-CG, 2015)

Se debe tener en cuenta que, en la zona de estudio, al realizar los ensayos de granulometría y límites de Atterberg, para clasificar al suelo mediante el método SUCS, dio como resultado que existe suelos arcillosos y limosos, por lo cual los asentamientos por consolidación juegan un papel importante en estos suelos.

Es importante mencionar que existen los asentamientos diferenciales, que deben ser analizados y estudiados, sin embargo, para el presente trabajo solo se tomara en cuenta los asentamientos por consolidación, debido a que los asentamientos diferenciales implican un análisis estructural más riguroso contando con los planos arquitectónicos de la edificación para poder realizar el modelado total de la vivienda.

### 5.3 Factores que determinan el tipo de cimentación. –

En el manual de cimentaciones expedido por la SMIG, se menciona como factores que más influyen en la elección del tipo de cimentación los que se describen a continuación:

- **Cargas.** – Para el diseño de la cimentación de cualquier construcción se deberán efectuar análisis que involucren el efecto de las acciones permanentes (incluyendo el peso propio), variables (incluyendo la carga viva) y accidentales (incluyendo el sismo y viento). Una vez conocido estas acciones, es necesario saber su distribución y los esfuerzos aplicados al suelo. (UABC, 2018)
- **Suelo.** – El estudio del suelo sobre el que se desplantará la construcción deberá proporcionar información acerca de las propiedades índices, mecánicas e hidráulicas del subsuelo. Estos estudios servirán de base para la correcta selección de los estratos de apoyo y de los elementos que transmitirán las cargas al subsuelo. (UABC, 2018)
- **Técnica y economía.** – Al ser elegido un tipo de cimentación, es necesario definir el procedimiento de construcción, cuyas características permita ahorrar en gran medida tiempo y dinero, respetando las especificaciones geotécnicas y estructurales, preservando constantemente la calidad de los elementos de cimentación. (UABC, 2018)

### 5.4 Análisis de cargas. –

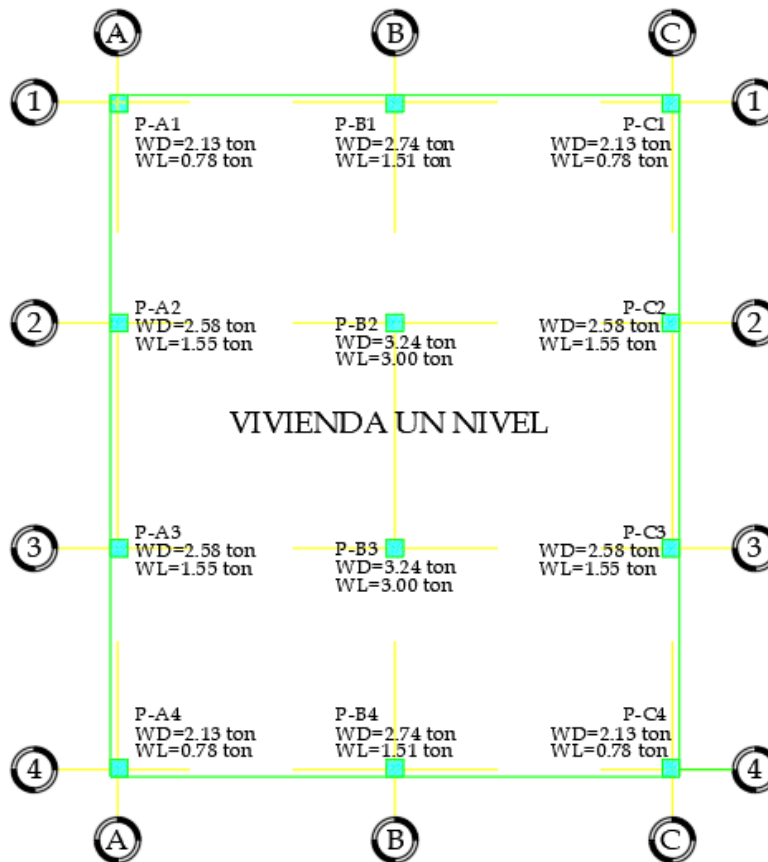
Luego de haber realizado un modelado en el programa SAP2000, con la intención de determinar la carga axial máxima que se va a transmitir a la cimentación en cada una de las columnas, en las tablas 66, 67 y 68, se observa el resumen de cargas que cada columna del esquema general planteado en la figura 47, transmite a la cimentación. A su vez en las figuras 52, 53 y 54, se observa la distribución de las cargas en el esquema general, como ya se mencionó estos valores se determinaron en el Software especializado SAP2000, de acuerdo con las cargas que se han detallado en el apartado 4.6 del presente documento.

- Vivienda de un nivel. –

**Tabla 66: Resumen de cargas vivienda de un nivel**

<b>Vivienda de un nivel</b>			
<b>Carga</b>	<b>A-1 (ton)</b>	<b>B-1 (ton)</b>	<b>C-1 (ton)</b>
Carga Muerta	2,13	2,74	2,13
Carga Viva	0,78	1,51	0,78
	<b>A-2</b>	<b>B-2</b>	<b>C-2</b>
Carga Muerta	2,58	3,24	2,58
Carga Viva	1,55	3,00	1,55
	<b>A-3</b>	<b>B-3</b>	<b>C-3</b>
Carga Muerta	2,58	3,24	2,58
Carga Viva	1,55	3,00	1,55
	<b>A-4</b>	<b>B-4</b>	<b>C-4</b>
Carga Muerta	2,13	2,74	2,13
Carga Viva	0,78	1,51	0,78

*Fuente: Los Autores.*



**Figura 52: Distribución de las cargas en viviendas de un nivel**

*Fuente: Los Autores.*

- Vivienda de dos niveles. –

Tabla 67: Resumen de cargas vivienda de dos niveles

Vivienda de dos niveles			
Carga	A-1 (ton)	B-1 (ton)	C-1 (ton)
Carga Muerta	6,26	9,70	6,26
Carga Viva	1,80	3,52	1,80
	A-2	B-2	C-2
Carga Muerta	9,46	15,25	9,46
Carga Viva	3,57	6,92	3,57
	A-3	B-3	C-3
Carga Muerta	9,46	15,25	9,46
Carga Viva	3,57	6,92	3,57
	A-4	B-4	C-4
Carga Muerta	6,26	9,70	6,26
Carga Viva	1,80	3,52	1,80

Fuente: Los Autores.

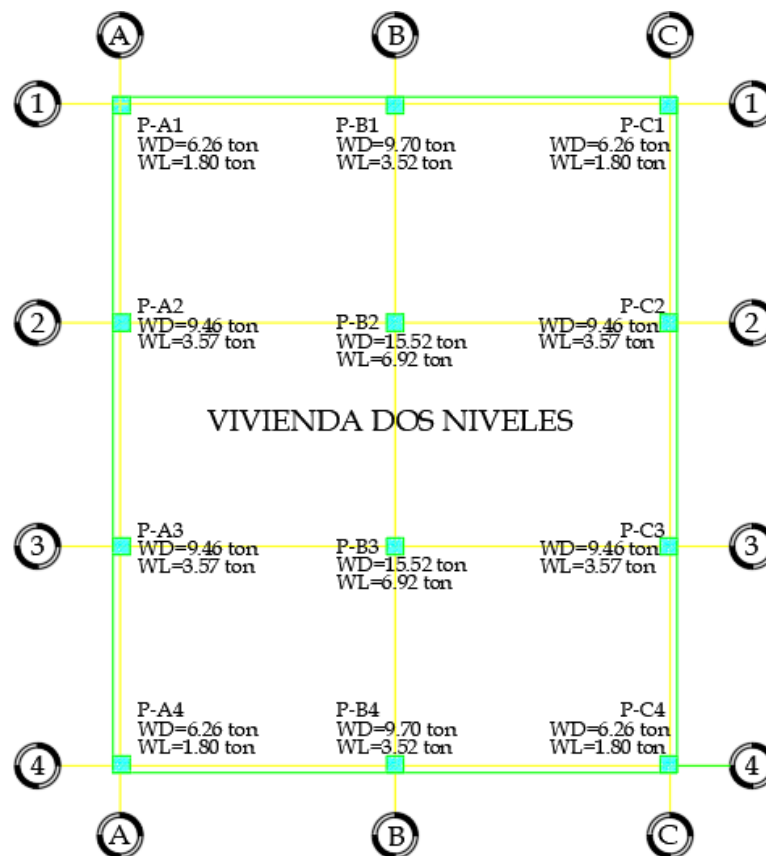


Figura 53: Distribución de las cargas en viviendas de dos niveles

Fuente: Los Autores.

- Vivienda de tres niveles. –

Tabla 68: Resumen de cargas vivienda de tres niveles

Vivienda de tres niveles			
Carga	A-1 (ton)	B-1 (ton)	C-1 (ton)
Carga Muerta	10,46	16,73	10,46
Carga Viva	2,87	5,56	2,87
	A-2	B-2	C-2
Carga Muerta	16,35	27,01	16,35
Carga Viva	5,59	10,71	5,59
	A-3	B-3	C-3
Carga Muerta	16,35	27,01	16,35
Carga Viva	5,59	10,71	5,59
	A-4	B-4	C-4
Carga Muerta	10,46	16,73	10,46
Carga Viva	2,87	5,56	2,87

Fuente: Los Autores.

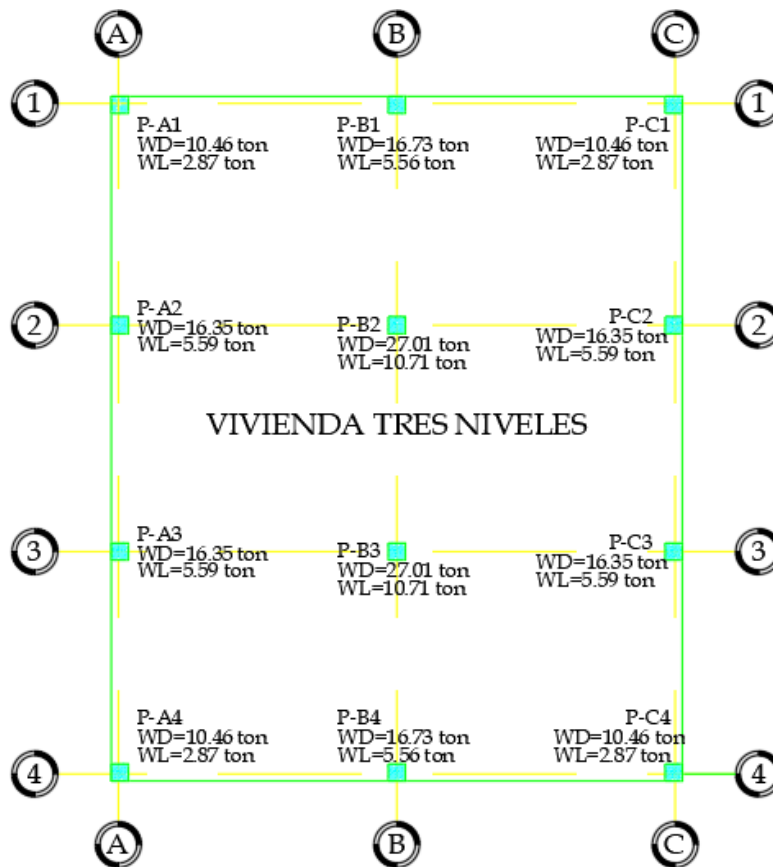


Figura 54: Distribución de las cargas en viviendas de tres niveles

Fuente: Los Autores.

### 5.5 Determinación del tipo de cimentaciones para cada uno de los “casos”. –

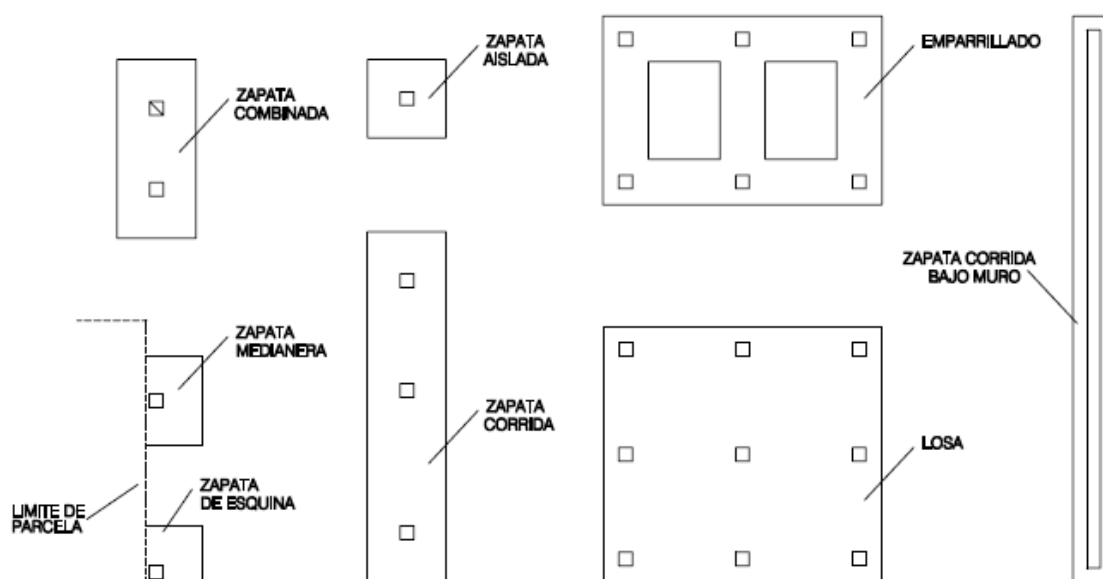
En la tabla 69, se presentan los principales tipos de cimentaciones superficiales y la aplicación o elemento estructural más usual, además, en la figura 55, se presenta su geometría.

También este tipo de cimentaciones pueden ser conocidas como cimentaciones por zapatas.

**Tabla 69: Tipos de cimentaciones directas y su utilización más usual**

Tipo de cimentación	Elementos estructurales más usuales a los que sirven de cimentación
Zapata aislada	Pilar aislado, interior, medianero o de esquina
Zapata combinada	2 o más pilares contiguos
Zapata corrida	Alineación de 3 o más pilares o muros
Pozo de cimentación	Pilar aislado
Emparrillado	Conjunto de pilares y muros distribuidos, en general, en retícula
Losa	Conjunto de pilares y muros

*Fuente: (DB-SE,C.T.E, 2008)*



**Figura 55: Tipos de cimentaciones superficiales**

*Fuente: (DB-SE,C.T.E, 2008)*

Crespo Villalaz, 2011; en su libro presenta pautas de cómo escoger la cimentación más adecuada. Para la selección del tipo de cimentación más conveniente de acuerdo con las características mecánicas del suelo de desplante, y para que los asentamientos tanto totales como diferenciales queden dentro de los límites permitidos según el tipo de estructura, se pueden seguir estos lineamientos:

- a) Usar zapatas aisladas en suelos de baja compresibilidad ( $C_c$  menor a 0,2) y donde los asentamientos diferenciales entre columnas puedan ser controladas. (Crespo Villalaz, 2011)
- b) En suelos con compresibilidad media ( $C_c$  entre 0,2 y 0,4), para mantener los asentamientos dentro de ciertos límites, conviene emplear zapatas continuas rigidizadas con vigas de cimentación. (Crespo Villalaz, 2011)
- c) Cuando las cargas sean bastante pesadas y al emplear zapatas continuas estas ocupen cerca del 50% de área del edificio en planta, es más económico usar una sola losa de cimentación. (Crespo Villalaz, 2011)
- d) En aquellos suelos que presenten una compresibilidad mediana, alta o muy alta, y que además tengan baja capacidad de carga, es recomendable el uso de cimentaciones compensadas. Estos suelos pueden presentar un índice de compresión  $C_c$  desde 0,2 hasta más de 0,4. (Crespo Villalaz, 2011)
- e) Cuando las cargas sean demasiado elevadas conviene, para el caso de suelos de baja capacidad de carga, usar pilotes de punta apoyados en un estrato resistente. (Crespo Villalaz, 2011)

Las cimentaciones por zapatas se recomiendan que oscilen a una profundidad entre 0,80 y 1,50 m sin nivel freático, cuando se llegue a más de esta profundidad (2-4m) se recomienda estudiar pozos de hormigón más pobre inferior. A su vez se recomienda zapatas aisladas en terrenos firmes; zapatas combinadas o corridas en suelos cuya capacidad de carga sea baja; losas de cimentación, utilizadas para reducción de asientos diferenciales en terrenos heterogéneos y en general para edificios de 4 a 8 plantas. (Vazquez, 2009)

Considerando que el potencial de expansividad es medio, se requiere conveniente utilizar alguna acción sobre la estructura y sistema de cimentación, Vélez Dávila, 2012; propone el uso de zapatas corridas en suelos de bajo grado de expansión o la implantación de la zapatas a

profundidades entre 1,50 a 2,00 m, se considera una alternativa válida cuando el subsuelo no es altamente expansivo; el caso de zapatas aisladas es ventajoso cuando las capas superiores del suelo poseen un potencial expansivo moderado y poseen una capacidad de carga relativamente alta, para permitir la concentración de tensiones se requiere descalzar las vigas de cimentación; mientras que las losas de cimentación construidas sobre suelos expansivos, siguen siendo considerados un problema de difícil solución y aun no resuelto para todos los casos.

En la tabla 70, se presenta el tipo de cimentación recomendada para cada uno de los 3 casos propuestos en la tabla 65, y dependiendo de la carga transmitida a la cimentación que está en función del número de niveles de la edificación.

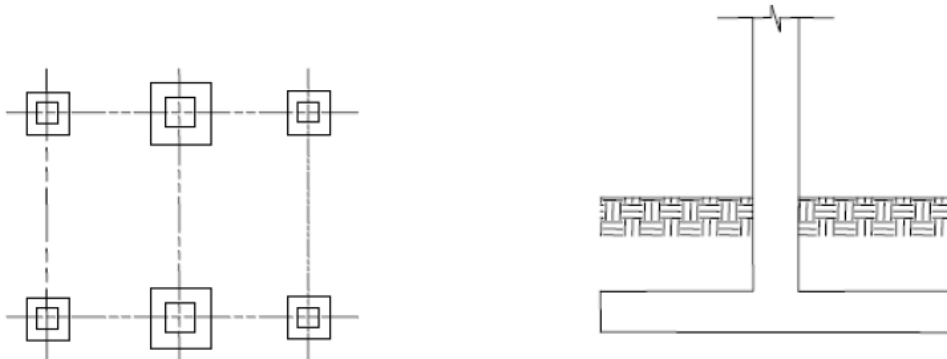
**Tabla 70: Cimentación recomendada para cada caso**

Caso	Núm. niveles	Prof. recomendada	Cimentación recomendada
		<i>m</i>	
1	1	1,00 – 2,00	Zapata aislada
	2	1,00 – 2,00	Zapata corrida
	3	-----	No construir
2	1	1,00 – 2,00	Zapata aislada
	2	1,00 – 2,00	Zapata aislada
	3	1,00 – 2,00	Zapata corrida
3	1	1,00 – 2,00	Zapata aislada
	2	1,00 – 2,00	Zapata aislada
	3	1,50 – 2,00	Zapata aislada

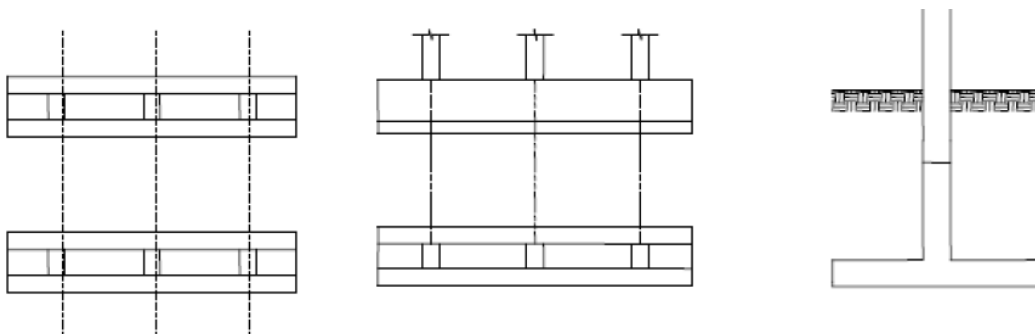
*Fuente: Los Autores*

Si bien es cierto el PDOT del cantón Cuenca y la ordenanza Municipal permite la construcción de viviendas de hasta tres niveles dentro de la zona en estudio, pero en base a las características geo mecánicas, físicas y elásticas de los suelos, determinadas en el presente estudio se recomienda que las viviendas de tres niveles, se edifiquen únicamente en zonas en donde las características del suelo estén dentro del rango indicado en el caso 2 y 3 de la tabla 65, que se presentó anteriormente.

En las figuras 56 y 57 se puede observar la vista en planta y elevación de las zapatas aisladas y corridas que han sido las elegidas para las propuestas de diseño.



**Figura 56: Esquema de zapatas aisladas**  
Fuente: (UABC, 2018)



**Figura 57: Esquema de zapatas corridas o continuas**  
Fuente: (UABC, 2018)

### 5.6 Procedimiento para el diseño de zapatas. –

Para el diseño de las zapatas, se propone la siguiente secuencia de cálculo, el mismo, que no es una regla, o no debe cumplirse de manera rigurosa en todos los cálculos, o al utilizar otros criterios de diseño.

- 1) Obtención de las cargas de servicio.
- 2) Se encuentran las dimensiones de la zapata, de tal forma que las presiones de contacto sean menores que la admisible del suelo.
- 3) Suposición de espesor de la zapata.
- 4) Revisión del estado límite de servicio (asentamientos).

### 5.6.1 Diseño y revisión por estado límite de falla. –

Una vez obtenidos los valores de la capacidad de carga admisible de los suelos ( $q_{adm}$ ) en base a los ensayos geo mecánicos y además del análisis de cargas realizado anteriormente, se obtiene las cargas de servicio que se transmitirán a las cimentaciones.

El dimensionamiento de las zapatas viene dado por: la relación entre la carga de servicio y la capacidad de carga admisible del suelo.

$$A_{req} = \frac{P_S}{q_{adm}}$$

**Donde:**

$A_{req}$  = Área mínima de fundación requerida;  $P_S$  = Carga de servicio (Ton);  $q_{adm}$  = Capacidad de carga admisible del suelo (Ton/m<sup>2</sup>)

De acuerdo con la tabla 70, se presentaron las recomendaciones de cimentaciones a realizar, como se observa existen dos tipos de cimentaciones, las zapatas aisladas cuadradas y las zapatas continuas o “corridas”. A continuación, se presenta las formulas a emplear en cada caso para encontrar la base de la zapata:

$$B = \sqrt{A_{req}} \quad \text{Zapatas aisladas cuadradas}$$

$$B = \frac{P_{S-E}}{L * q_{adm}} \quad \text{Zapatas continuas o “corridas”}$$

**Donde:**

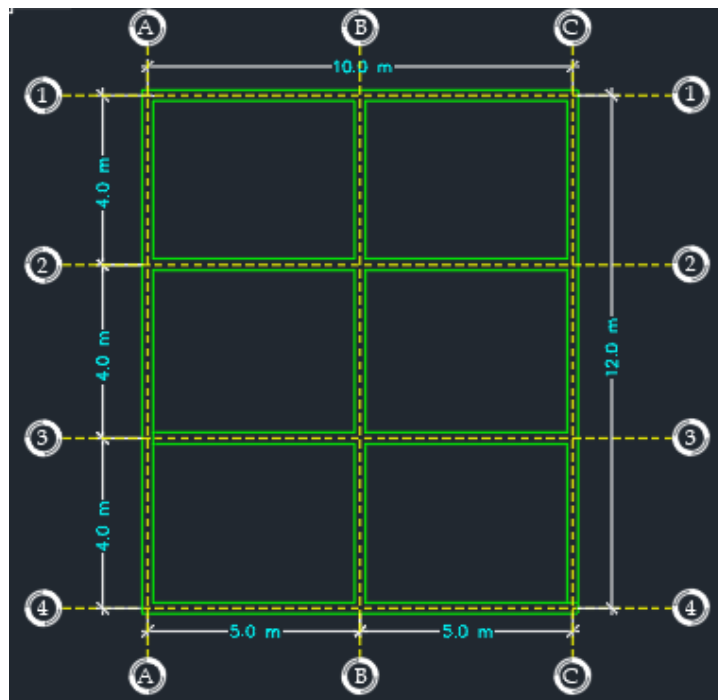
$P_{S-E}$  = Carga de servicio por eje (Ton);  $B$  = Ancho de zapata ya sea corrida o aislada (m);  $L$  = Longitud entre ejes (m).

- **Carga de servicio.** –

La carga de servicio ( $P_S$  y  $P_{S-E}$ ) hace referencia a las cargas que se transmiten a la cimentación, obtenidas del análisis estructural, sin mayorar. La intención de no mayorar las cargas es de hacerla compatible con la capacidad admisible del suelo ( $q_{adm}$ ), en la cual ya se involucra el factor de seguridad (Alva Hurtado, 2012). Recordemos que en el presente caso es igual a tres ( $F.S = 3$ )

Las cargas de servicio, fueron presentadas en las tablas 62, 63 y 64 de manera diferenciada entre carga muerta y viva; sin embargo, se necesita obtener la carga de servicio total en cada plinto para el caso de zapatas aisladas ( $P_S$ ), y en el caso de zapatas corridas, la sumatoria de las cargas que se encuentran en cada uno de los ejes, tanto verticales como horizontales ( $P_{S-E}$ ).

Se ha visto la necesidad de presentar nuevamente la figura 58, la misma que hace referencia al esquema general de las viviendas tipo, esto con la finalidad de identificar cada uno de los ejes y plintos dependiendo del caso.



**Figura 58: Esquema general de las viviendas tipo.**

*Fuente: Los Autores*

A continuación, en las tablas 71, 72 y 73, se presenta la carga de servicio total que transmite la estructura a cada plinto, estos para el caso en los que se recomienda zapatas aisladas de acuerdo con la tabla 70, presentada anteriormente.

**Tabla 71: Carga de servicio total, vivienda de un nivel zapatas aisladas**

<b>Punto</b>	<b>Carga de servicio (Ps)</b>
	<i>(Ton)</i>
A-1; A-4; C-1; C-4	2,91
A-2; A-3; C-2; C-3	4,13
B-1; B-4	4,25
B-2; B-3	<b>6,24</b>

*Fuente: Los Autores*

**Tabla 72: Carga de servicio total, vivienda de dos niveles zapatas aisladas**

<b>Punto</b>	<b>Carga de servicio (Ps)</b>
	<i>(Ton)</i>
A-1; A-4; C-1; C-4	8,06
A-2; A-3; C-2; C-3	13,03
B-1; B-4	13,22
B-2; B-3	<b>22,17</b>

*Fuente: Los Autores*

**Tabla 73: Carga de servicio total, vivienda de tres niveles zapatas aisladas**

<b>Punto</b>	<b>Carga de servicio (Ps)</b>
	<i>(Ton)</i>
A-1; A-4; C-1; C-4	13,33
A-2; A-3; C-2; C-3	21,94
B-1; B-4	22,29
B-2; B-3	<b>37,72</b>

*Fuente: Los Autores*

En las tablas 74 y 75, se presenta la sumatoria de carga de servicio total que transmite la estructura a la cimentación en el eje horizontal, estos para el caso en los que se recomienda zapatas corridas de acuerdo con la tabla 70, presentada anteriormente.

**Tabla 74: Carga de servicio total, vivienda de dos niveles zapatas corrida eje horizontal**

Eje	Carga de servicio ( $P_{S-EH}$ )
	(Ton)
1 y 4	29,34
2 y 3	<b>48,23</b>

*Fuente: Los Autores*

**Tabla 75: Carga de servicio total, vivienda de tres niveles zapatas corrida eje horizontal**

Eje	Carga de servicio ( $P_{S-EH}$ )
	(Ton)
1 y 4	48,95
2 y 3	<b>81,6</b>

*Fuente: Los Autores*

Finalmente, en las tablas 76 y 77, se encuentran las cargas de servicio total en el eje vertical de las cimentaciones, para zapatas corridas.

**Tabla 76: Carga de servicio total, vivienda de dos niveles zapatas corrida eje vertical**

Eje	Carga de servicio ( $P_{S-EV}$ )
	(Ton)
A y C	42,18
B	<b>70,78</b>

*Fuente: Los Autores*

**Tabla 77: Carga de servicio total, vivienda de tres niveles zapatas corrida eje vertical**

Eje	Carga de servicio ( $P_{S-EV}$ )
	(Ton)
A y C	70,54
B	<b>120,02</b>

*Fuente: Los Autores*

- **Dimensionamiento de zapatas. –**

El área mínima de la base de la cimentación debe calcularse a partir de las fuerzas no mayoradas transmitidos por la cimentación al suelo o roca y de la capacidad portante admisible definida con base en principios de mecánica de suelos. Artículo 13.3.1.1 (ACI 318, 2014).

En las tablas de la 78 a la 85, se presenta el dimensionamiento de las zapatas ya sean aisladas o corridas de acuerdo a la recomendación de la tabla 70. Las secciones de las zapatas deben ser

las mínimas necesarias para cumplir que el esfuerzo que la estructura trasmite al suelo ( $q_{trans}$ ), no sea superior a la capacidad de carga admisible del suelo ( $q_{adm}$ ).

➤ **Caso 1 (Tabla 65).** –

▪ **Vivienda de un nivel:**

Para las viviendas de un nivel cuyas características del suelo estén de acuerdo a las del caso 1, presentada en la tabla 65, se recomienda zapatas aisladas. La sección de la zapata aislada más desfavorable es de **1,20x1,20** que corresponden a las zapatas que soportaran la carga más desfavorable de una vivienda de un nivel, que de acuerdo a la vivienda tipo estudiada es de 6,24 Ton (Ver tabla 78).

**Tabla 78: Calculo de área de zapatas aisladas viviendas de un nivel, caso 1**

Puntos	Carga de servicio ( $P_s$ )	$A_{req}$	Lado B	Sección asumida	Área real	$q_{adm}$
	Ton	$m^2$	m	m	$m^2$	Ton/ $m^2$
A-1; A-4; C-1; C-4	2,91	0,582	0,76	0,80x0,80	0,64	5
A-2; A-3; C-2; C-3	4,13	0,826	0,91	1,00x1,00	1	5
B-1; B-4	4,25	0,85	0,93	1,00x1,00	1	5
B-2; B-3	6,24	1,248	1,12	1,20x1,20	1,44	5

*Fuente: Los Autores*

▪ **Vivienda de dos niveles:**

**Tabla 79: Calculo del ancho de zapata corrida viviendas de dos niveles, caso 1**

EJE	Carga de servicio ( $P_s$ )	Longitud (L)	$q_{adm}$	Base (B)	Base asumida (B)
	Ton	m	Ton/ $m^2$	m	m
1 – 4	29,39	10	5	0,59	1,00
2 – 3	48,23	10	5	0,96	
A – C	42,18	12	5	0,70	1,20
B	70,78	12	5	1,18	

*Fuente: Los Autores*

Para las viviendas de dos niveles cuyas características del suelo estén de acuerdo a las del caso 1, presentada en la tabla 65, se recomienda zapata corrida. La base de la zapata corrida es

de **1,00m** en el eje horizontal y de **1,20m** en el eje vertical, las mismas que soportaran una carga máxima de 48,23Ton y 70,78Ton respectivamente (Ver tabla 79).

➤ **Caso 2 (Tabla 65).** –

▪ **Vivienda de un nivel:**

Para las viviendas de un nivel cuyas características del suelo estén de acuerdo a las del caso 2, presentada en la tabla 65, se recomienda zapatas aisladas. La sección de la zapata aislada más desfavorable es de **0,80x0,80** que corresponden a las zapatas que soportaran la carga más desfavorable de una vivienda de un nivel, que de acuerdo a la vivienda tipo estudiada es de 6,24 Ton (Ver tabla 80).

**Tabla 80: Calculo de área de zapatas aisladas viviendas de un nivel, caso 1**

Puntos	Carga de servicio (Ps)	$A_{req}$	Lado B	Sección asumida	Área real	$q_{adm}$
	Ton	$m^2$	m	m	$m^2$	Ton/ $m^2$
A-1; A-4; C-1; C-4	2,91	0,291	0,54	0,60x0,60	0,36	10
A-2; A-3; C-2; C-3	4,13	0,413	0,64	0,70x0,70	0,49	10
B-1; B-4	4,25	0,425	0,65	0,70x0,70	0,49	10
B-2; B-3	6,24	0,624	0,79	0,80x0,80	0,64	10

*Fuente: Los Autores*

▪ **Vivienda de dos niveles:**

**Tabla 81: Calculo de área de zapatas aisladas viviendas de dos niveles, caso 2**

Puntos	Carga de servicio (Ps)	$A_{req}$	Lado B	Sección asumida	Área real	$q_{adm}$
	Ton	$m^2$	m	m	$m^2$	Ton/ $m^2$
A-1; A-4; C-1; C-4	8,06	0,806	0,90	0,90x0,90	0,81	10
A-2; A-3; C-2; C-3	13,03	1,303	1,14	1,20x1,20	1,44	10
B-1; B-4	13,22	1,322	1,15	1,20x1,20	1,44	10
B-2; B-3	22,17	2,217	1,49	1,50x1,50	2,25	10

*Fuente: Los Autores*

Para las viviendas de dos niveles cuyas características del suelo estén de acuerdo a las del caso 2, presentada en la tabla 65, se recomienda zapatas aisladas. La sección de la zapata aislada más desfavorable es de **1,50x1,50** que corresponden a las zapatas que soportaran la carga más

desfavorable de una vivienda de un nivel, que de acuerdo a la vivienda tipo estudiada es de 22,17 Ton (Ver tabla 81).

▪ **Vivienda de tres niveles:**

Para las viviendas de tres niveles cuyas características del suelo estén de acuerdo a las del caso 2, presentada en la tabla 65, se recomienda zapata corrida. La base de la zapata corrida es de **0,90m** en el eje horizontal y de **1,00m** en el eje vertical, las mismas que soportaran una carga máxima de 81,6Ton y 120,02Ton respectivamente (Ver tabla 82).

**Tabla 82: Calculo del ancho de zapata corrida viviendas de tres niveles, caso 2**

EJE	Carga de servicio (Ps)	Longitud (L)	$q_{adm}$	Base (B)	Base asumida (B)
	Ton	m	Ton/m <sup>2</sup>	m	m
1 – 4	48,95	10	10	0,49	0,90
2 – 3	81,6	10	10	0,82	
A – C	70,54	12	10	0,59	1,00
B	120,02	12	10	1,00	

*Fuente: Los Autores*

➤ **Caso 3 (Tabla 65). –**

▪ **Vivienda de un nivel:**

**Tabla 83: Calculo de área de zapatas aisladas viviendas de un nivel, caso 3**

Puntos	Carga de servicio (Ps)	$A_{req}$	Lado B	Sección asumida	Área real	$q_{adm}$
	Ton	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>2</sup>	Ton/m <sup>2</sup>
A-1; A-4; C-1; C-4	2,91	0,194	0,44	0,60x0,60	0,36	15
A-2; A-3; C-2; C-3	4,13	0,275	0,52	0,60x0,60	0,36	15
B-1; B-4	4,25	0,283	0,53	0,60x0,60	0,36	15
B-2; B-3	6,24	0,416	0,64	0,70x0,70	0,64	15

*Fuente: Los Autores*

Para las viviendas de un nivel cuyas características del suelo estén de acuerdo a las del caso 3, presentada en la tabla 6, se recomienda zapatas aisladas. La sección de la zapata aislada más desfavorable es de **0,70x0,70** que corresponden a las zapatas que soportaran la carga más

desfavorable de una vivienda de un nivel, que de acuerdo a la vivienda tipo estudiada es de 6,24 Ton (Ver tabla 83).

▪ **Vivienda de dos niveles:**

Para las viviendas de dos niveles cuyas características del suelo estén de acuerdo a las del caso 3, presentada en la tabla 65, se recomienda zapatas aisladas. La sección de la zapata aislada más desfavorable es de **1,30x1,30** que corresponden a las zapatas que soportaran la carga más desfavorable de una vivienda de un nivel, que de acuerdo a la vivienda tipo estudiada es de 22,17 Ton (Ver tabla 84).

**Tabla 84: Calculo de área de zapatas aisladas viviendas de dos niveles, caso 3**

Puntos	Carga de servicio (Ps)	$A_{req}$	Lado B	Sección asumida	Área real	$q_{adm}$
	Ton	$m^2$	m	m	$m^2$	Ton/ $m^2$
A-1; A-4; C-1; C-4	8,06	0,537	0,73	0,80x0,80	0,64	15
A-2; A-3; C-2; C-3	13,03	0,869	0,93	1,00x1,00	1	15
B-1; B-4	13,22	0,881	0,94	1,00x1,00	1	15
B-2; B-3	22,17	1,478	1,22	1,30x1,30	1,69	15

*Fuente: Los Autores*

▪ **Vivienda de tres niveles:**

**Tabla 85: Calculo de área de zapatas aisladas viviendas de tres niveles, caso 3**

Puntos	Carga de servicio (Ps)	$A_{req}$	Lado B	Sección asumida	Área real	$q_{adm}$
	Ton	$m^2$	m	m	$m^2$	Ton/ $m^2$
A-1; A-4; C-1; C-4	13,33	0,889	0,94	1,00x1,00	1	15
A-2; A-3; C-2; C-3	21,94	1,463	1,21	1,30x1,30	1,69	15
B-1; B-4	22,29	1,486	1,22	1,30x1,30	1,69	15
B-2; B-3	37,72	2,515	1,59	1,60x1,60	2,56	15

*Fuente: Los Autores*

Para las viviendas de tres niveles cuyas características del suelo estén de acuerdo a las del caso 3, presentada en la tabla 65, se recomienda zapatas aisladas. La sección de la zapata aislada más desfavorable es de **1,60x1,60** que corresponden a las zapatas que soportaran la carga más

desfavorable de una vivienda de un nivel, que de acuerdo a la vivienda tipo estudiada es de 37,72 Ton (Ver tabla 85).

- **Resumen general del dimensionamiento de las zapatas. –**

En la tabla 86 se presenta la sección más desfavorable de cada una de las zapatas que se implementaran dentro del área en estudio, como ya se ha mencionado, la sección estará en función de la zona o caso sobre el que se implementara el estudio y del número de niveles. Además, se presenta una relación entre el área total de zapatas con el área total de construcción, y la profundidad de desplante recomendado en cada caso.

**Tabla 86: Resumen general del dimensionamiento de zapatas por estado límite de falla**

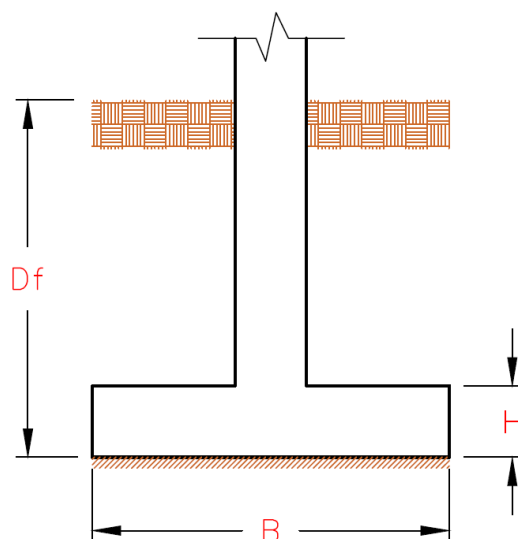
Caso	Núm. Niveles	Tipo de zapata recomendada	Sección zapata más desfavorable	Área total de zapatas	Relación $A_{zapatas}/A_{const}$	Profundidad de Desplante (Df)
			<i>m</i>	<i>m</i> <sup>2</sup>	%	<i>m</i>
1	1	Aislada	<b>1,20x1,20</b>	11,44	10%	1,2
	2	Corrida eje horizontal	<b>10,00x1,00</b>	40	33%	1,5
		Corrida eje vertical	<b>12,00x1,20</b>	43,2	36%	1,5
	3	No construir	-----	-----	-----	-----
2	1	Aislada	<b>0,80x0,80</b>	5,66	5%	1,2
	2	Aislada	<b>1,50x1,50</b>	16,38	14%	1,5
	3	Corrida eje horizontal	<b>10,00x0,90</b>	36	30%	1,5
		Corrida eje vertical	<b>12,00x1,00</b>	36	30%	1,5
3	1	Aislada	<b>0,70x0,70</b>	4,84	4%	1,2
	2	Aislada	<b>1,30x1,30</b>	11,94	10%	1,5
	3	Aislada	<b>1,60x1,60</b>	19,26	16%	1,5

*Fuente: Los Autores*

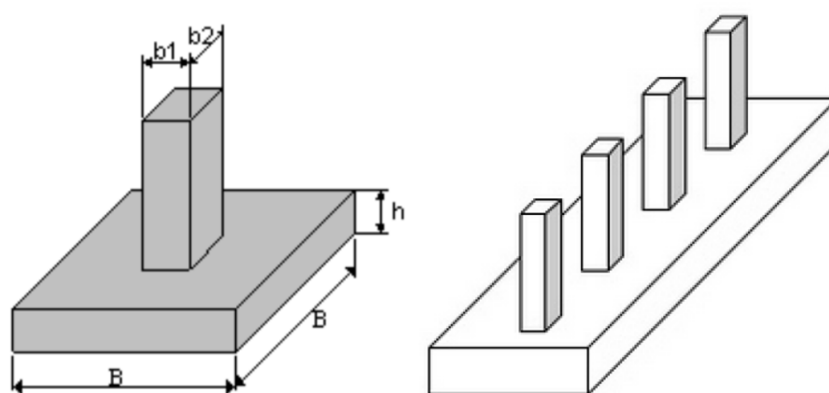
- **Esquema general de las zapatas. –**

En las figuras 59 y 60, se presenta el esquema general de las zapatas, considerando que las zapatas son concéntricas, tanto las aisladas como las corridas. Cabe recalcar, además, que todas las zapatas aisladas son cuadradas por lo que el valor de B es el mismo en ambos lados, para el

caso de las zapatas corridas el valor de  $B$  corresponde al ancho de la zapata con una longitud ( $L$ ) de 10 metros en el eje horizontal y de 12 metros en el eje vertical para el caso de la vivienda tipo presentada.

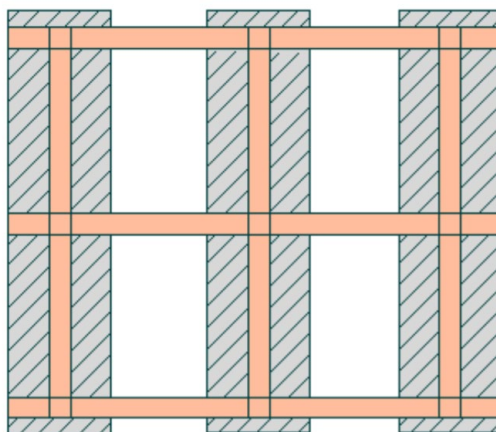


**Figura 59: Esquema general de las zapatas.**  
Fuente: Los Autores



**Figura 60: Vista 3D, esquema general de las zapatas.**  
Fuente: (Garza Vasquez, 2016)

Es importante aclarar que las zapatas continuas o corridas pueden ser para edificios de mampostería estructural o para edificios aporticados como es el caso, las zapatas continuas para edificios aporticados consiste en un entramado de zapatas en una dirección y vigas de cimentación rígidas en la otra dirección. Tal como se indica en la figura 61. (Garza Vasquez, 2016)



**Figura 61: Zapata corrida para edificios aporticados.**

*Fuente:* (Garza Vasquez, 2016)

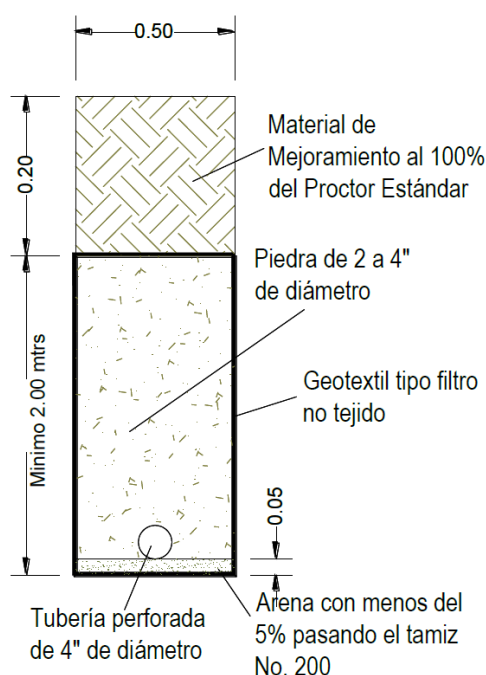
- **Recomendaciones adicionales.** –

A continuación, se presentan algunas recomendaciones a considerar y tomar en cuenta, orientadas a los siguientes temas: espesor (H) de las zapatas, protección de la estructura a cimentar frente a la presencia de nivel freático y consideración frente a expansividad alta.

En cuanto al espesor (H) de las zapatas tanto aisladas como corridas, el artículo 13.3.1.2 del ACI 318-14; menciona lo siguiente: “la altura total de la cimentación debe seleccionarse de manera tal que la altura efectiva del refuerzo inferior sea al menor 150mm”. Esto quiere decir que sumado al recubrimiento mínimo de 75mm para estructuras en contacto con el suelo, la altura H mínima es de 22.5cm, sin embargo, se recomienda un espesor mínimo en todas las zapatas de **30cm**.

Conociendo que el suelo predominante dentro de la zona de estudio son las arcillas altamente plásticas (CH), y con reportes que en ciertas zonas, se tiene la presencia de un nivel freático a una profundidad no mayor de 2m, por esto, se sugiere proteger la estructura a cimentar, con la construcción de un sistema de subdrenaje en todo el perímetro de las viviendas, con la intención de evitar que los flujos de agua incidan negativamente en la capacidad de carga admisible del suelo, lo que podría desencadenar en posibles procesos de inestabilidad. A continuación, en la

figura 62, se presenta un esquema de subdren recomendado para las viviendas que se construyan dentro de la zona de estudio, aclarando que la descarga del subdren debe ser orientada a la quebrada que marca el límite Este de la zona de estudio, ya que la topografía y curvas de nivel lo permiten.



**Figura 62: Esquema de subdren recomendado**  
Fuente: (Pesantez, 2019)

Finalmente, frente a la presencia de suelos con potencial de expansividad medio/alto o alto, se recomienda que la profundidad de desplante de las zapatas ( $D_f$ ), sea superior a 1,50m siendo el rango recomendable de  $D_f=1,50-2,00m$ .

### 5.6.1 Revisión por estado límite de servicio. –

Las consideraciones a tomar en cuenta para la revisión de las cimentaciones considerando el estado límite de servicio (asentamientos), han sido detalladas ya anteriormente en el apartado 5.2 del presente documento.

Para el cálculo del asentamiento total y además de la máxima profundidad de zona de influencia se utiliza el Software especializado Geo5, modulo Asentamientos. Este programa se utiliza para determinar el asentamiento vertical y consolidación en función del tiempo de suelos

bajo cimentaciones (GEO5, 2020). La teoría de diseño de asentamientos es la del índice de compresión ( $C_c$ ), y la reducción de la zona afectada según la teoría de resistencia estructural.

En la tabla 87, se presenta el detalle de las zapatas (tipo, dimensiones, índice de compresión esperado, carga), que son datos necesarios a introducir al programa para el cálculo de los asentamientos. Es importante recalcar una vez más que para el cálculo de los asentamientos se considera las cargas muertas de servicio y 50% de cargas vivas máximas (NEC-SE-CG, 2015). Además, el mismo programa Geo5, recomienda el cálculo de los asentamientos, dividiendo la carga de servicio para el diseño por estado límite de falla, por un factor de 1,4. A más de las consideraciones indicadas en la tabla 87, es necesario indicar otros parámetros (índice de vacíos, peso específico, coeficiente de Poisson, etc.), para ingresar como datos al programa. En la misma tabla 87, se presenta los asentamientos calculados por el programa en el primer análisis realizada, como comprobación.

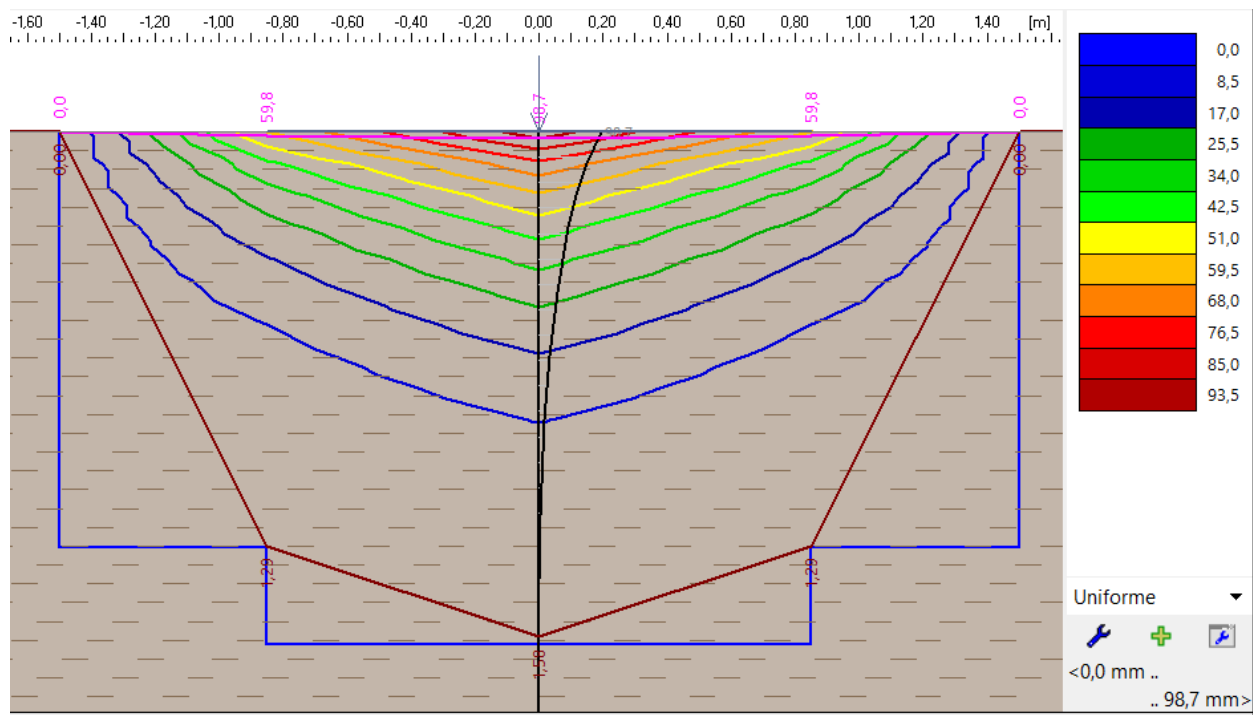
**Tabla 87: Datos a considerar para el cálculo de asentamientos**

Caso	Núm. Niveles	Tipo de zapata recomendada	Índice de compresión	Dimensiones de la zapata	Carga considerada	Asentamiento absoluto	Profundidad de influencia
			<i>s.u.</i>	<i>m</i>	<i>Ton</i>	<i>cm</i>	<i>m</i>
1	1	Aislada	0,35	1,20x1,20	4,46	<b>14,00</b>	1,73
	2	Corrida eje horizontal	0,35	10,00x1,00	34,44	<b>16,70</b>	2,50
		Corrida eje vertical	0,35	12,00x1,20	50,56	<b>18,00</b>	2,75
	3	No construir	-----	-----	-----	-----	-----
2	1	Aislada	0,30	0,80x0,80	4,46	<b>16,00</b>	1,78
	2	Aislada	0,30	1,50x1,50	15,83	<b>19,30</b>	2,72
	3*	Corrida eje horizontal	0,30	10,00x0,90	58,29	<b>18,80</b>	3,17
		Corrida eje vertical	0,30	12,00x1,00	85,72	<b>22,70</b>	3,47
3	1	Aislada	0,20	0,70x0,70	4,46	<b>14,50</b>	1,77
	2	Aislada	0,20	1,30x1,30	15,83	<b>19,90</b>	2,73
	3*	Aislada	0,20	1,60x1,60	26,94	<b>23,40</b>	3,22

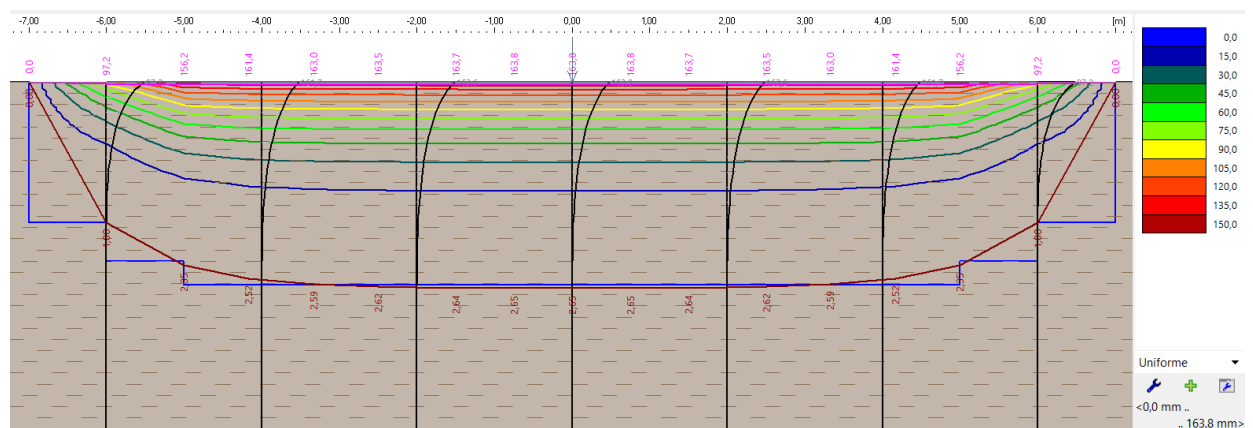
*Fuente: Los Autores*

Recordemos que la NEC limita los asentamientos absolutos por consolidación en los siguientes valores: 10 cm para construcciones medianeras y 20 cm para construcciones aisladas, es por esto que surge la necesidad de realizar un nuevo diseño por estado límite de servicio.

En las figuras 63 y 64, se presenta un ejemplo de las isólinas que genera el programa, para zapatas aisladas y corridas respectivamente.



**Figura 63: Isólinas de asentamiento para zapatas aisladas**  
*Fuente: Los Autores*



**Figura 64: Isólinas de asentamientos para zapatas corridas**  
*Fuente: Los Autores*

### 5.7 Diseño por estado límite de servicio. –

Tal como se indicó en la tabla 87, existen zapatas que no cumplen con el asentamiento máximo permitido y además en ninguno de los casos cumple para viviendas medianeras o adosadas. Es por esto que en la tabla 88, se presenta el diseño por estado límite de servicio, aclarando que se presentan únicamente las alternativas que no cumplen y además las que podrían permitir la construcción de viviendas adosadas con el criterio de diseño por estado límites de asentamiento.

**Tabla 88: Resumen general de dimensionamiento de zapatas por estado límite de servicio**

Caso	Núm. Niveles	Tipo de zapata	Nueva sección recomendada	Carga Considerada	Máximo asentamiento	Profundidad de influencia
			<i>m</i>	<i>Ton</i>	<i>cm</i>	<i>m</i>
1	1	Aislada	<b>1,70x1,70</b>	4,46	<b>9,87</b>	1,58
2	1	Aislada	<b>1,50x1,50</b>	4,46	<b>9,72</b>	1,63
	2	Corrida eje horizontal	<b>10,00x1,70</b>	34,44	<b>10</b>	2,36
	3*	Corrida eje vertical	<b>12,00x1,60</b>	85,72	<b>20</b>	3,44
3	1	Aislada	<b>1,30x1,30</b>	4,46	<b>9,31</b>	1,68
	2	Corrida eje horizontal	<b>10,00x1,60</b>	34,44	<b>9,78</b>	2,37
	3*	Aislada	<b>2,00x2,00</b>	26,94	<b>19,5</b>	3,16

*Fuente: Los Autores*

### 5.8 Diseño final: cimentación recomendada en el barrio Emilio Sarmiento –

Luego de la realización del diseño y comprobación por estado límite de falla y estado límite de servicio, tal como la Norma Ecuatoriana de la Construcción recomienda. En la tabla 89, se presenta el dimensionado geométrico (construcción adosada y construcción aislada) recomendado para cada uno de los “casos”, dependiendo del número de niveles de la vivienda a construir.

Tabla 89: Cimentaciones recomendadas para el barrio Emilio Sarmiento

Caso	Número de niveles	Tipo de cimentación		Dimensiones (m)	
		<i>Construcción Adosada</i>	<i>Construcción Aislada</i>	<i>Construcción Adosada</i>	<i>Construcción Aislada</i>
1	1	Zapata Aislada	Zapata Aislada	1,70x1,70	1,20x1,20
	2	No recomendada	Zapata corrida	-----	Lx1,20
	3	No recomendada	No recomendada	-----	-----
2	1	Zapata Aislada	Zapata Aislada	1,50x1,50	0,80x0,80
	2	Zapata corrida	Zapata Aislada	Lx1,70	1,50x1,50
	3	No recomendada	Zapata corrida	-----	Lx1,60
3	1	Zapata Aislada	Zapata Aislada	1,30x1,30	0,70x0,70
	2	Zapata corrida	Zapata Aislada	Lx1,60	1,30x1,30
	3	No recomendada	Zapata Aislada	-----	2,00x2,00

Nota: L corresponde al largo de la zapata corrida

*Fuente: Los Autores*

## CONCLUSIONES

- La superficie total estudiada es de 15,4 Ha, ubicadas en el barrio Emilio Sarmiento, perteneciente a la parroquia rural El Valle, del cantón Cuenca. La topografía comprende altitudes que van desde los 2575 m.s.n.m al suroeste descendiendo progresivamente hasta llegar a los 2481 m.s.n.m al noreste. Únicamente 0.04 Ha que corresponden al 0,24% de la superficie total de estudio sobrepasa una pendiente del 30%, por lo que se considera que toda el área analizada es apta para la construcción de edificaciones de acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cuenca; la pendiente predominante del área de estudio es de 3-12% (ligeramente inclinada), con una superficie de 11,41 Ha que corresponde al 74,08% del total. La geología local está representada principalmente por la Formación Loyola que cubre el 96,80% de la superficie total y con leves afloramientos de la Formación Azogues en la parte sur del área analizada. Conformada principalmente por depósitos Coluviales del periodo cuaternario.
- La exploración geotécnica, permitió obtener muestras alteradas provenientes de las nueve calicatas para clasificar y determinar el tipo de suelo, mediante el sistema único de clasificación de suelos (SUCS), luego de someter las muestras a los ensayos de laboratorio necesarios y correspondientes, se determinó que el tipo de suelo predominante en la zona de estudio corresponde a arcillas de alta plasticidad (CH), con escasos afloramientos de limos de alta y baja plasticidad (MH y ML), con una humedad natural que oscila entre el 23-44%,. Además, se identificó la presencia de nivel freático, presentándose incluso a tan solo un metro de profundidad, a pesar de que las muestras fueron tomadas en los meses de octubre y noviembre, considerados como meses no muy lluviosos en la ciudad de Cuenca, es por esto que a la hora del cálculo de la capacidad de carga se debe tomar en cuenta dicha consideración. Otro criterio

importante a considerar es que son suelos con índices de compresibilidad entre 0,2 y 0,4 y en algunos casos superiores a 0,4 parámetro a considerar a la hora de calcular el asentamiento; finalmente el potencial de expansión de los suelos presentes en la zona de estudio, puede ser catalogado como medio.

- Además, en la exploración geotécnica se obtuvieron muestras inalteradas de los cinco ensayos de penetración estándar (SPT). Las muestras inalteradas permiten determinar las características mecánicas del suelo (cohesión y ángulo de fricción), como era de esperarse, tras conocer el tipo de suelo predominante en la zona, los suelos tienden a ser principalmente cohesivos, con ángulos de fricción pequeños e incluso en la mayoría de los casos con ángulos de fricción que tienden a cero, obteniendo valores de cohesión entre 0,10 kg/cm<sup>2</sup> y 1,10 kg/cm<sup>2</sup> y de fricción entre 0 y 25 grados. El peso específico húmedo de los suelos oscila entre 1,79 gr/cm<sup>3</sup> y 1,99 gr/cm<sup>3</sup>. Una vez determinados los parámetros mecánicos en laboratorio, aplicando formulas empíricas como la de Terzaghi, Terzaghi modificado y Skempton, se calcula la capacidad de carga de los suelos presentes en la zona de estudio, tal y como se esperaba al conocer que el suelo predominante son arcillas de alta plasticidad, la capacidad de carga calculada es relativamente baja con valores entre 0,50-2,84 kg/cm<sup>2</sup>, considerando un factor de seguridad FS=3.
- El tipo de suelo sísmico determinado tras la realización de 300 metros de ensayo de geofísica sísmica utilizando el procedimiento MASW es un suelo tipo “D”, con velocidades promedios de ondas sísmicas secundarias o de corte ( $V_{S30}$ ), que oscilan entre los 241-276 m/s. En base a este ensayo se encontraron características elásticas del suelo como: coeficiente de Poisson ( $\eta$ ) parámetro que en los suelos estudiados está en el rango entre 0,21-0,36, módulo de elasticidad (E) en rangos entre los 477-1143 kg/cm<sup>2</sup>

y módulo de rigidez (G) entre los 190,62-471.12 kg/cm<sup>2</sup>, que son valores típicos de arcillas.

- Es importante mencionar los tres principales factores considerados para la determinación del tipo de cimentación y diseño geotécnico de las mismas, estos factores son: características físicas, mecánicas y elásticas del suelo de fundación, cargas y características de la estructura y finalmente la parte económica. El método elegido para el diseño geotécnico de las cimentaciones, es el de los Estados Límites, por esto, ha sido necesario la revisión tanto el dimensionamiento por estado límite de falla y por estado límite de servicio. El dimensionamiento y tipo de cimentaciones más adecuadas, considerando los factores anteriormente indicadas y aclarando que las cargas calculadas son para viviendas de hormigón armado y ladrillo, se encuentran detallados de mejor manera en la tabla 89 del presente documento, recalcando que a pesar que el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca permite la construcción de viviendas de hasta tres niveles dentro de la zona en estudio, sin embargo, suelos con las características del “caso 1” presentadas en la tabla 65, no son aptas para viviendas de 3 niveles.

## RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos de laboratorio que permita determinar: historial de consolidación, relación de vacíos, potencial de expansión, módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson, de tal manera que permita determinar dichos parámetros de manera directa, para correlacionarlos y compararlos con los obtenidos de manera indirecta presentadas en este documento.
- Al ser suelos con potencial de expansión medio en su mayoría, es importante tomar medidas para contrarrestar esto. Para esto se recomienda que el desplante de la cimentación (Df), se encuentre a una profundidad suficiente, que correspondan a estratos menos expuestos a cambios de humedad, recomendando una profundidad no menor a 1,50m y asentada sobre un replantillo de hormigón de por lo menos 10 cm de espesor. Además, en este tipo de suelos es recomendable el empleo de la experiencia de los profesionales a cargo de la obra.
- Como se identificó la presencia de nivel freático poco profundo se recomienda un estudio integral de subdrenaje, drenaje de las aguas subterráneas, fluviales y pluviales de la zona de estudio.
- En base a las calicatas y ensayos SPT realizados se identificó que en algunos casos existen rellenos de hasta 1,50 metros, la cimentación no deberá asentarse sobre este tipo de material, el mismo deberá ser removido en su totalidad y de ser necesario rellenado con material de mejoramiento en capas máximo de 30 cm y alcanzando el 95% del proctor.
- Rellenar las cimentaciones con el propio material excavado en capas de 30 cm, con la finalidad de conservar la humedad.
- La utilización de nuevos materiales de construcción, con densidades muy inferiores a las del hormigón armado, ayudaría a reducir la carga máxima que las columnas

transmiten a la cimentación y esto a su vez disminuiría los asentamientos y el área mínima requerida de la cimentación.

- Concientizar a los dueños de los predios ubicados dentro de la zona de estudio, sobre la importancia de contar con un estudio de suelos que permita realizar un diseño geotécnico de cimentaciones correcto y un diseño estructural seguro y adecuado.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACI 318. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14) y Comentario (ACI 318SR-14)*. Michigan, USA: Faemington Hill.
- Alva Hurtado, J. E. (2012). *Diseño de Cimentaciones*. Lima: Fondo Editorial ICG.
- Andino, G. M. (2015). *Estudio y análisis del comportamiento estructural de cimentaciones superficiales por efectos de consolidación del suelo de fundación según la metodología propuesta por la norma ecuatoriana de la construcción*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Angelone, S. (2014). *Geología y Geotécnica: Tipos de suelos: Arcillas*.
- Bergoeing, J. P. (1998). *Geomorfología de Costa Rica*. Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.
- Cabrera Palacios, E. (2010). *Estudio comparativo de cimentaciones aisladas en la ciudad de Cuenca diseñadas por el método de la presión admisible con los obtenidos aplicando el método de los estados límites*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Carlos Collazos, Oliver Gonzalez, Carlos Ante, Diego Bravo, Angel Concha. (2006). *Ensayo de Penetración Estandar (SPT)*. Cauca.
- Crespo Villalaz, C. (2011). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Mexico: Limusa.
- Das, B. M., & Leon, J. C. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. Mexico: FDF: Cengage Learning.
- DB-SE,C.T.E. (2008). *Documento Basico: Seguridad estructural y Cimientos (DB-SE-C)*.

- Foti, S., Hollender, F., Garofalo, F., Albarello, D., Asten Michael, & Bard, P.-Y. (2018). Guidelines for the good practice of surface wave analysis: a product of the InterPACIFIC project. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(6), 2367-2420.
- GAD Cuenca. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Cuenca.
- Garza Vasquez, L. (2016). *Diseño de estructuras de cimentacion de acuerdo a NSR-10*.
- GEO5. (2020). *FINE* . Obtenido de <https://www.finesoftware.es/software-geotecnico/asientos/>
- Gonzalo Duque Escobar, Carlos Enrique Escobar. (2002). *Mecanica de Suelos*. Manizales.
- Guía de la NEC. (2016). *Guía práctica para la ejecución de estudios geotécnicos y trabajos de cimentación*. Quito.
- Jaime Wilde, Guido Olmer, Luz Denia, Jose Carlito. (2016). *Contenido de Humedad de un Suelo*. Juliaca.
- Jumikis, A. (1964). *Mechanics of Soils*.
- Lacoss, R., Kelly , E., & Toksoz , M. (1969). Estimation of seismic noise struture using arrays. *Geophysics*, 21-38.
- Mitchell, J., & Sitar, N. (1982). Engineering properties of tropical residual soil. *America Society of Civil Engineers*, 30-57.
- Naranjo Aguay, H., & Dranichnikov, T. (2012). *Calculo de capacidad portante basado en geofísica y método convencional*. Cuenca: Editorial Universitaria Abya-Yala.
- NEC-SE-CG. (2015). *Cargas (No sismicas)*. Quito: MIDUVI.
- NEC-SE-CG. (2015). *Geotécnia y Cimentaciones*. Quito: MIDUVI.

- Omar Rafael, Ayaipoma Toralva, Huaman Alanya. (2015). *Estudio y diseño de cimentaciones para viviendas en el sector de Pucarumi distrito de Ascensión Huancavelica-210. Lircay-Huancavelica.*
- Park, C., Mille, R., & Xia, J. (1999). Multichannel analysis of surface waves. *Geophysics*, 64, (3), 800-808.
- PASI. (Marzo de 2020). *PASI-SRL*. Obtenido de PASI-SRL: [pasisrl.it/ct/ct201994/0/exploracion-sismica](http://pasisrl.it/ct/ct201994/0/exploracion-sismica)
- Patzan, J. E. (2009). *GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CARGA EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES, LOSAS DE CIMENTACIÓN, PILOTES Y PILAS PERFORADAS*. San Carlos.
- Pesantez, R. (2019). *Estudio Geotecnico para el terreno de propiedad de la Sra. Sandra Picon Alvarez*. Cuenca: SUELOTEC.
- Proyecto PRECUPA. (1998). *Prevención de desastres naturales en la cuenca del Paute. INFORME FINAL*. Cuenca: CSS.
- Rodríguez, A. P. (2012). *Manual de Laboratorio Mécanica de Suelos*. México: Trillas.
- Salas, O. V. (2011). Ensayos triaxiales para suelos. *Métodos y materiales*, 14-24.
- Tarbuck, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra - Una introduccion a la Geología Física*. Madrid: Pearson Educacion S. A.
- Terzaghi, K. (1925). *Erdbaumechanick auf Bodenphysikalischer Grundlage*.
- U.C. Jose Simeon Cañas. (1996). *Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino*. El Salvador.
- UABC. (2018). *Apuntes de Cimentacion* .

Vazquez, E. (2009). *Taller 2. Estructuras. Unidad 3 Tipología de estructuras de cimentacion y de retencion. Cimentaciones*. Cadiz: arquitectos decadiz.

Vélez Dávila, P. (2012). *Comprobación de las correlaciones de la presión de expansión con las propiedades índices en suelos del sector Challuabamba, Cuenca, recomendaciones para la constricción de cimentaciones*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Wolf, T. (1892). *Geografía y Geología del Ecuador*. Quito.

Yepes Piqueras, V. (2016). *Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

## **INDICE DE ANEXOS**

**ANEXO 1:** Respaldo fotográfico de ensayos de campo (Calicatas).

**ANEXO 2:** Respaldo fotográfico de ensayos de campo (SPT).

**ANEXO 3:** Respaldo fotográfico de ensayos de campo (Geofísica Sísmica).

**ANEXO 4:** Hoja modelo y cálculo en Excel de la granulometría de los suelos.

**ANEXO 5:** Hoja modelo y cálculo en Excel de los límites de Atterberg de los suelos.

**ANEXO 6:** Hoja modelo y cálculo en Excel de la cohesión y ángulo de fricción de los suelos.

**ANEXO 7:** Hoja modelo y cálculo en Excel de la capacidad de carga de los suelos.

# **ANEXO 1: Respaldo fotográfico de ensayos de campo (Calicatas).**

**CALICATA 1**



**CALICATA 2**



**CALICATA 3**



**CALICATA 4**



**CALICATA 5**



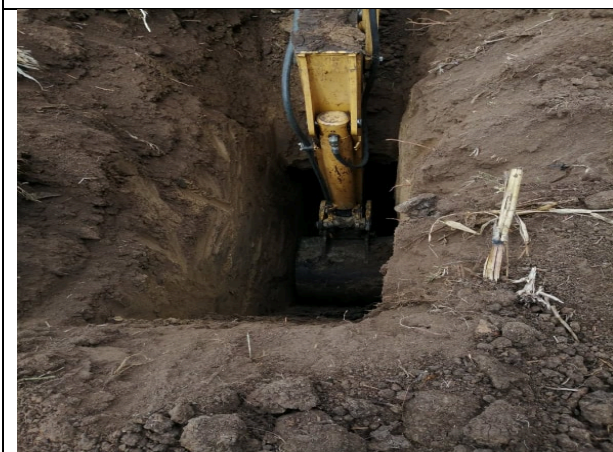
**CALICATA 6**



**CALICATA 7**



**CALICATA 8**



**CALICATA 9**



## **ANEXO 2: Respaldo fotográfico de ensayos de campo (SPT).**

**SPT 1**



**SPT 2**



**SPT 3**



SPT 4



SPT 5



**ANEXO 3: Respaldo fotográfico de  
ensayos de campo (Geofísica Sísmica).**

Descripción: Ajuste de los implementos del ensayo y configuración del equipo.



Descripción: Golpe en la parte metálica para emitir las ondas que son receptadas por los geófonos, posteriormente son registradas en la computadora para su respectivo análisis.



Descripción: colocación de los geófonos a una distancia de 4 m entre cada una de ellos.



Descripción: Recepción de información proveniente de los golpes dados en la placa.



**ANEXO 4: Hoja modelo y cálculo en Excel de la granulometría de los suelos.**

- Modelo de hoja en Excel para determinar la granulometría de los suelos. –

<b>LABORATORIO DE SUELOS</b>							
<b>ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>							
Proyecto:				Calculado:			
Uso:				Procedencia:			
Perforación:				Fecha:			
Profundidad:							
NORMAS: AASHTO T-11 T-27      ASTM: D422-63							
TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA		
Pulg.	(mm)						
3"	76,200						
2 1/2"	63,500						
2"	50,800						
1 1/2"	38,100						
1"	25,400						
3/4 "	19,050						
1/2 "	12,700						
3/8 "	9,525						
Nº 4	4,750						
< Nº 4	4,750						
Nº 10	2,000						
Nº 40	0,425						
Nº 200	0,075						
< Nº 200	<0,075						
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8							
<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA</b>			<b>CUARTEO</b>				
<b>CLASIFICACIÓN</b>		GRAVA =		Peso total antes del lavado			
SUCS		ARENA =		Peso total después del lavado			
AASHTO		FINOS =					
<b>OBSERVACIONES:</b>							

- CALICATA 1-1

Proyecto: Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"						
Uso: Viviendas	Calculado: Et. Xavier Delgado, Est. Ronaldo R					
Perforación: C1-1	Procedencia: Barrio "Emilio Sarmiento"					
Profundidad: 2,50m	Fecha: 21 de noviembre de 2019					
NORMAS: AASHTO T-11 T-27      ASTM: D422-63						
TAMIZ (mm)	Pulg.	PE SO RETENIDO PARCIAL (gr)	PE SO RETENIDO A CUMULADO (gr)	% RETENIDO A CUMULADO	% ACUMULADO QUE PA SA	
3"	76,200		-	-	100,0	
2 1/2"	63,500		-	-	100,0	
2"	50,800		-	-	100,0	
1 1/2"	38,100		-	-	100,0	
1"	25,400		-	-	100,0	
3/4 "	19,050		-	-	100,0	
1/2 "	12,700		-	-	100,0	
3/8 "	9,525		-	-	100,0	
Nº 4	4,750		-	-	100,0	
< Nº 4	4,750	-	1.000	(100,0)	100,0	
Nº 10	2,000	11,7	11,7	1,2	98,8	
Nº 40	0,425	22,7	34,4	3,4	96,6	
Nº 200	0,075	180,0	214,4	21,4	(78,6)	
< Nº 200	<0,075	7,6	785,6	(78,6)		
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8						
PE SO TOTAL DE LA MUESTRA			1.000,00		CUARTEO	
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0,00%		Peso total antes del lavado	
SUCS	CH	ARENA =	21,00%		1.000,00	
AASHTO	A-7-5 (32)	FINOS =	79,00%		Peso total después del lavado	
						214,40
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad						
CURVA GRANULOMÉTRICA						
<p>Porcentaje que Pasa</p> <p>Abertura del Tamiz (mm)</p> <p>◆ Porcentaje que Pasa</p>						

- CALICATA 1-2

Proyecto: Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"

Uso: Viviendas

Calculado: Et. Xavier Delgado, Est. Ronaldo Rlv

Perforación: C1-2

Procedencia: Barrio "Emilio Sarmiento"

Profundidad: 4,50m

Fecha: 21 de noviembre de 2019

NORMAS: AA SHTO T-11 T-27

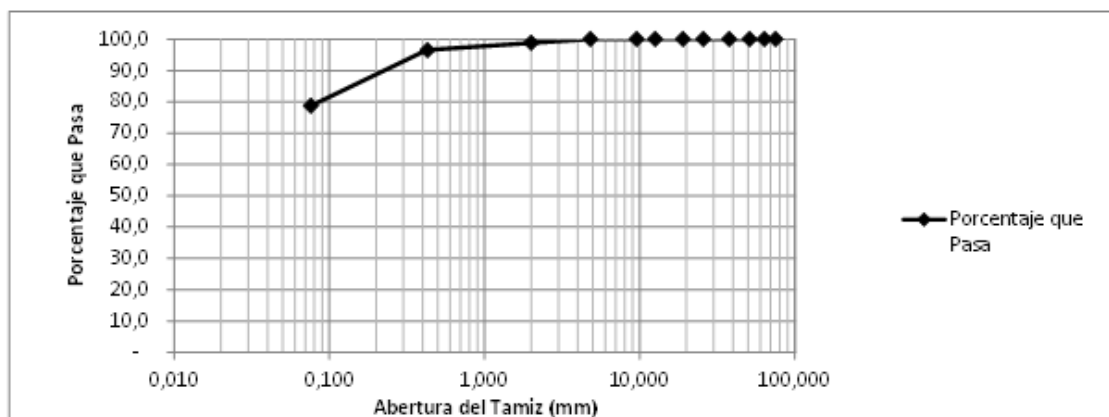
A STM: D422-63

TAMIZ (mm)	Pulg.	PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3"	76,200		-	-	100,0
2 1/2"	63,500		-	-	100,0
2"	50,800		-	-	100,0
1 1/2"	38,100		-	-	100,0
1"	25,400		-	-	100,0
3/4 "	19,050		-	-	100,0
1/2 "	12,700		-	-	100,0
3/8 "	9,525		-	-	100,0
Nº 4	4,750		-	-	100,0
< Nº 4	4,750	-	1,000	(100,0)	100,0
Nº 10	2,000	11,7	11,7	1,2	98,8
Nº 40	0,425	22,7	34,4	3,4	96,6
Nº 200	0,075	180,0	214,4	21,4	(78,6)
< Nº 200	<0,075	7,6	785,6	(78,6)	

\* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8

PESO TOTAL DE LA MUESTRA		1.000,00		CUARTEO	
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0,00%	Peso total antes del lavado	1.000,00
SUCS	CH	ARENA =	21,00%	Peso total después del lavado	214,40
AASHTO	A-7-5 (32)	FINOS =	79,00%		

OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad  
CURVA GRANULOMÉTRICA







- CALICATA 3-1

Proyecto:		Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"					
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado, Est. Ronaldo F				
Perforación:	C3-1	Procedencia:	Barrio "Emilio Sarmiento"				
Profundidad:	3,2m	Fecha:	11 de noviembre de 2019				
		NORMA S:	AA SHTO T-11 T-27		ASTM: D422-63		
TAMIZ	(mm)	Pulg.	PE SO RETENIDO PARCIA L (gr)	PE SO RETENIDO A CUMULA DO (gr)	% RETENIDO A CUMULADO	% ACUMULA DO QUE PA SA	
3"	76,200			-	-	100,0	
2 1/2"	63,500			-	-	100,0	
2"	50,800			-	-	100,0	
1 1/2"	38,100			-	-	100,0	
1"	25,400			-	-	100,0	
3/4 "	19,050			-	-	100,0	
1/2 "	12,700			-	-	100,0	
3/8 "	9,525			-	-	100,0	
Nº 4	4,750		7	7	0,7	99,4	
< Nº 4	4,750		7	994	(99,4)	99,4	
Nº 10	2,000		4,0	4,0	1,0	99,0	
Nº 40	0,425		32,2	36,2	4,2	95,8	
Nº 200	0,075		117,7	153,9	15,9	(84,1)	
< Nº 200	<0,075		4,1	846,1	(84,1)		
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8							
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			1.000,00		CUARTEO		
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	1,00%	Peso total antes del lavado		1.000,00	
SUCS	MH	ARENA =	15,00%	Peso total después del lavado		153,90	
AASHTO	A-7-5 (26)	FINOS =	84,00%				
OBSERVACIONES: Limos orgánicos de alta compresibilidad							
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>							
<p>Porcentaje que Pasa</p> <p>Abertura del Tamiz (mm)</p> <p>◆ Porcentaje que Pasa</p>							

- CALICATA 3-2

Proyecto: Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"

Uso: Viviendas

Calculado: Est. Xavier Delgado, Est. Ronaldo F

Perforación: C3-2

Procedencia: Barrio "Emilio Sarmiento"

Profundidad: 4,7m

Fecha: 11 de noviembre de 2019

NORMA S: AASHTO T-11 T-27

ASTM: D422-63

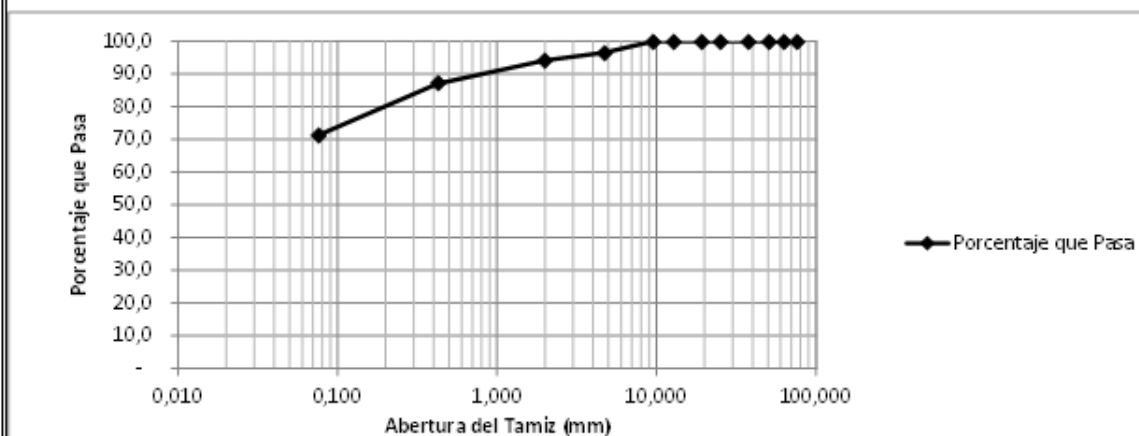
TAMIZ (mm)	Pulg.	PE SO RETENIDO PARCIAL (gr)	PE SO RETENIDO A CUMULADO (gr)	% RETENIDO A CUMULADO	% ACUMULADO QUE PA SA
3"	76,200		-	-	100,0
2 1/2"	63,500		-	-	100,0
2"	50,800		-	-	100,0
1 1/2"	38,100		-	-	100,0
1"	25,400		-	-	100,0
3/4 "	19,050		-	-	100,0
1/2 "	12,700		-	-	100,0
3/8 "	9,525		-	-	100,0
Nº 4	4,750	35	35	3,5	96,5
< Nº 4	4,750	35	965	(96,5)	96,5
Nº 10	2,000	24,6	24,6	5,9	94,1
Nº 40	0,425	74,0	98,6	13,0	87,0
Nº 200	0,075	164,0	262,6	28,8	(71,2)
< Nº 200	<0,075	7,6	737,4	(71,2)	

\* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8

PESO TOTAL DE LA MUESTRA		1.000,00		CUARTEO	
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	4,00%	Peso total antes del lavado	1.000,00
SUCS	CH	ARENA =	25,00%	Peso total después del lavado	262,60
AASHTO	A-7-6 (21)	FINOS =	71,00%		

OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad

CURVA GRANULOMÉTRICA



• CALICATA 4-1

Proyecto:		Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"					
Uso:		Viviendas		Calculado:		Est. Xavier Delgado, Est. Ronaldo F	
Perforación:		C4-1		Procedencia:		Barrio "Emilio Sarmiento"	
Profundidad:		2,40m		Fecha:		11 de noviembre de 2019	
NORMA S: AASHTO T-11 T-27				ASTM D422-63			
TAMIZ (mm)	Pulg.	PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	PESO RETENIDO A CUMULADO (gr)	% RETENIDO A CUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA		
3"	76,200		-	-	100,0		
2 1/2"	63,500		-	-	100,0		
2"	50,800		-	-	100,0		
1 1/2"	38,100		-	-	100,0		
1"	25,400		-	-	100,0		
3/4 "	19,050		-	-	100,0		
1/2 "	12,700		-	-	100,0		
3/8 "	9,525		-	-	100,0		
Nº 4	4,750	1	1	0,1	100,0		
< Nº 4	4,750	1	1.000	(100,0)	100,0		
Nº 10	2,000	2,6	2,6	0,3	99,7		
Nº 40	0,425	29,0	31,6	3,2	96,8		
Nº 200	0,075	108,7	140,3	14,1	(85,9)		
< Nº 200	<0,075	1,3	859,7	(85,9)			
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8							
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			1.000,00		CUARTEO		
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0,00%		Peso total antes del lavado		1.000,00
SUCS	MH	ARENA =	14,00%		Peso total después del lavado		140,30
AASHTO	A-7-5 (33)	FINOS =	86,00%				
OBSERVACIONES: Limos orgánicos de alta compresibilidad							
CURVA GRANULOMÉTRICA							
<p style="text-align: right;">◆ Porcentaje que Pasa</p>							

• CALICATA 4-2

Proyecto:		Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"					
Uso:		Viviendas		Calculado:		Est. Xavier Delgado, Est. Ronaldo f	
Perforación:		C4-2		Procedencia:		Barrio "Emilio Sarmiento"	
Profundidad:		4,50m		Fecha:		11 de noviembre de 2019	
NORMA S: AASHTO T-11 T-27				ASTM: D422-63			
TAMIZ (mm)	Pulg.	PE SO RETENIDO PARCIAL (gr)	PE SO RETENIDO A CUMULADO (gr)	% RETENIDO A CUMULADO	% ACUMULADO QUE PA SA		
3"	76,200		-	-	100,0		
2 1/2"	63,500		-	-	100,0		
2"	50,800		-	-	100,0		
1 1/2"	38,100		-	-	100,0		
1"	25,400		-	-	100,0		
3/4 "	19,050		-	-	100,0		
1/2 "	12,700		-	-	100,0		
3/8 "	9,525		-	-	100,0		
Nº 4	4,750	-	-	-	100,0		
< Nº 4	4,750	-	1.000	(100,0)	100,0		
Nº 10	2,000	7,5	7,5	0,8	99,3		
Nº 40	0,425	15,8	23,3	2,3	97,7		
Nº 200	0,075	95,4	118,7	11,9	(88,1)		
< Nº 200	<0,075	10,2	881,3	(88,1)			
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8							
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			1.000,00		CUARTEO		
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0,00%		Peso total antes del lavado		1.000,00
SUCS	CH	ARENA =	12,00%		Peso total después del lavado		118,70
AASHTO	A-7-6 (31)	FINOS =	88,00%				
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad							
CURVA GRANULOMÉTRICA							
<p>Porcentaje que Pasa</p>							

- CALICATA 5-1

Proyecto: Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"					
Uso: Viviendas	Calculado: Est. Xavier Delgado, Est. Ronaldo F				
Perforación: C5-1	Procedencia: Barrio "Emilio Sarmiento"				
Profundidad: 2,60m	Fecha: 11 de noviembre de 2019				
NORMA S: AA SHTO T-11 T-27      ASTM: D422-63					
TAMIZ (mm)	Pulg.	PE SO RETENIDO PARCIA L (gr)	PESO RETENIDO A CUMULA DO (gr)	% RETENIDO A CUMULADO	% ACUMULA DO QUE PA SA
3"	76,200		-	-	100,0
2 1/2"	63,500		-	-	100,0
2"	50,800		-	-	100,0
1 1/2"	38,100		-	-	100,0
1"	25,400		-	-	100,0
3/4 "	19,050		-	-	100,0
1/2 "	12,700		-	-	100,0
3/8 "	9,525		-	-	100,0
Nº 4	4,750	-	-	-	100,0
< Nº4	4,750	-	1.000	(100,0)	100,0
Nº 10	2,000	3,7	3,7	0,4	99,6
Nº 40	0,425	18,9	22,6	2,3	97,7
Nº 200	0,075	100,2	122,8	12,3	(87,7)
< Nº200	<0,075	5,6	877,2	(87,7)	
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8					
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			1.000,00	CUARTEO	
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0,00%	Peso total antes del lavado	1.000,00
SUCS	CH	ARENA =	12,00%	Peso total después del lavado	122,84
AASHTO	A-7-5 (43)	FINOS =	88,00%		
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad					
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>					
<p>Porcentaje que Pasa</p> <p>Abertura del Tamiz (mm)</p>					

- CALICATA 5-2

Proyecto: Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"

Uso: Viviendas

Calculado: Est. Xavier Delgado, Est. Ronaldo F

Perforación: C5-2

Procedencia: Barrio "Emilio Sarmiento"

Profundidad: 4,7

Fecha: 11 de noviembre de 2019

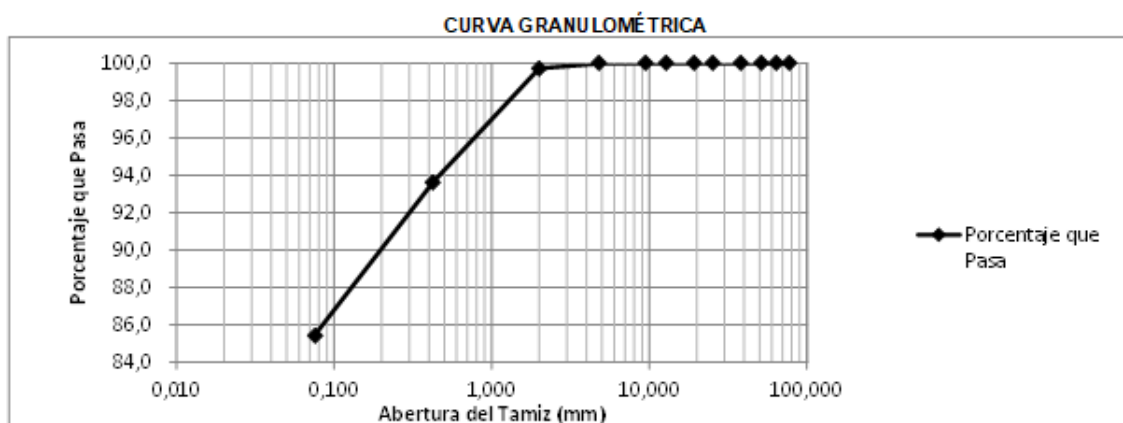
NORMA S: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63

TAMIZ (mm)	Pulg.	PE SO RETENIDO PARCIAL (gr)	PE SO RETENIDO A CUMULADO (gr)	% RETENIDO A CUMULADO	% ACUMULADO QUE PA SA
3"	76,200		-	-	100,0
2 1/2"	63,500		-	-	100,0
2"	50,800		-	-	100,0
1 1/2"	38,100		-	-	100,0
1"	25,400		-	-	100,0
3/4 "	19,050		-	-	100,0
1/2 "	12,700		-	-	100,0
3/8 "	9,525		-	-	100,0
Nº 4	4,750		-	-	100,0
< Nº 4	4,750	-	1.000	(100,0)	100,0
Nº 10	2,000	2,7	2,7	0,3	99,7
Nº 40	0,425	60,9	63,6	6,4	93,6
Nº 200	0,075	82,2	145,8	14,6	(85,4)
< Nº 200	<0,075	0,7	854,2	(85,4)	

\* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8

PESO TOTAL DE LA MUESTRA		1.000,00		CUARTEO	
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0,00%	Peso total antes del lavado	1.000,00
SUCS	CH	ARENA =	15,00%	Peso total después del lavado	145,77
AASHTO	A-7-5 (31)	FINOS =	85,00%		

OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad



• CALICATA 6-1

Proyecto:		Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"					
Uso:		Viviendas		Calculado:		Est. Xavier Delgado, Est. Ronaldo F	
Perforación:		C6-1		Procedencia:		Barrio "Emilio Sarmiento"	
Profundidad:		2,30m		Fecha:		11 de noviembre de 2019	
NORMAS: AASHTO T-11 T-27      ASTM: D422-63							
TAMIZ (mm)	Pulg.	PE SO RETENIDO PARCIAL (gr)	PE SO RETENIDO A CUMULADO (gr)	% RETENIDO A CUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA		
3"	76,200		-	-	100,0		
2 1/2"	63,500		-	-	100,0		
2"	50,800		-	-	100,0		
1 1/2"	38,100		-	-	100,0		
1"	25,400		-	-	100,0		
3/4 "	19,050		-	-	100,0		
1/2 "	12,700		-	-	100,0		
3/8 "	9,525		-	-	100,0		
Nº 4	4,750	-	-	-	100,0		
< Nº 4	4,750	-	1.000	(100,0)	100,0		
Nº 10	2,000	3,3	3,3	0,3	99,7		
Nº 40	0,425	18,4	21,7	2,2	97,8		
Nº 200	0,075	127,8	149,5	14,9	(85,1)		
< Nº 200	<0,075	3,4	850,5	(85,1)			
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8							
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			1.000,00		CUARTEO		
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0,00%		Peso total antes del lavado		1.000,00
SUCS	CH	ARENA =	15,00%		Peso total después del lavado		149,49
AASHTO	A-7-6 (26)	FINOS =	85,00%				
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad							
CURVA GRANULOMÉTRICA							
<p>Porcentaje que Pasa</p>							

• CALICATA 6-2

Proyecto:		Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"					
Uso:		Viviendas		Calculado:		Est. Xavier Delgado, Est. Ronaldo F	
Perforación:		C6-1		Procedencia:		Barrio "Emilio Sarmiento"	
Profundidad:		2,30m		Fecha:		11 de noviembre de 2019	
NORMAS: AASHTO T-11 T-27				ASTM: D422-63			
TAMIZ	(mm)	Pulg.	PE SO RETENIDO PARCIA L (gr)	PE SO RETENIDO A CUMULA DO (gr)	% RETENIDO A CUMULADO	% ACUMULA DO QUE PA SA	
3"	76,200			-	-	100,0	
2 1/2"	63,500			-	-	100,0	
2"	50,800			-	-	100,0	
1 1/2"	38,100			-	-	100,0	
1"	25,400			-	-	100,0	
3/4 "	19,050			-	-	100,0	
1/2 "	12,700			-	-	100,0	
3/8 "	9,525			-	-	100,0	
Nº 4	4,750		-	-	-	100,0	
< Nº 4	4,750		-	1.000	(100,0)	100,0	
Nº 10	2,000		3,3	3,3	0,3	99,7	
Nº 40	0,425		18,4	21,7	2,2	97,8	
Nº 200	0,075		127,8	149,5	14,9	(85,1)	
< Nº 200	<0,075		3,4	850,5	(85,1)		
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Baja M. Das, Pg. 8							
PESO TOTAL DE LA MUESTRA				1.000,00		CUARTEO	
CLASIFICACIÓN			GRAVA =	0,00%	Peso total antes del lavado		1.000,00
SUCS	CH	ARENA =	15,00%	Peso total después del lavado		149,49	
AASHTO	A-7-6 (26)	FINOS =	85,00%				
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad							
CURVA GRANULOMÉTRICA							
<p>El gráfico muestra una curva granulométrica con el eje vertical etiquetado como 'Porcentaje que Pasa' (ranging from 84,0 to 100,0) y el eje horizontal etiquetado como 'Abertura del Tamiz (mm)' (logarithmic scale from 0,010 to 100,000). La curva comienza en un punto a 0,075 mm con un porcentaje de 85,1%. Se eleva a 97,8% a 0,425 mm, luego a 99,7% a 2,000 mm, y finalmente alcanza 100% a 4,750 mm, manteniéndose constante hasta 100,000 mm. Una leyenda indica que los puntos de la curva representan el 'Porcentaje que Pasa'.</p>							





- CALICATA 8-1

Proyecto:		Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"					
Uso:		Viviendas		Calculado:		Est. Xavier Delgado, Est. Ronaldo F	
Perforación:		C8-1		Procedencia:		Barrio "Emilio Sarmiento"	
Profundidad:		2,50m		Fecha:		11 de noviembre de 2019	
NORMA S: AA SHTO T-11 T-27				ASTM: D422-63			
TAMIZ	(mm)	Pulg.	PE SO RETENIDO PARCIA L (gr)	PE SO RETENIDO A CUMULA DO (gr)	% RETENIDO A CUMULADO	% ACUMULA DO QUE PA SA	
3"	76,200			-	-	100,0	
2 1/2"	63,500			-	-	100,0	
2"	50,800			-	-	100,0	
1 1/2"	38,100			-	-	100,0	
1"	25,400			-	-	100,0	
3/4 "	19,050			-	-	100,0	
1/2 "	12,700			-	-	100,0	
3/8 "	9,525			-	-	100,0	
Nº 4	4,750			-	-	100,0	
< Nº 4	4,750		-	1.000	(100,0)	100,0	
Nº 10	2,000		8,9	8,9	0,9	99,1	
Nº 40	0,425		40,2	49,1	4,9	95,1	
Nº 200	0,075		109,5	158,6	15,9	(84,1)	
< Nº 200	<0,075		10,1	841,4	(84,1)		
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8							
PE SO TOTAL DE LA MUESTRA				1.000,00		CUARTEO	
CLASIFICACIÓN			GRAVA =	0,00%	Peso total antes del lavado		1.000,00
SUCS	CH		ARENA =	16,00%	Peso total después del lavado		158,57
AASHTO	A-7-6 (22)		FINOS =	84,00%			
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad							
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>							
<p>Porcentaje que Pasa</p>							

- CALICATA 8-2

Proyecto: Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"

Uso: Viviendas

Calculado: Est. Xavier Delgado, Est. Ronaldo F

Perforación: C8-2

Procedencia: Barrio "Emilio Sarmiento"

Profundidad: 4,50m

Fecha: 11 de noviembre de 2019

NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63

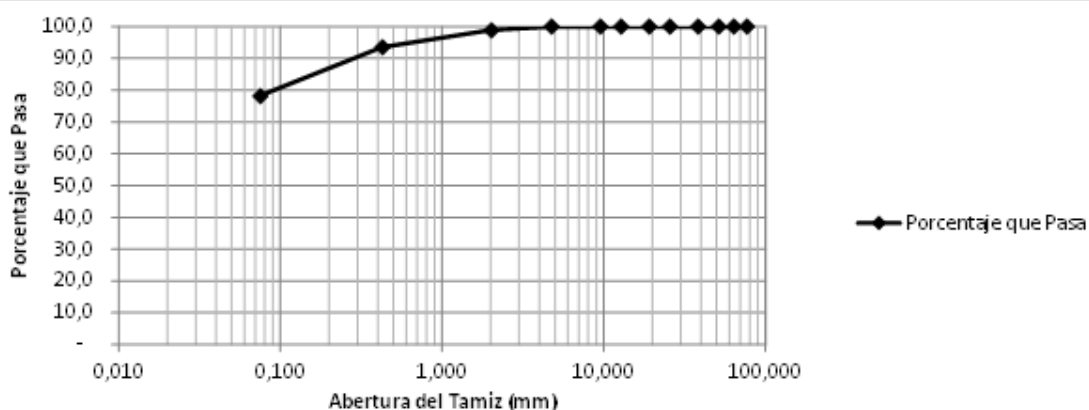
TAMIZ (mm)	Pulg.	PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3"	76,200		-	-	100,0
2 1/2"	63,500		-	-	100,0
2"	50,800		-	-	100,0
1 1/2"	38,100		-	-	100,0
1"	25,400		-	-	100,0
3/4 "	19,050		-	-	100,0
1/2 "	12,700		-	-	100,0
3/8 "	9,525		-	-	100,0
Nº 4	4,750		-	-	100,0
< Nº 4	4,750	-	1.000	(100,0)	100,0
Nº 10	2,000	11,2	11,2	1,1	98,9
Nº 40	0,425	53,1	64,3	6,4	93,6
Nº 200	0,075	152,5	216,8	21,7	(78,3)
< Nº 200	<0,075	6,9	783,2	(78,3)	

\* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8

PESO TOTAL DE LA MUESTRA		1.000,00	CUARTEO	
CLASIFICACIÓN		GRAVA = 0,00%	Peso total antes del lavado	1.000,00
SUCS	CH	ARENA = 22,00%	Peso total después del lavado	216,80
AASHTO	A-7-6 (22)	FINOS = 78,00%		

OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad

CURVA GRANULOMÉTRICA



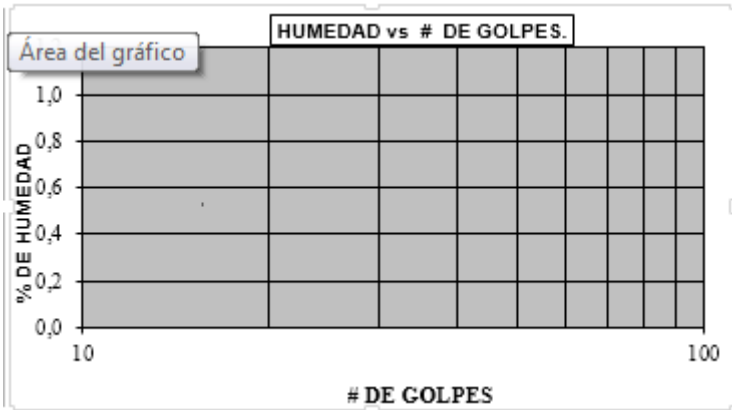
- CALICATA 9-1

Proyecto: Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"						
Uso: Viviendas		Calculado: Est. Xavier Delgado, Est. Ronaldo F				
Perforación: C3-1		Procedencia: Barrio "Emilio Sarmiento"				
Profundidad: 3,2m		Fecha: 11 de noviembre de 2019				
NORMAS: AASHTO T-11 T-27      ASTM: D422-63						
TAMIZ (mm)	Pulg.	PE SO RETENIDO PARCIAL (gr)	PE SO RETENIDO A CUMULADO (gr)	% RETENIDO A CUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	
3"	76,200		-	-	100,0	
2 1/2"	63,500		-	-	100,0	
2"	50,800		-	-	100,0	
1 1/2"	38,100		-	-	100,0	
1"	25,400		-	-	100,0	
3/4 "	19,050		-	-	100,0	
1/2 "	12,700		-	-	100,0	
3/8 "	9,525		-	-	100,0	
Nº 4	4,750	6	6	0,6	99,4	
< Nº 4	4,750	6	994	(99,4)	99,4	
Nº 10	2,000	9,7	9,7	1,6	98,4	
Nº 40	0,425	18,7	28,4	3,4	96,6	
Nº 200	0,075	180,0	208,4	21,3	(78,7)	
< Nº 200	<0,075	5,8	791,6	(78,7)		
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8						
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			1.000,00		CUARTEO	
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	1,00%		Peso total antes del lavado	1.000,00
SUCS	CH	ARENA =	20,00%		Peso total después del lavado	208,40
AASHTO	A-7-6 (23)	FINOS =	79,00%			
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad						
CURVA GRANULOMÉTRICA						
<p>Porcentaje que Pasa</p> <p>Abertura del Tamiz (mm)</p>						



**ANEXO 5: Hoja modelo y cálculo en Excel de los límites de Atterberg de los suelos.**

- Modelo de hoja en Excel para determinar los límites de Atterberg de los suelos. –

<b>LABORATORIO DE SUELOS</b>						
Proyecto:						
Uso:		Calculado:				
Perforación:		Procedencia:				
Profundidad:		Fecha:				
HUMEDAD NATURAL						
Nº de Tarro	Nº de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO
LIMITE LÍQUIDO						
LIMITE PLASTICO						
						

- CALICATA 1-1

Proyecto: Propuesta de cimentaciones superficiales tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"

Uso: Viviendas

Perforación: C1-1

Profundidad: 2,5

Calculado: Est. Xavier Delgado-Ronaldo Rivera

Procedencia: Emilio Sarmiento

Fecha: 11 de noviembre de 2019

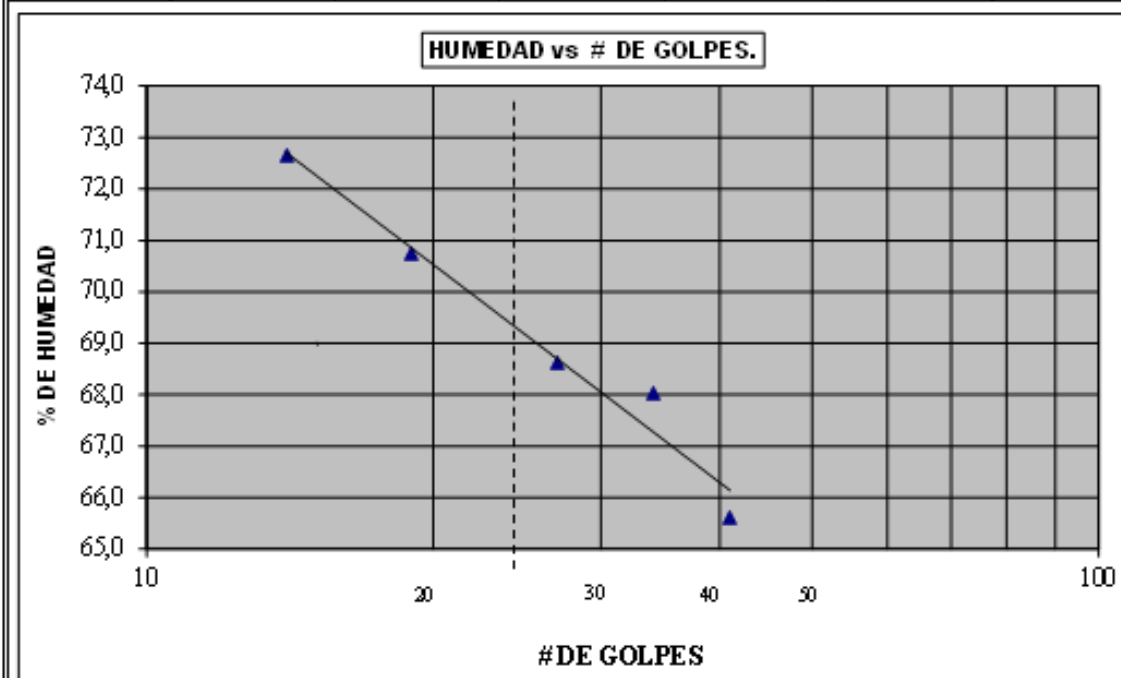
**HUMEDAD NATURAL**

N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO
12	---	31,74	27,87	16,86	35,11	34,05
57	---	33,48	29,49	17,40	32,98	

4	14	29,5	22	11,68	72,67	69,17
46	19	27,32	21,1	12,31	70,76	
63	27	30,07	23,71	14,44	68,61	
2	34	35,41	29,64	21,16	68,04	
10	41	43,21	37,7	29,3	65,60	

**LIMITE PLASTICO**

14	---	11,34	11,04	10,14	33,33	33,31
12	---	11,17	10,90	10,08	32,93	
1	---	11,56	11,22	10,21	33,66	



- CALICATA 1-2

Proyecto:	Propuesta de cimentaciones superficiales tipo para el barrio " Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"		
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado-Ronaldo Ri
Perforación:	C1-1	Procedencia:	Emilio Sarmiento
Profundidad:	2,5	Fecha:	11 de noviembre de 2019

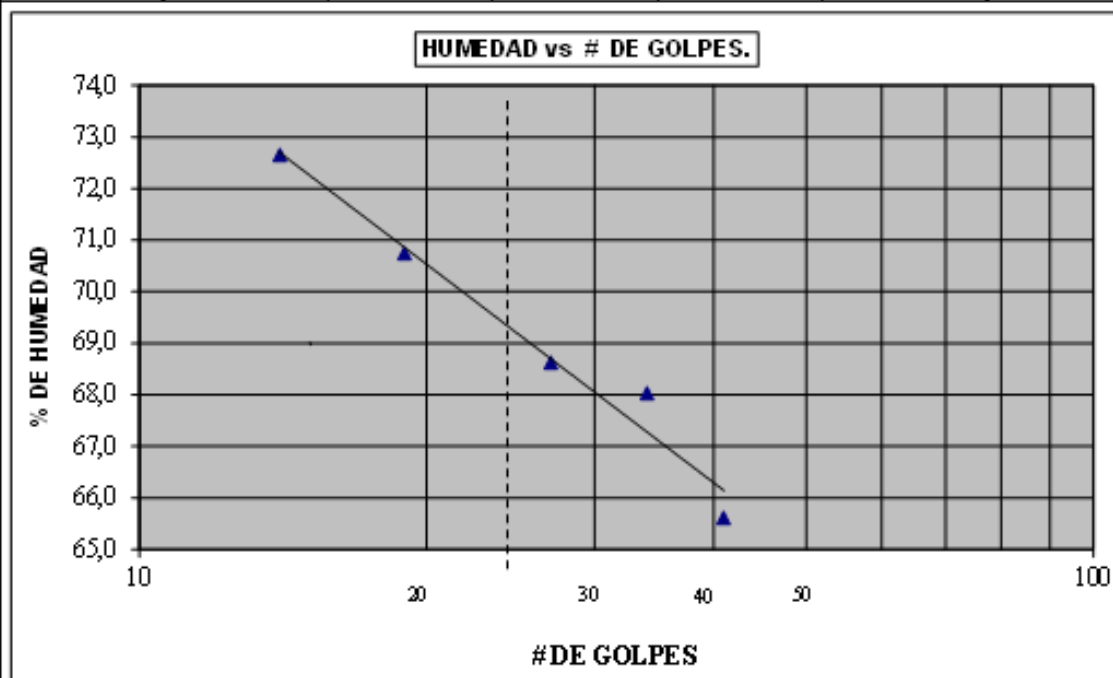
## HUMEDAD NATURAL

N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO
12	---	32,45	28,38	16,86	35,35	35,46
57	---	35,20	30,53	17,40	35,57	

4	14	29,5	22	11,68	72,67	69,17
46	19	27,32	21,1	12,31	70,76	
63	27	30,07	23,71	14,44	68,61	
2	34	35,41	29,64	21,16	68,04	
10	41	43,21	37,7	29,3	65,60	

## LIMITE PLASTICO

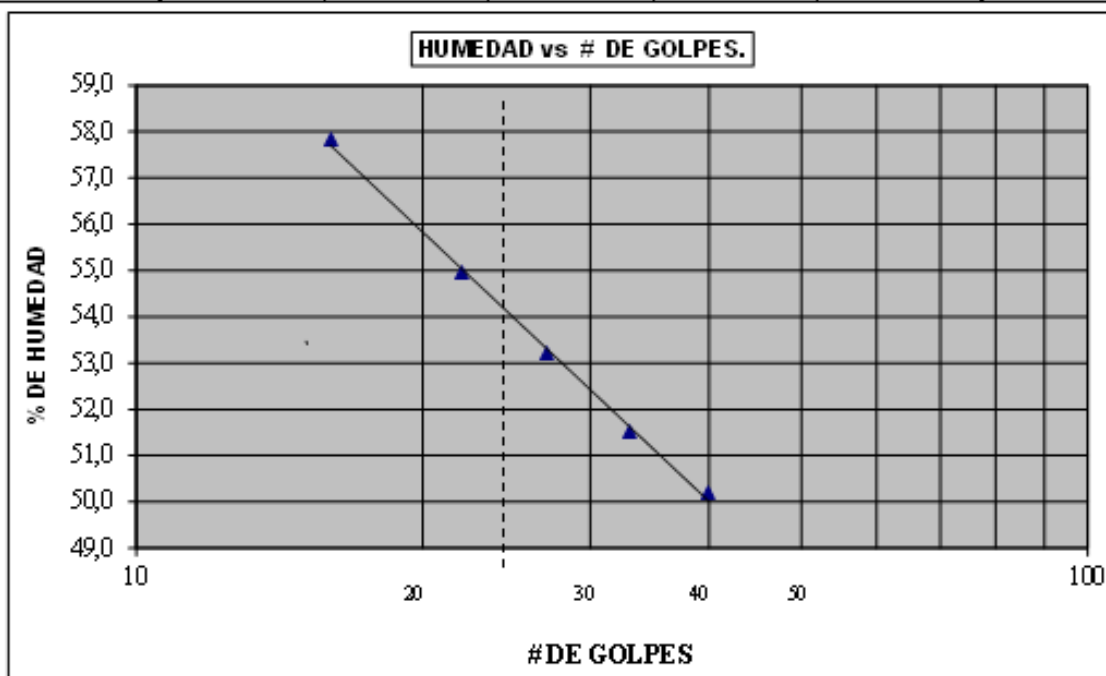
14	---	11,34	11,04	10,14	33,33	33,31
12	---	11,17	10,90	10,08	32,93	
1	---	11,56	11,22	10,21	33,66	



- CALICATA 2-1**

Proyecto:	Propuesta de cimentaciones superficiales tipo para el barrio " Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"		
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado, Est. Ronal
Perforación:	C2-1	Procedencia:	Barrio "Emilio Sarmiento"
Profundidad:	2,7m	Fecha:	21 de octubre de 2019

HUMEDAD NATURAL						
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO
12	---	31,19	27,85	18,45	35,48	34,57
57	---	33,49	29,48	17,58	33,88	
4	16	38,02	31,85	21,18	57,83	53,96
46	22	39,88	33,08	21,01	54,94	
63	27	38,85	32,62	21,29	53,22	
2	33	38,47	32,85	21,94	51,51	
10	40	38,14	32,8	21,58	50,18	
LIMITE PLASTICO						
14	---	4,96	4,78	4,10	26,81	26,80
12	---	5,58	5,27	4,12	26,80	
1	---	5,22	4,98	4,09	26,78	



Límite Líquido a 25 golpes = 53,96%      Índice de plasticidad = 27,16

- CALICATA 2-2

Proyecto:	Propuesta de cimentaciones superficiales tipo para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"					
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado, Est. Ronal			
Perforación:	C2-2	Procedencia:	Barrio "Emilio Sarmiento"			
Profundidad:	4,6 m	Fecha:	21 de octubre de 2019			
HUMEDAD NATURAL						
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO
12	---	33,01	29,54	19,45	34,41	34,73
57	---	34,31	30,10	18,10	35,06	
4	11	38,41	33,5	21,93	42,44	40,73
46	19	40,89	35,2	21,54	41,85	
63	26	40,98	35,48	22,01	40,83	
2	34	43,51	37,12	21,13	39,96	
10	41	43,22	37,02	21,27	39,37	
LIMITE PLASTICO						
14	---	5,37	5,14	4,27	26,44	26,29
12	---	8,08	7,76	6,55	26,45	
1	---	8,58	8,18	6,64	25,97	
+				27,65		
<p style="text-align: center;"><b>HUMEDAD vs # DE GOLPES.</b></p>						
Límite Líquido a 25 golpes =		40,73%		Índice de plasticidad =		14,45

- CALICATA 3-1

Proyecto: Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"

Uso: Viviendas

Calculado: Est. Xavier Delgado, Est. Ronald

Perforación: C3-1

Procedencia: Barrio "Emilio Sarmiento"

Profundidad: 3,2m

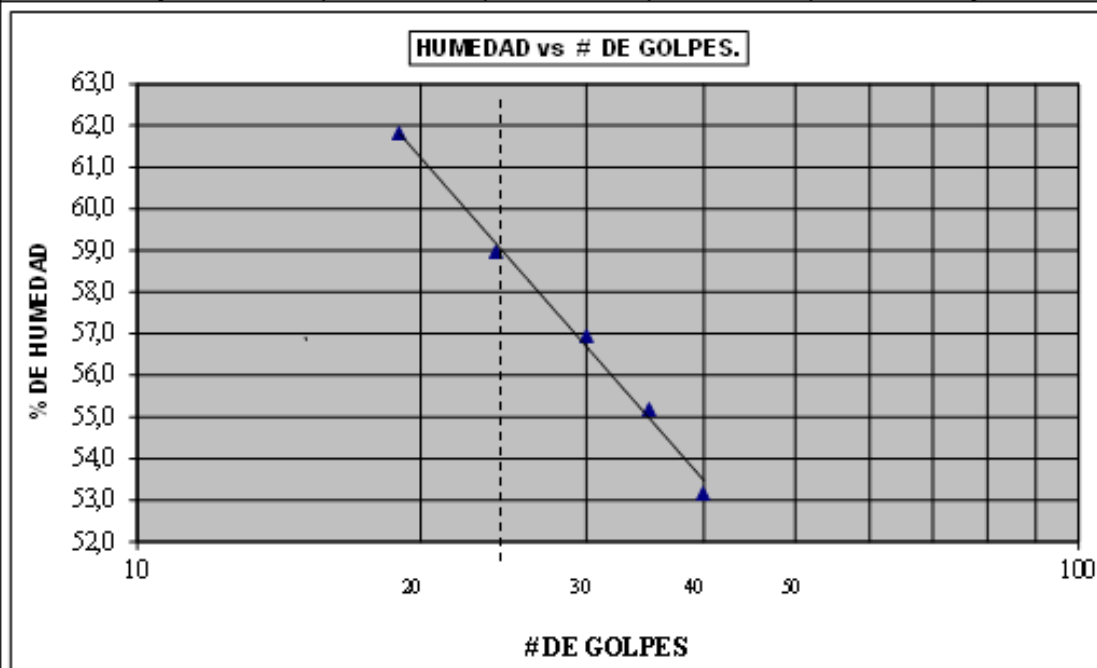
Fecha: 11 de noviembre de 2019

#### HUMEDAD NATURAL

N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO
12	---	30,81	26,80	18,10	43,82	43,87
57	---	32,38	28,45	19,50	43,92	
4	19	35,97	30,03	20,42	61,81	58,10
48	24	36,12	30,79	21,75	58,98	
63	30	38,20	33,30	24,70	56,98	
2	35	36,23	31,14	21,92	55,21	
10	40	38,81	32,5	21,01	53,18	

#### LIMITE PLASTICO

14	---	10,73	10,57	10,08	32,48	32,47
12	---	10,93	10,73	10,13	32,45	
1	---	7,32	7,12	6,51	32,48	



Límite Líquido a 25 golpes =

58,10%

Índice de plasticidad =

25,63

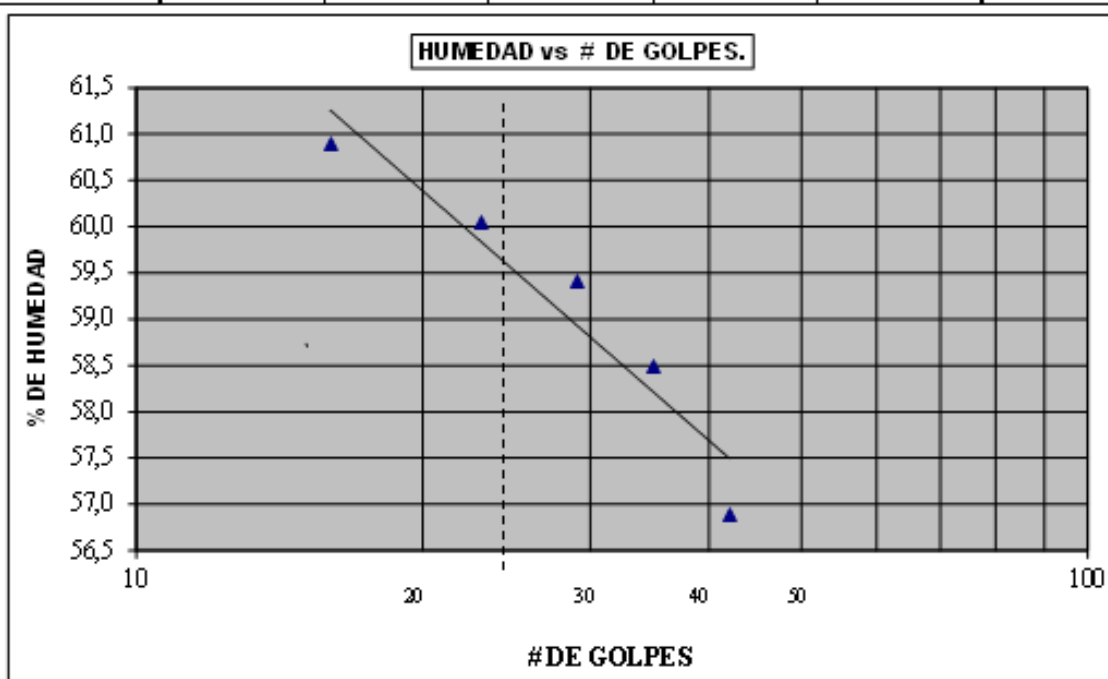




- CALICATA 4-2

Proyecto:	Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"		
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado, Est. Ronal
Perforación:	C4-2	Procedencia:	Barrio "Emilio Sarmiento"
Profundidad:	4,50m	Fecha:	11 de noviembre de 2019

HUMEDAD NATURAL						
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO
12	---	28,39	26,70	19,52	23,58	23,99
57	---	26,14	24,50	17,80	24,40	
4	16	33,53	26,54	15,06	60,89	59,52
46	23	35,56	27,79	14,85	60,05	
63	29	32,46	24,89	12,15	59,42	
2	35	36,33	27,42	12,19	58,50	
10	42	34,18	26,25	12,31	56,89	
LIMITE PLASTICO						
14	---	23,17	22,88	21,89	29,19	29,18
12	---	22,24	21,98	21,07	29,20	
1	---	11,46	11,18	10,20	29,16	



Límite Líquido a 25 golpes = 59,52%      Índice de plasticidad = 30,33

- CALICATA 5-1

Proyecto:	Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"																
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado, Est. Ronald														
Perforación:	C5-1	Procedencia:	Barrio "Emilio Sarmiento"														
Profundidad:	2,60m	Fecha:	11 de noviembre de 2019														
HUMEDAD NATURAL																	
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO											
12	---	24,82	22,80	17,40	37,44	36,61											
57	---	25,19	23,10	17,25	35,79												
						73,54											
4	15	32,99	27,69	21,10	80,42												
46	21	32,29	27,41	21,10	77,34												
63	28	32,07	27,79	21,80	71,45												
2	34	33,62	28,90	22,00	68,41												
10	41	37,42	32,41	24,9	66,71												
LIMITE PLASTICO																	
14	---	4,94	4,74	4,10	31,25	31,70											
12	---	21,95	21,72	21,00	31,94												
1	---	22,52	22,37	21,90	31,91												
<p style="text-align: center;"><b>HUMEDAD vs # DE GOLPES.</b></p> <table border="1"> <caption>Datos del Gráfico</caption> <thead> <tr> <th># DE GOLPES</th> <th>% DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15</td> <td>80,42</td> </tr> <tr> <td>21</td> <td>77,34</td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>71,45</td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>68,41</td> </tr> <tr> <td>41</td> <td>66,71</td> </tr> </tbody> </table>						# DE GOLPES	% DE HUMEDAD	15	80,42	21	77,34	28	71,45	34	68,41	41	66,71
# DE GOLPES	% DE HUMEDAD																
15	80,42																
21	77,34																
28	71,45																
34	68,41																
41	66,71																
Límite Líquido a 25 golpes =	73,54%	Índice de plasticidad =	41,83														



- CALICATA 6-1

Proyecto:	Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"					
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado, Est. Ronal			
Perforación:	C6-1	Procedencia:	Barrio "Emilio Sarmiento"			
Profundidad:	2,30m	Fecha:	11 de noviembre de 2019			
HUMEDAD NATURAL						
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO
12	---	32,45	29,25	18,20	28,91	29,48
57	---	24,71	23,14	17,90	30,04	
4	13	42,33	35,26	21,74	52,29	52,11
46	20	43,93	36,16	21,26	52,15	
63	29	43,46	35,79	21,07	52,11	
2	36	43,80	36,04	21,12	52,01	
10	42	43,12	35,86	21,88	51,93	
LIMITE PLASTICO						
14	---	4,82	4,71	4,25	23,91	23,71
12	---	4,68	4,57	4,10	23,40	
1	---	4,38	4,33	4,12	23,81	
<p style="text-align: center;"><b>HUMEDAD vs # DE GOLPES.</b></p>						
Límite Líquido a 25 golpes =		52,11%		Índice de plasticidad =		28,40



- CALICATA 7-1

Proyecto:	Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"																	
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado, Est. Ronal															
Perforación:	C7-1	Procedencia:	Barrio "Emilio Sarmiento"															
Profundidad:	2,50m	Fecha:	11 de noviembre de 2019															
HUMEDAD NATURAL																		
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO												
12	----	31,45	29,18	19,58	23,83	24,37												
57	----	32,84	30,12	20,10	25,12													
4	12	31,27	22,1	11,59	87,25	74,63												
46	19	29,09	21,45	12,14	82,06													
63	26	30,82	23,71	14,44	74,54													
2	32	35,81	29,12	20,00	71,16													
10	40	43,00	37,7	29,3	63,10													
LIMITE PLASTICO																		
14	----	11,38	11,05	10,17	35,38	35,65												
12	----	11,17	10,90	10,15	35,76													
1	----	11,01	10,43	8,81	35,80													
<div style="text-align: center;"> <b>HUMEDAD vs # DE GOLPES.</b> </div> <table border="1"> <caption>Datos del Gráfico: Humedad vs # DE GOLPES</caption> <thead> <tr> <th># DE GOLPES</th> <th>% DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>87,25</td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>82,06</td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>74,54</td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>71,16</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>63,10</td> </tr> </tbody> </table>							# DE GOLPES	% DE HUMEDAD	12	87,25	19	82,06	26	74,54	32	71,16	40	63,10
# DE GOLPES	% DE HUMEDAD																	
12	87,25																	
19	82,06																	
26	74,54																	
32	71,16																	
40	63,10																	
Límite Líquido a 25 golpes =	74,63%	Índice de plasticidad =	38,99															

- CALICATA 7-2

Proyecto:	Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"																	
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado, Est. Ronald															
Perforación:	C7-2	Procedencia:	Barrio "Emilio Sarmiento"															
Profundidad:	4,40m	Fecha:	11 de noviembre de 2019															
HUMEDAD NATURAL																		
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO												
12	---	32,75	30,20	20,58	26,46	26,17												
57	---	33,23	30,80	21,40	25,89													
4	15	30,5	23,1	12,00	66,87	52,59												
46	20	28,3	22,29	12,31	60,22													
63	26	31,40	25,67	14,44	51,02													
2	33	32,89	29,50	21,16	40,85													
10	40	40,12	37,25	29,3	36,10													
LIMITE PLASTICO																		
14	---	10,25	9,97	8,87	25,50	25,48												
12	---	10,20	9,78	8,12	25,53													
1	---	10,40	10,02	8,52	25,42													
<p style="text-align: center;"><b>HUMEDAD vs # DE GOLPES.</b></p> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico</caption> <thead> <tr> <th># DE GOLPES</th> <th>% DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15</td> <td>66,87</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>60,22</td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>51,02</td> </tr> <tr> <td>33</td> <td>40,85</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>36,10</td> </tr> </tbody> </table>							# DE GOLPES	% DE HUMEDAD	15	66,87	20	60,22	26	51,02	33	40,85	40	36,10
# DE GOLPES	% DE HUMEDAD																	
15	66,87																	
20	60,22																	
26	51,02																	
33	40,85																	
40	36,10																	
Límite Líquido a 25 golpes =	52,59%	Índice de plasticidad =	27,11															

- CALICATA 8-1

Proyecto:	Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"					
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado, Est. Ronal			
Perforación:	C7-2	Procedencia:	Barrio "Emilio Sarmiento"			
Profundidad:	4,40m	Fecha:	11 de noviembre de 2019			
HUMEDAD NATURAL						
Nº de Tarro	Nº de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO
12	---	32,75	30,20	20,58	26,46	26,17
57	---	33,23	30,80	21,40	25,89	
4	15	30,5	23,1	12,00	66,67	52,59
46	20	28,3	22,29	12,31	60,22	
63	26	31,40	25,67	14,44	51,02	
2	33	32,89	29,50	21,16	40,65	
10	40	40,12	37,25	29,3	36,10	
LIMITE PLASTICO						
14	---	10,25	9,97	8,87	25,50	25,48
12	---	10,20	9,78	8,12	25,53	
1	---	10,40	10,02	8,52	25,42	
<p style="text-align: center;"><b>HUMEDAD vs # DE GOLPES.</b></p>						
Límite Líquido a 25 golpes =		52,59%	Índice de plasticidad =		27,11	

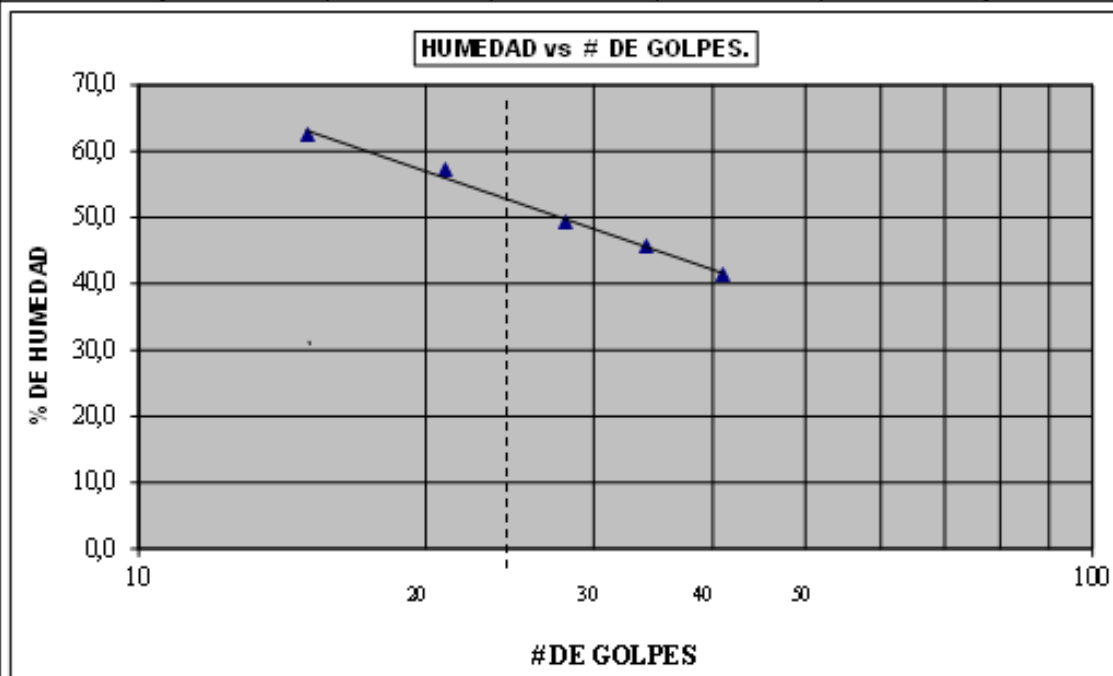
- CALICATA 8-2

Proyecto:	Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"																					
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado, Est. Ronal																			
Perforación:	C8-2	Procedencia:	Barrio "Emilio Sarmiento"																			
Profundidad:	4,50m	Fecha:	11 de noviembre de 2019																			
HUMEDAD NATURAL																						
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO																
12	---	31,74	27,85	18,45	41,38	37,47																
57	---	33,48	29,48	17,56	33,56																	
4	14	23,4	19,02	12,24	64,80	53,04																
46	20	22,4	20,12	16,05	56,02																	
63	27	24,52	21,71	16,32	52,13																	
2	32	29,79	27,64	23,27	49,20																	
10	40	37,88	35,7	31,14	43,42																	
LIMITE PLASTICO																						
14	---	12,34	12,11	11,25	26,84	26,63																
12	---	12,71	12,55	11,94	26,50																	
1	---	11,24	11,09	10,52	26,76																	
<div style="text-align: center;"> <b>HUMEDAD vs # DE GOLPES.</b> </div> <table border="1"> <caption>Data for Humedad vs # DE GOLPES</caption> <thead> <tr> <th># DE GOLPES</th> <th>% DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>12</td><td>41,38</td></tr> <tr><td>57</td><td>33,56</td></tr> <tr><td>4</td><td>64,80</td></tr> <tr><td>46</td><td>56,02</td></tr> <tr><td>63</td><td>52,13</td></tr> <tr><td>2</td><td>49,20</td></tr> <tr><td>10</td><td>43,42</td></tr> </tbody> </table>							# DE GOLPES	% DE HUMEDAD	12	41,38	57	33,56	4	64,80	46	56,02	63	52,13	2	49,20	10	43,42
# DE GOLPES	% DE HUMEDAD																					
12	41,38																					
57	33,56																					
4	64,80																					
46	56,02																					
63	52,13																					
2	49,20																					
10	43,42																					
Límite Líquido a 25 golpes =	53,04%	Índice de plasticidad =	26,41																			

- CALICATA 9-1

Proyecto:	Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"				
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado, Est. Ronald		
Perforación:	C3-1	Procedencia:	Barrio "Emilio Sarmiento"		
Profundidad:	3,2m	Fecha:	11 de noviembre de 2019		

HUMEDAD NATURAL						
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO
12	---	33,81	29,88	17,98	35,22	36,48
57	---	33,37	28,95	17,24	37,74	
4	15	28,15	23,1	15,00	62,35	51,84
48	21	27,4	21,9	12,31	57,35	
63	28	29,00	24,20	14,44	49,18	
2	34	34,25	30,15	21,16	45,61	
10	41	41,80	38,14	29,3	41,40	
LIMITE PLASTICO						
14	---	11,20	10,95	10,05	27,14	27,12
12	---	11,01	10,77	9,89	27,11	
1	---	11,34	11,08	10,10	27,10	



- CALICATA 9-2

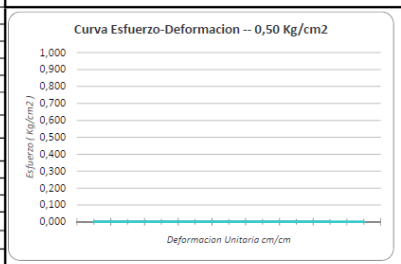
Proyecto:	Estudios de Suelos para el barrio "Emilio Sarmiento" perteneciente a la parroquia "El Valle"																	
Uso:	Viviendas	Calculado:	Est. Xavier Delgado, Est. Ronald															
Perforación:	C9-2	Procedencia:	Barrio "Emilio Sarmiento"															
Profundidad:	4,50m	Fecha:	11 de noviembre de 2019															
HUMEDAD NATURAL																		
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro (gr)	Peso suelo seco + tarro (gr)	Peso tarro (gr)	% de Humedad	PROMEDIO												
12	----	32,47	28,74	18,42	36,19	35,69												
57	----	31,38	27,89	17,98	35,19													
4	14	30,24	26,89	20,20	50,07	42,15												
46	20	30,89	27,45	19,89	45,50													
63	27	40,25	35,42	23,80	41,57													
2	34	32,20	29,25	21,40	37,58													
10	40	26,50	25	20,72	35,05													
LIMITE PLASTICO																		
14	----	8,90	8,57	7,40	27,88	27,89												
12	----	7,40	7,10	6,03	27,86													
1	----	8,01	7,84	7,24	27,93													
<div style="text-align: center;"> <b>HUMEDAD vs # DE GOLPES.</b> </div> <table border="1"> <caption>Datos del Gráfico: HUMEDAD vs # DE GOLPES.</caption> <thead> <tr> <th># DE GOLPES</th> <th>% DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>14</td> <td>50,07</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>45,50</td> </tr> <tr> <td>27</td> <td>41,57</td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>37,58</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>35,05</td> </tr> </tbody> </table>							# DE GOLPES	% DE HUMEDAD	14	50,07	20	45,50	27	41,57	34	37,58	40	35,05
# DE GOLPES	% DE HUMEDAD																	
14	50,07																	
20	45,50																	
27	41,57																	
34	37,58																	
40	35,05																	
Límite Líquido a 25 golpes =	42,15%	Índice de plasticidad =	14,26															

**ANEXO 6: Hoja modelo y cálculo en Excel de la cohesión y ángulo de fricción de los suelos.**

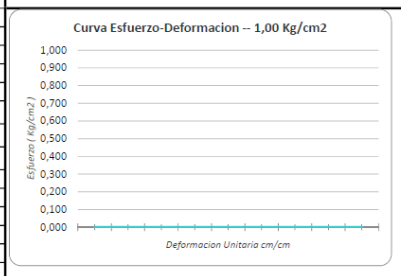
• **Modelo de hoja en Excel para determinar la cohesión y ángulo de fricción de los suelos. –**

Proyecto:		"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."			
Proyectistas:		Xavier Delgado - Ronaldo Rivera			
Ensayo:	Ensayo Triaxial	Fecha de muestreo:		Xavier Delgado - Ronaldo Rivera	
Norma:	ASTM D2850	Muestreado por:		Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario	
		Chequeado por:			

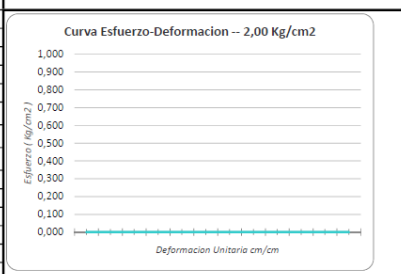
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT3	Num. Ensayo	1			
		Estrato:	E3	Potencia:	1,50-2,00m			
Altura inicial de la muestra Ho =		cm	Tiempo:	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo
Diametro medio de la muestra Do =		cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Area inicial de la muestra Ao =		cm2	0					
Contenido de humedad W (%) =			1					
Observaciones:			3					
Esfuerzo de Falla:	σT1		Kg/cm2	5				
Esfuerzo:	σ1		Kg/cm2	6				
Esfuerzo de ensayo:	σ3	0.510	Kg/cm2	7				
Origen	O1		Kg/cm2	8				
Radio:	R1		Kg/cm2	10				
				12				



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT3	Num. Ensayo	2			
		Estrato:	E3	Potencia:	1,50-2,00m			
Altura inicial de la muestra Ho =		cm	Tiempo:	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo
Diametro medio de la muestra Do =		cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Area inicial de la muestra Ao =		cm2	0					
Contenido de humedad W (%) =			1					
Observaciones:			3					
Esfuerzo de Falla:	σT1		Kg/cm2	5				
Esfuerzo:	σ1		Kg/cm2	7				
Esfuerzo de ensayo:	σ3		Kg/cm2	8				
Origen	O1		Kg/cm2	9				
Radio:	R1		Kg/cm2	10				
				12				



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT3	Num. Ensayo	3			
		Estrato:	E3	Potencia:	1,50-2,00m			
Altura inicial de la muestra Ho =		cm	Tiempo:	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo
Diametro medio de la muestra Do =		cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Area inicial de la muestra Ao =		cm2	0					
Contenido de humedad W (%) =			1					
Observaciones:			3					
Esfuerzo de Falla:	σT1		Kg/cm2	5				
Esfuerzo:	σ1		Kg/cm2	7				
Esfuerzo de ensayo:	σ3	2.038	Kg/cm2	9				
Origen	O1		Kg/cm2	11				
Radio:	R1		Kg/cm2	13				
				14				
				15				
				18				
				21				



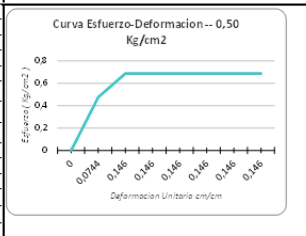
Variacion de θ:	15		Variacion de	15		Variacion de	15	
Origen:	O1 =	0,000	Origen:	O1 =	0,000	Origen:	O1 =	0,000
Radio:	R1 =	0,000	Radio:	R1 =	0,000	Radio:	R1 =	0,000
<b>q</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>q</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>q</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
0	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0	0,000	0,000
15	0,000	0,000	15	0,000	0,000	15	0,000	0,000
30	0,000	0,000	30	0,000	0,000	30	0,000	0,000
45	0,000	0,000	45	0,000	0,000	45	0,000	0,000
60	0,000	0,000	60	0,000	0,000	60	0,000	0,000
75	0,000	0,000	75	0,000	0,000	75	0,000	0,000
90	0,000	0,000	90	0,000	0,000	90	0,000	0,000
105	0,000	0,000	105	0,000	0,000	105	0,000	0,000
120	0,000	0,000	120	0,000	0,000	120	0,000	0,000
135	0,000	0,000	135	0,000	0,000	135	0,000	0,000
150	0,000	0,000	150	0,000	0,000	150	0,000	0,000
165	0,000	0,000	165	0,000	0,000	165	0,000	0,000
180	0,000	0,000	180	0,000	0,000	180	0,000	0,000
Puntos de la Recta:	0	0						
	0,000	0,000						

Fuerza de atraccion entre particulas:	ζ =	0 Kg/cm2	Den. Hum =	0	gr/cm3
Angulo de Friccion Interna:	φ =	0 grados	Den. Sec =	0	gr/cm3

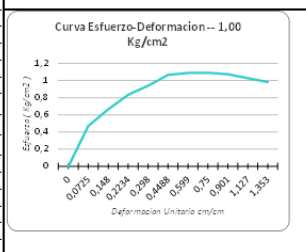
• SPT1-E1

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."		
Proyectista:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera		
Ensayo:	Ensayo Triaxial	Fecha de muestreo:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera
Norma:	ASTM D2850	Muestreado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache
Chaqueado por:			

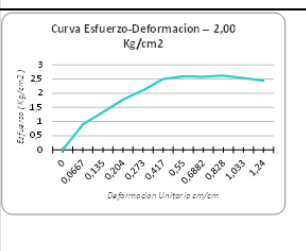
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT1	Num. Ensayo:	1				
		Estrato:	E1	Potencia:	1,50m - 2,00 m				
Altura inicial de la muestra Ho =	6,4	cm	Tiempo	Carga	Carga	Deformación	Esfuerzo	Esfuerzo	
Diametro medio de la muestra Do =	3,78	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Area inicial de la muestra Ao =	11,22	cm2	0	0	0	0	0	0	
Contenido de humedad W (%) =	34			1	0,053	5,4007	0,0744	46,807	0,47693334
Observaciones:				2	0,077	7,8463	0,146	67,504	0,68786576
Esfuerzo de Falla:	σ <sub>T1</sub>	0,688	Kg/cm2	3	0,077	7,8463	0,146	67,504	0,68786576
Esfuerzo:	σ <sub>1</sub>	1,197	Kg/cm2	5	0,077	7,8463	0,146	67,504	0,68786576
Esfuerzo de ensayo:	σ <sub>3</sub>	0,510	Kg/cm2	10	0,077	7,8463	0,146	67,504	0,68786576
Origen	O1	0,853	Kg/cm2	15	0,077	7,8463	0,146	67,504	0,68786576
Radio:	R1	0,344	Kg/cm2	16	0,077	7,8463	0,146	67,504	0,68786576



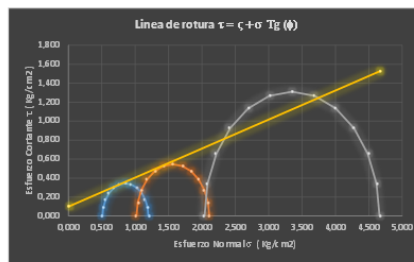
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT1	Num. Ensayo:	2				
		Estrato:	E1	Potencia:	1,50m - 2,00 m				
Altura inicial de la muestra Ho =	6,6	cm	Tiempo	Carga	Carga	Deformación	Esfuerzo	Esfuerzo	
Diametro medio de la muestra Do =	3,51	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Area inicial de la muestra Ao =	9,68	cm2	0	0	0	0	0	0	
Contenido de humedad W (%) =	34			1	0,045	4,5855	0,0725	46,176	0,47053344
Observaciones:				2	0,064	6,5216	0,148	65,17	0,6640823
Esfuerzo de Falla:	σ <sub>T1</sub>	1,091	Kg/cm2	3	0,081	8,2539	0,2234	81,85	0,8340515
Esfuerzo:	σ <sub>1</sub>	2,110	Kg/cm2	4	0,092	9,3748	0,298	92,25	0,9400275
Esfuerzo de ensayo:	σ <sub>3</sub>	1,019	Kg/cm2	6	0,106	10,8014	0,4488	104,64	1,0662816
Origen	O1	1,565	Kg/cm2	8	0,11	11,209	0,599	106,87	1,0890053
Radio:	R1	0,546	Kg/cm2	10	0,113	11,5147	0,75	107,08	1,0911452
				12	0,113	11,5147	0,901	105,33	1,0733127
				15	0,11	11,209	1,127	100,88	1,0279672
				18	0,108	11,0052	1,353	96,52	0,9835588



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT1	Num. Ensayo:	3				
		Estrato:	E1	Potencia:	1,50m - 2,00 m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,2	cm	Tiempo	Carga	Carga	Deformación	Esfuerzo	Esfuerzo	
Diametro medio de la muestra Do =	3,53	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Area inicial de la muestra Ao =	9,79	cm2	0	0	0	0	0	0	
Contenido de humedad W (%) =	30			1	0,088	8,9672	0,0667	88,17	0,8984523
Observaciones:				2	0,13	13,247	0,135	130,83	1,3331577
Esfuerzo de Falla:	σ <sub>T1</sub>	2,622	Kg/cm2	3	0,174	17,7306	0,204	173,88	1,7718372
Esfuerzo:	σ <sub>1</sub>	4,660	Kg/cm2	4	0,209	21,2971	0,273	206,38	2,1030122
Esfuerzo de ensayo:	σ <sub>3</sub>	2,038	Kg/cm2	6	0,251	25,5769	0,417	245,53	2,5019907
Origen	O1	3,349	Kg/cm2	8	0,264	26,9016	0,55	254,53	2,5936607
Radio:	R1	1,311	Kg/cm2	10	0,267	27,2073	0,6882	253,65	2,5846995
				12	0,275	28,0225	0,828	257,9	2,621887
				15	0,272	27,7168	1,033	248,81	2,533739
				18	0,268	27,3092	1,24	239,5	2,440505



Variación de φ: 15			Variación de φ: 15			Variación de φ: 15		
Origen:	O1 =	0,853	Origen:	O1 =	1,565	Origen:	O1 =	3,349
Radio:	R1 =	0,344	Radio:	R1 =	0,546	Radio:	R1 =	1,311
q	X	Y	q	X	Y	q	X	Y
0	0,510	0,000	0	1,019	0,000	0	2,038	0,000
15	0,521	0,089	15	1,038	0,141	15	2,083	0,339
30	0,556	0,172	30	1,092	0,273	30	2,214	0,655
45	0,610	0,243	45	1,179	0,386	45	2,422	0,927
60	0,681	0,298	60	1,292	0,472	60	2,693	1,135
75	0,764	0,332	75	1,423	0,527	75	3,010	1,266
90	0,853	0,344	90	1,565	0,546	90	3,349	1,311
105	0,942	0,332	105	1,706	0,527	105	3,688	1,266
120	1,025	0,298	120	1,837	0,472	120	4,004	1,135
135	1,097	0,243	135	1,950	0,386	135	4,276	0,927
150	1,151	0,172	150	2,037	0,273	150	4,484	0,655
165	1,186	0,089	165	2,092	0,141	165	4,615	0,339
180	1,197	0,000	180	2,110	0,000	180	4,660	0,000
Puntos de la Recta	0	0,1						
	4,660	1,525						

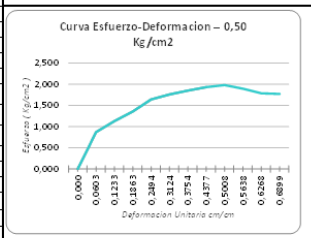


Fuerza de atracción entre partículas:	c =	0,1 Kg/cm2	Den. Hum =	1,92	gr/cm3
Angulo de Friccion Interna:	φ =	17 grados	Den. Sec =	1,41	gr/cm3

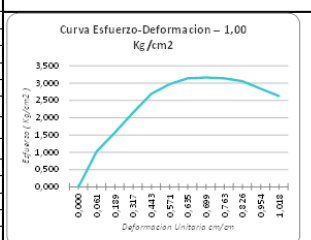
• SPT2-E1

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCION DE LAS PROPIEDADES GEO-MECANICAS DEL SUBSUELO"		
Proyectista:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera		
Ensayo:	Ensayo Triaxial	Fecha de muestreo:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera
Norma:	ASTM D2850	Muestreado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache
		Chequeado por:	

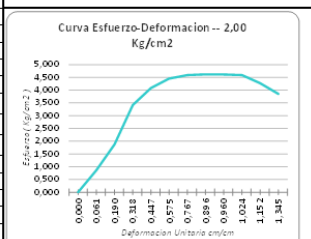
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT2	Num. Ensayo:	1				
		Estrato:	E1	Potencia:	1,50m - 2,00 m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,9	cm	cm	Tiempo	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo
Diametro medio de la muestra Do =	3,4	cm	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Area inicial de la muestra Ao =	9,08	cm2	cm2	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Contenido de humedad W (%) =	27			1	0,079	8,0501	0,0603	85,426	0,870
Observaciones:				2	0,103	10,4957	0,1233	111,180	1,133
Esfuerzo de Falla:	σT1	1,983	Kg/cm2	3	0,124	12,6356	0,1863	133,325	1,359
Esfuerzo:	σ1	2,493	Kg/cm2	4	0,15	15,285	0,2494	161,116	1,642
Esfuerzo de ensayo:	σ3	0,510	Kg/cm2	5	0,172	16,5078	0,3124	172,881	1,762
Origen	O1	1,501	Kg/cm2	6	0,172	17,5268	0,3754	181,850	1,853
Radio:	R1	0,992	Kg/cm2	7	0,18	18,342	0,4377	189,590	1,932
				8	0,186	18,9534	0,5008	194,619	1,983
				9	0,179	18,2401	0,5638	186,052	1,896
				10	0,17	17,323	0,6268	175,517	1,789
				11	0,169	17,2211	0,6899	174,129	1,774



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT2	Num. Ensayo:	2				
		Estrato:	E1	Potencia:	1,50m - 2,00 m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,8	cm	cm	Tiempo	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo
Diametro medio de la muestra Do =	3,4	cm	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Area inicial de la muestra Ao =	9,08	cm2	cm2	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Contenido de humedad W (%) =	25			1	0,000	0,000	0,061	100,821	1,027
Observaciones:				3	0,000	0,000	0,189	154,288	1,572
Esfuerzo de Falla:	σT1	3,164	Kg/cm2	5	0,000	0,000	0,189	154,288	1,572
Esfuerzo:	σ1	4,183	Kg/cm2	7	0,000	0,000	0,443	264,217	2,692
Esfuerzo de ensayo:	σ3	1,019	Kg/cm2	9	0,000	0,000	0,571	291,845	2,974
Origen	O1	2,601	Kg/cm2	10	0,000	0,000	0,635	308,439	3,143
Radio:	R1	1,582	Kg/cm2	11	0,000	0,000	0,699	310,458	3,164
				12	0,000	0,000	0,763	308,338	3,142
				13	0,000	0,000	0,826	300,135	3,058
				15	0,000	0,000	0,954	279,019	2,843
				16	0,000	0,000	1,018	258,251	2,632

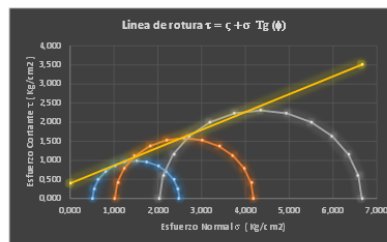


ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT2	Num. Ensayo:	3				
		Estrato:	E1	Potencia:	1,50m - 2,00 m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,75	cm	cm	Tiempo	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo
Diametro medio de la muestra Do =	3,4	cm	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Area inicial de la muestra Ao =	9,08	cm2	cm2	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Contenido de humedad W (%) =	16			1	0,077	7,846	0,061	84,294	0,839
Observaciones:				3	0,172	17,527	0,190	184,426	1,879
Esfuerzo de Falla:	σT1	4,619	Kg/cm2	5	0,315	32,099	0,318	335,296	3,417
Esfuerzo:	σ1	6,657	Kg/cm2	7	0,381	38,824	0,447	400,357	4,080
Esfuerzo de ensayo:	σ3	2,038	Kg/cm2	9	0,421	42,900	0,575	437,083	4,454
Origen	O1	4,348	Kg/cm2	12	0,443	45,142	0,767	450,554	4,591
Radio:	R1	2,310	Kg/cm2	14	0,452	46,039	0,896	453,310	4,619
				15	0,455	46,365	0,960	453,099	4,617
				16	0,456	46,466	1,024	450,383	4,589
				18	0,430	43,817	1,152	419,075	4,270
				21	0,397	40,454	1,345	378,514	3,857



Variación de φ:	15			Variación de φ:	15			Variación de φ:	15		
Origen:	O1 =	1,501		Origen:	O1 =	2,601		Origen:	O1 =	4,348	
Radio:	R1 =	0,992		Radio:	R1 =	1,582		Radio:	R1 =	2,310	
q	X	Y		q	X	Y		q	X	Y	
0	0,510	0,000		0	1,019	0,000		0	2,038	0,000	
15	0,543	0,257		15	1,073	0,409		15	2,117	0,598	
30	0,642	0,496		30	1,231	0,791		30	2,347	1,155	
45	0,800	0,701		45	1,482	1,118		45	2,714	1,633	
60	1,005	0,859		60	1,810	1,370		60	3,193	2,000	
75	1,244	0,958		75	2,191	1,528		75	3,750	2,231	
90	1,501	0,992		90	2,601	1,582		90	4,348	2,310	
105	1,758	0,958		105	3,010	1,528		105	4,945	2,231	
120	1,997	0,859		120	3,392	1,370		120	5,502	2,000	
135	2,202	0,701		135	3,719	1,118		135	5,981	1,633	
150	2,360	0,496		150	3,971	0,791		150	6,348	1,155	
165	2,459	0,257		165	4,129	0,409		165	6,579	0,598	
180	2,493	0,000		180	4,183	0,000		180	6,657	0,000	
Puntos de la Recta	0	0,4									
	6,657	3,504									

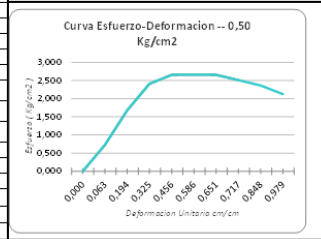
Fuerza de atracción entre partículas:	ζ =	0,4 Kg/cm2	Den. Hum =	1,92 gr/cm3
Angulo de Fricción Interna:	φ =	25 grados	Den. Sec =	1,57 gr/cm3



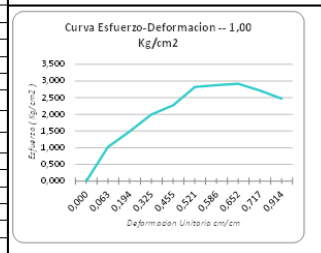
• SPT2-E2

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCION DE LAS PROPIEDADES GEO-MECANICAS DEL SUBSUELO"		
Proyectista:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera		
Ensayo:	Ensayo Triaxial	Fecha de muestreo:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera
Norma:	ASTM D2850	Muestreado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache
		Chequeado por:	

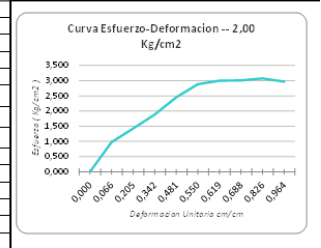
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT2	Num. Ensayo:	1				
		Estrato:	E2	Potencia:	2,50 m - 3,00 m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,6	cm		Tiempo (Minutos)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (KPA)	Esfuerzo (Kg/cm2)
Diametro medio de la muestra Do =	3,4	cm		0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Area inicial de la muestra Ao =	9,08	cm2		1	0,066	6,725	0,063	71,621	0,730
Contenido de humedad W (%) =	25			3	0,153	15,591	0,194	164,810	1,679
Observaciones:									
Esfuerzo de Falla:	σT1	2,663	Kg/cm2	5	0,222	22,622	0,325	236,159	2,406
Esfuerzo:	σ1	3,172	Kg/cm2	7	0,248	25,271	0,456	260,330	2,653
Esfuerzo de ensayo:	σ3	0,510	Kg/cm2	9	0,252	25,679	0,586	261,314	2,663
Origen	O1	1,841	Kg/cm2	10	0,253	25,781	0,651	260,526	2,655
Radio:	R1	1,331	Kg/cm2	11	0,241	24,558	0,717	246,430	2,511
				13	0,230	23,437	0,848	231,870	2,363
				15	0,210	21,399	0,919	208,677	2,126



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT2	Num. Ensayo:	2				
		Estrato:	E2	Potencia:	2,50 m - 3,00 m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,6	cm		Tiempo (Minutos)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (KPA)	Esfuerzo (Kg/cm2)
Diametro medio de la muestra Do =	3,4	cm		0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Area inicial de la muestra Ao =	9,08	cm2		1	0,092	9,375	0,063	100,377	1,023
Contenido de humedad W (%) =	25			3	0,136	13,858	0,194	146,471	1,493
Observaciones:									
Esfuerzo de Falla:	σT1	2,917	Kg/cm2	5	0,184	18,750	0,325	195,886	1,996
Esfuerzo:	σ1	3,936	Kg/cm2	7	0,212	21,603	0,455	222,892	2,271
Esfuerzo de ensayo:	σ3	1,019	Kg/cm2	8	0,265	27,004	0,521	276,703	2,820
Origen	O1	2,478	Kg/cm2	9	0,272	27,717	0,586	282,050	2,874
Radio:	R1	1,459	Kg/cm2	10	0,278	28,328	0,652	286,266	2,917
				11	0,260	26,494	0,717	266,113	2,712
				14	0,242	24,660	0,914	242,520	2,471

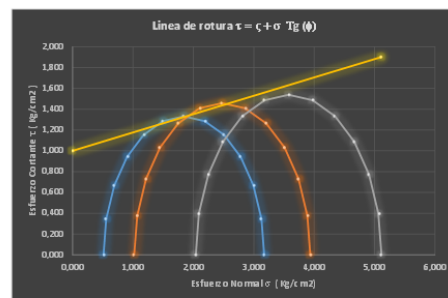


ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT2	Num. Ensayo:	3				
		Estrato:	E2	Potencia:	2,50 m - 3,00 m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,65	cm		Tiempo (Minutos)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (KPA)	Esfuerzo (Kg/cm2)
Diametro medio de la muestra Do =	3,3	cm		0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Area inicial de la muestra Ao =	8,55	cm2		1	0,088	0,347	0,066	96,012	0,978
Contenido de humedad W (%) =	30			3	0,130	0,525	0,205	140,009	1,427
Observaciones:									
Esfuerzo de Falla:	σT1	3,077	Kg/cm2	5	0,174	0,622	0,342	185,240	1,888
Esfuerzo:	σ1	5,115	Kg/cm2	7	0,229	0,677	0,481	240,765	2,453
Esfuerzo de ensayo:	σ3	2,038	Kg/cm2	8	0,271	0,696	0,550	282,968	2,883
Origen	O1	3,576	Kg/cm2	9	0,284	0,707	0,619	294,499	3,001
Radio:	R1	1,538	Kg/cm2	10	0,287	0,702	0,688	295,533	3,011
				12	0,295	0,696	0,826	301,936	3,077
				14	0,291	0,663	0,964	291,626	2,972



Variación de φ:	15			Variación de φ:	15			Variación de φ:	15		
Origen:	O1 =	1,841		Origen:	O1 =	2,478		Origen:	O1 =	3,576	
Radio:	R1 =	1,331		Radio:	R1 =	1,459		Radio:	R1 =	1,538	
q	X	Y		q	X	Y		q	X	Y	
0	0,510	0,000		0	1,019	0,000		0	2,038	#NUM!	
15	0,555	0,345		15	1,069	0,377		15	2,090	0,398	
30	0,688	0,666		30	1,214	0,729		30	2,244	0,769	
45	0,899	0,941		45	1,446	1,031		45	2,489	1,088	
60	1,175	1,153		60	1,748	1,263		60	2,807	1,332	
75	1,496	1,286		75	2,100	1,409		75	3,178	1,486	
90	1,841	1,331		90	2,478	1,459		90	3,576	1,538	
105	2,185	1,286		105	2,855	1,409		105	3,975	1,486	
120	2,507	1,153		120	3,207	1,263		120	4,346	1,332	
135	2,782	0,941		135	3,509	1,031		135	4,664	1,088	
150	2,994	0,666		150	3,741	0,729		150	4,909	0,769	
165	3,127	0,345		165	3,886	0,377		165	5,062	0,398	
180	3,172	0,000		180	3,936	0,000		180	5,115	#NUM!	
Puntos de la Recta	0	1									
	5,115	1,902									

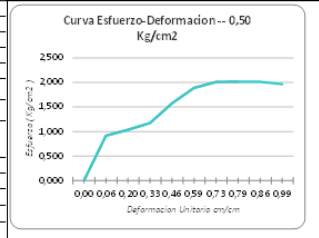
Fuerza de atracción entre partículas:	ζ =	1 Kg/cm2	Den. Hum =	1,94	gr/cm3
Angulo de Fricción Interna:	φ =	10 grados	Den. Sec =	1,55	gr/cm3



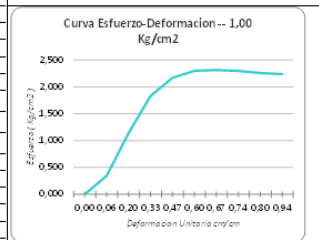
• SPT2-E3

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMENTO, EN FUNCION DE LAS PROPIEDADES GEO-MECANICAS DEL SUBSUELO."		
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera		
Ensayo:	Ensayo Inicial	Fecha de muestreo:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera
Norma:	ASTM D2850	Muestreado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache
		Chequeado por:	

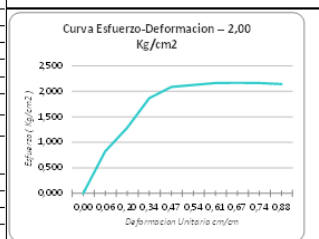
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT2	Num. Ensayos:	1				
		Estrato:	E3	Potencia:	3,50 m - 4,00 m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,5	cm	Tiempo:	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo	
Diametro medio de la muestra Do =	3,4	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Area inicial de la muestra Ao =	9,08	cm2	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
Contenido de humedad W (%) =	29			1	0,082	8,356	0,06	89,753	0,915
Observaciones:				3	0,094	9,579	0,20	101,513	1,034
Esfuerzo de Falla:	σ <sub>1</sub>	2,015	Kg/cm2	5	0,108	11,005	0,33	115,052	1,172
Esfuerzo:	σ <sub>1</sub>	2,525	Kg/cm2	7	0,148	15,081	0,46	154,461	1,574
Esfuerzo de ensayo:	σ <sub>3</sub>	0,510	Kg/cm2	9	0,180	18,342	0,59	185,467	1,890
Origen	O1	1,517	Kg/cm2	11	0,193	19,667	0,73	197,150	2,009
Radio:	R1	1,008	Kg/cm2	12	0,195	19,871	0,79	197,767	2,015
				13	0,196	19,972	0,86	197,348	2,011
				15	0,194	19,769	0,99	192,497	1,962



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT2	Num. Ensayos:	2				
		Estrato:	E3	Potencia:	3,50 m - 4,00 m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,4	cm	Tiempo:	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo	
Diametro medio de la muestra Do =	3,4	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Area inicial de la muestra Ao =	9,08	cm2	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
Contenido de humedad W (%) =	28			1	0,031	3,159	0,06	33,928	0,346
Observaciones:				3	0,105	10,700	0,20	112,282	1,144
Esfuerzo de Falla:	σ <sub>1</sub>	2,315	Kg/cm2	5	0,169	17,221	0,33	179,953	1,834
Esfuerzo:	σ <sub>1</sub>	3,334	Kg/cm2	7	0,203	20,686	0,47	213,148	2,172
Esfuerzo de ensayo:	σ <sub>3</sub>	1,019	Kg/cm2	9	0,218	22,214	0,60	225,685	2,300
Origen	O1	2,176	Kg/cm2	10	0,221	22,520	0,67	227,152	2,315
Radio:	R1	1,157	Kg/cm2	11	0,221	22,520	0,74	225,515	2,298
				12	0,219	22,316	0,80	221,851	2,261
				14	0,220	22,418	0,94	219,603	2,238

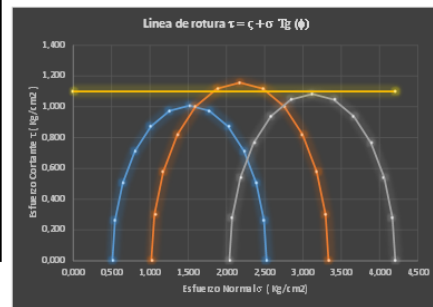


ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT2	Num. Ensayos:	3				
		Estrato:	E3	Potencia:	3,50 m - 4,00 m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,35	cm	Tiempo:	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo	
Diametro medio de la muestra Do =	3,4	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Area inicial de la muestra Ao =	9,08	cm2	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
Contenido de humedad W (%) =	30			1	0,075	7,643	0,06	80,983	0,825
Observaciones:				3	0,118	12,024	0,20	126,295	1,287
Esfuerzo de Falla:	σ <sub>1</sub>	2,167	Kg/cm2	5	0,172	17,527	0,34	183,112	1,866
Esfuerzo:	σ <sub>1</sub>	4,205	Kg/cm2	7	0,195	19,871	0,47	204,689	2,086
Esfuerzo de ensayo:	σ <sub>3</sub>	2,038	Kg/cm2	8	0,210	21,399	0,54	208,445	2,124
Origen	O1	3,121	Kg/cm2	9	0,214	21,807	0,61	212,180	2,162
Radio:	R1	1,083	Kg/cm2	10	0,207	21,093	0,67	212,651	2,167
				11	0,208	21,195	0,74	212,127	2,162
				13	0,209	21,297	0,88	210,045	2,140



Variación de θ:	IS		Variación de θ:	IS		Variación de θ:	IS	
Origen:	O1 =	1,517	Origen:	O1 =	2,176	Origen:	O1 =	3,121
Radio:	R1 =	1,008	Radio:	R1 =	1,157	Radio:	R1 =	1,083
q	X	Y	q	X	Y	q	X	Y
0	0,510	0,000	0	1,019	0,000	0	2,038	0,000
15	0,544	0,261	15	1,058	0,300	15	2,075	0,280
30	0,644	0,504	30	1,174	0,579	30	2,183	0,542
45	0,805	0,712	45	1,358	0,818	45	2,355	0,766
60	1,013	0,873	60	1,598	1,002	60	2,580	0,938
75	1,256	0,973	75	1,877	1,118	75	2,841	1,047
90	1,517	1,008	90	2,176	1,157	90	3,121	1,083
105	1,778	0,973	105	2,476	1,118	105	3,402	1,047
120	2,021	0,873	120	2,755	1,002	120	3,663	0,938
135	2,230	0,712	135	2,995	0,818	135	3,888	0,766
150	2,390	0,504	150	3,179	0,579	150	4,060	0,542
165	2,490	0,261	165	3,294	0,300	165	4,168	0,280
180	2,525	0,000	180	3,334	0,000	180	4,205	0,000
Puntos de la Recta	0	1,1						
	4,205	1,100						

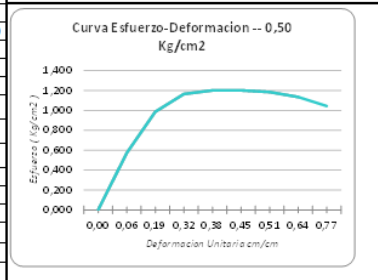
Fuerza de atracción entre partículas:	ζ =	1,1 Kg/cm2	Den. Hum =	1,99 gr/cm3
Angulo de Fricción Interna:	φ =	0 grados	Den. Sec =	1,55 gr/cm3



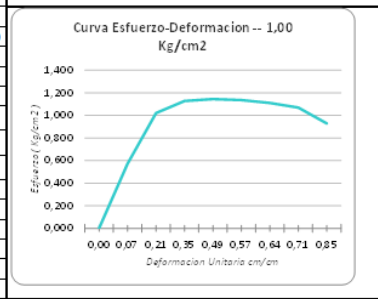
• SPT3-E1

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."		
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera		
Ensayo:	Ensayo Triaxial	Fecha de muestreo:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera
Norma:	ASTM D2850	Muestreado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario
		Chequeado por:	

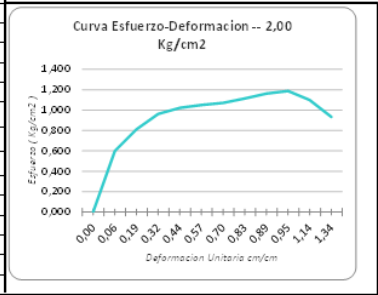
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT3	Num. Ensayo:	1				
		Estrato:	E3	Potencia:	1,50-2,00m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,7	cm	Tiempo	Carga	Carga	Deformación	Esfuerzo	Esfuerzo	
Dámetro medio de la muestra Do =	3,8	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Área inicial de la muestra Ao =	11,34	cm <sup>2</sup>	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
Contenido de humedad W (%) =	39		1	0,064	6,522	0,06	56,089	0,572	
Observaciones:	0,1		3	0,112	11,413	0,19	96,878	0,987	
Esfuerzo de Falla:	σ <sub>T1</sub>	1,201	Kg/cm <sup>2</sup>	5	0,134	13,655	0,32	114,380	1,166
Esfuerzo:	σ <sub>1</sub>	1,711	Kg/cm <sup>2</sup>	6	0,139	14,164	0,38	117,855	1,201
Esfuerzo de ensayo:	σ <sub>3</sub>	0,510	Kg/cm <sup>2</sup>	7	0,140	14,266	0,45	117,905	1,201
Origen	O1	1,110	Kg/cm <sup>2</sup>	8	0,139	14,164	0,51	116,279	1,185
Radio:	R1	0,601	Kg/cm <sup>2</sup>	10	0,135	13,757	0,64	111,394	1,135
				12	0,126	12,839	0,77	102,531	1,045



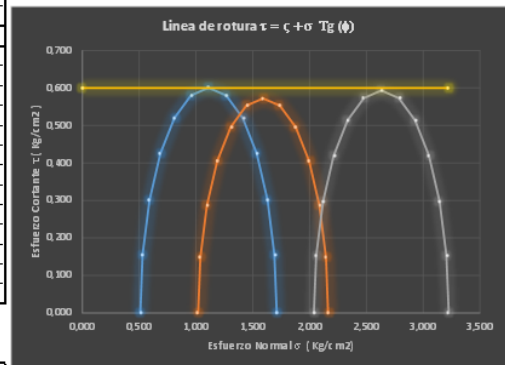
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT3	Num. Ensayo:	2				
		Estrato:	E3	Potencia:	1,50-2,00m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7	cm	Tiempo	Carga	Carga	Deformación	Esfuerzo	Esfuerzo	
Dámetro medio de la muestra Do =	3,8	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Área inicial de la muestra Ao =	11,34	cm <sup>2</sup>	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
Contenido de humedad W (%) =	38		1	0,065	6,624	0,07	56,052	0,571	
Observaciones:			3	0,116	11,820	0,21	100,148	1,021	
Esfuerzo de Falla:	σ <sub>T1</sub>	1,145	Kg/cm <sup>2</sup>	5	0,130	13,247	0,35	110,604	1,127
Esfuerzo:	σ <sub>1</sub>	2,164	Kg/cm <sup>2</sup>	7	0,134	13,655	0,49	112,327	1,145
Esfuerzo de ensayo:	σ <sub>3</sub>	1,019	Kg/cm <sup>2</sup>	8	0,134	13,655	0,57	111,487	1,136
Origen	O1	1,591	Kg/cm <sup>2</sup>	9	0,132	13,451	0,64	108,995	1,111
Radio:	R1	0,572	Kg/cm <sup>2</sup>	10	0,128	13,043	0,71	104,889	1,069
				12	0,113	11,515	0,85	91,180	0,929



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT3	Num. Ensayo:	3				
		Estrato:	E3	Potencia:	1,50-2,00m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,8	cm	Tiempo	Carga	Carga	Deformación	Esfuerzo	Esfuerzo	
Dámetro medio de la muestra Do =	3,8	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Área inicial de la muestra Ao =	11,34	cm <sup>2</sup>	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
Contenido de humedad W (%) =	35		1	0,069	7,031	0,06	58,720	0,598	
Observaciones:			3	0,092	9,375	0,19	79,600	0,811	
Esfuerzo de Falla:	σ <sub>T1</sub>	1,187	Kg/cm <sup>2</sup>	5	0,111	11,311	0,32	94,378	0,962
Esfuerzo:	σ <sub>1</sub>	3,225	Kg/cm <sup>2</sup>	7	0,119	12,126	0,44	100,282	1,022
Esfuerzo de ensayo:	σ <sub>3</sub>	2,038	Kg/cm <sup>2</sup>	9	0,124	12,636	0,57	103,100	1,051
Origen	O1	2,631	Kg/cm <sup>2</sup>	11	0,128	13,043	0,70	104,993	1,070
Radio:	R1	0,593	Kg/cm <sup>2</sup>	13	0,135	13,757	0,83	109,215	1,113
				14	0,142	14,470	0,89	114,078	1,162
				15	0,146	14,877	0,95	116,461	1,187
				18	0,138	14,062	1,14	107,758	1,098
				21	0,120	12,228	1,34	91,683	0,934



Variación de θ:	15			Variación de θ:	15			Variación de θ:	15		
Origen:	O1 =	1,110		Origen:	O1 =	1,591		Origen:	O1 =	2,631	
Radio:	R1 =	0,601		Radio:	R1 =	0,572		Radio:	R1 =	0,593	
q	X	Y	q	X	Y	q	X	Y	q	X	Y
0	0,510	0,000	0	1,019	0,000	0	2,038	#NUM!			
15	0,530	0,155	15	1,039	0,148	15	2,058	0,154			
30	0,590	0,300	30	1,096	0,286	30	2,117	0,297			
45	0,685	0,425	45	1,187	0,405	45	2,212	0,420			
60	0,810	0,520	60	1,305	0,496	60	2,335	0,514			
75	0,955	0,580	75	1,443	0,553	75	2,478	0,573			
90	1,110	0,601	90	1,591	0,572	90	2,631	0,593			
105	1,266	0,580	105	1,739	0,553	105	2,785	0,573			
120	1,411	0,520	120	1,877	0,496	120	2,928	0,514			
135	1,535	0,425	135	1,996	0,405	135	3,051	0,420			
150	1,630	0,300	150	2,087	0,286	150	3,145	0,297			
165	1,690	0,155	165	2,144	0,148	165	3,205	0,154			
180	1,711	0,000	180	2,164	0,000	180	3,225	#NUM!			
Puntos de la Recta:		0,6									
		3,225	0,600								

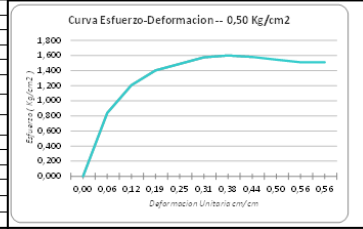


Fuerza de atracción entre partículas:	c =	0,6 Kg/cm <sup>2</sup>	Den. Hum =	1,84	gr/cm <sup>3</sup>
Ángulo de Fricción Interna:	φ =	0 grados	Den. Sec =	1,33	gr/cm <sup>3</sup>

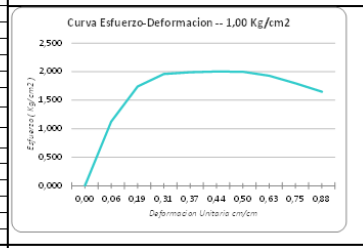
• SPT3-E2

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."		
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera		
Ensayo:	Ensayo Triaxial	Fecha de muestreo:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera
Norma:	ASTM D2850	Muestreado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almacha
		Chequeado por:	

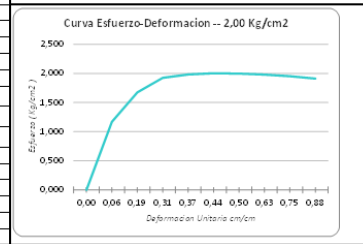
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT3	Num. Ensayos:	1				
		Estrato:	E3	Potencia:	2,50-3,00m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,9	cm		Tiempo	Carga	Carga	Deformación	Esfuerzo	Esfuerzo
Diametro medio de la muestra Do =	3,8	cm		(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Area inicial de la muestra Ao =	11,34	cm2		0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Contenido de humedad W (%) =	34			1	0,094	9,579	0,06	82,390	0,840
Observaciones:				2	0,136	13,858	0,12	118,447	1,207
Esfuerzo de Falla:	$\sigma_{T1}$	1,600	Kg/cm2	3	0,159	16,202	0,19	137,595	1,402
Esfuerzo:	$\sigma_1$	2,110	Kg/cm2	4	0,170	17,323	0,25	146,180	1,490
Esfuerzo de ensayo:	$\sigma_3$	0,510	Kg/cm2	5	0,181	18,444	0,31	154,633	1,576
Origen	O1	1,310	Kg/cm2	6	0,185	18,852	0,38	157,022	1,600
Radio:	R1	0,800	Kg/cm2	7	0,184	18,750	0,44	155,150	1,581
				8	0,181	18,444	0,50	151,615	1,545
				9	0,178	18,138	0,56	148,221	1,510
				10	0,178	18,138	0,56	148,221	1,510



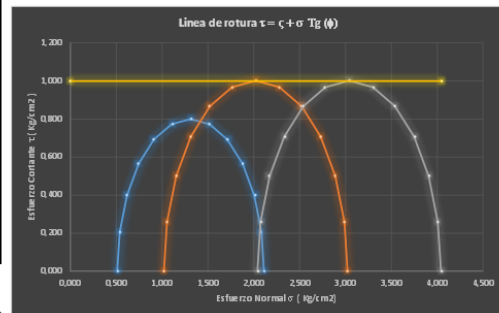
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT3	Num. Ensayos:	2				
		Estrato:	E3	Potencia:	2,50-3,00m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,85	cm		Tiempo	Carga	Carga	Deformación	Esfuerzo	Esfuerzo
Diametro medio de la muestra Do =	3,8	cm		(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Area inicial de la muestra Ao =	11,34	cm2		0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Contenido de humedad W (%) =	32			1	0,126	12,839	0,06	110,442	1,125
Observaciones:				3	0,197	20,074	0,19	170,486	1,737
Esfuerzo de Falla:	$\sigma_{T1}$	2,002	Kg/cm2	5	0,225	22,928	0,31	192,220	1,959
Esfuerzo:	$\sigma_1$	3,021	Kg/cm2	6	0,230	23,437	0,37	195,213	1,989
Esfuerzo de ensayo:	$\sigma_3$	1,019	Kg/cm2	7	0,233	23,743	0,44	196,465	2,002
Origen	O1	2,020	Kg/cm2	8	0,234	23,845	0,50	196,008	1,997
Radio:	R1	1,001	Kg/cm2	10	0,229	23,335	0,63	189,277	1,929
				12	0,216	22,010	0,75	176,145	1,795
				14	0,202	20,584	0,88	161,679	1,648



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT3	Num. Ensayos:	3				
		Estrato:	E3	Potencia:	2,50-3,00m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,9	cm		Tiempo	Carga	Carga	Deformación	Esfuerzo	Esfuerzo
Diametro medio de la muestra Do =	3,8	cm		(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Area inicial de la muestra Ao =	11,34	cm2		0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Contenido de humedad W (%) =	33			1	0,132	13,451	0,06	114,826	1,170
Observaciones:				3	0,190	19,361	0,19	164,430	1,676
Esfuerzo de Falla:	$\sigma_{T1}$	2,002	Kg/cm2	5	0,221	22,520	0,31	188,802	1,924
Esfuerzo:	$\sigma_1$	4,040	Kg/cm2	6	0,229	23,335	0,37	194,364	1,981
Esfuerzo de ensayo:	$\sigma_3$	2,038	Kg/cm2	7	0,233	23,743	0,44	196,464	2,002
Origen	O1	3,039	Kg/cm2	8	0,234	23,845	0,50	196,007	1,997
Radio:	R1	1,001	Kg/cm2	10	0,235	23,947	0,63	194,234	1,979
				12	0,225	23,947	0,75	191,637	1,953
				14	0,233	23,743	0,88	187,473	1,910



Variación de $\theta$ : 15			Variación de $\theta$ : 15			Variación de $\theta$ : 15		
Origen:	O1 =	1,310	Origen:	O1 =	2,020	Origen:	O1 =	3,039
Radio:	R1 =	0,800	Radio:	R1 =	1,001	Radio:	R1 =	1,001
$q$	X	Y	$q$	X	Y	$q$	X	Y
0	0,510	0,000	0	1,019	0,000	0	2,038	0,000
15	0,557	0,207	15	1,053	0,259	15	2,072	0,259
30	0,617	0,400	30	1,153	0,500	30	2,172	0,500
45	0,744	0,566	45	1,312	0,708	45	2,331	0,708
60	0,910	0,693	60	1,519	0,867	60	2,538	0,867
75	1,102	0,773	75	1,761	0,967	75	2,780	0,967
90	1,310	0,800	90	2,020	1,001	90	3,039	1,001
105	1,517	0,773	105	2,279	0,967	105	3,298	0,967
120	1,710	0,693	120	2,520	0,867	120	3,539	0,867
135	1,875	0,566	135	2,728	0,708	135	3,747	0,708
150	2,002	0,400	150	2,887	0,500	150	3,906	0,500
165	2,082	0,207	165	2,987	0,259	165	4,006	0,259
180	2,110	0,000	180	3,021	0,000	180	4,040	0,000
Puntos de la Recta	0	1						
	4,040	1,000						

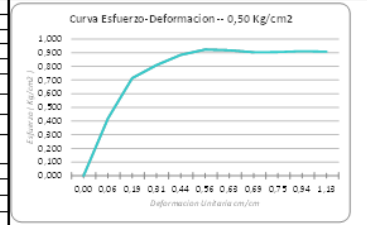


Fuerza de atracción entre partículas:	$c =$	1 Kg/cm2	Den. Hum =	1,8	gr/cm3
Angulo de Fricción Interna:	$\phi =$	0 grados	Den. Sec =	1,35	gr/cm3

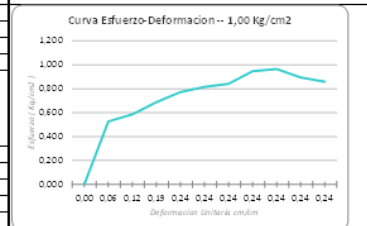
• SPT3-E3

Proyecto: "DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO GARRIDO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL SUBSUELO"	
Proyectista: Xavier Delgado - Ronaldo Rivera	
Ensayo: Ensayo Triaxial	Fecha de muestreo: Xavier Delgado - Ronaldo Rivera
Norma: ASTM D2850	Muestreado por: Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache
Chequandopor:	

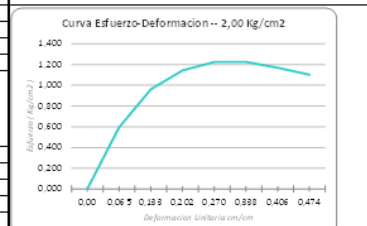
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT3	Num. Ensayo:	1			
		Estrato:	ES	Potencia:	3,50-4,00m			
Altura inicial de la muestra Ho =	7,5	cm		Tiempo (Minutos)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Deformación Unitaria (KPA)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
Diámetro medio de la muestra Do =	3,8	cm		0	0,000	0,000	0,00	0,000
Área inicial de la muestra Ao =	11,34	cm <sup>2</sup>		1	0,048	4,891	0,06	41,197
Contenido de humedad W (%) =	38			2	0,081	8,254	0,19	70,098
Observaciones:				3	0,093	9,477	0,31	79,450
Esfuerzo de Falla:	σT1	0,924	Kg/cm <sup>2</sup>	5	0,103	10,496	0,44	86,948
Esfuerzo:	σ1	1,434	Kg/cm <sup>2</sup>	7	0,109	11,107	0,56	90,703
Esfuerzo de ensayo:	σ3	0,510	Kg/cm <sup>2</sup>	9	0,109	11,107	0,56	90,703
Origen:	O1	0,972	Kg/cm <sup>2</sup>	10	0,108	11,005	0,49	88,671
Radio:	R1	0,482	Kg/cm <sup>2</sup>	11	0,109	11,107	0,75	88,886
				12	0,112	11,413	0,94	89,467
				13	0,114	11,617	1,13	89,164



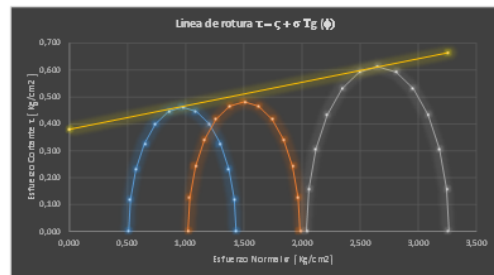
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT3	Num. Ensayo:	2			
		Estrato:	ES	Potencia:	3,50-4,00m			
Altura inicial de la muestra Ho =	7,8	cm		Tiempo (Minutos)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Deformación Unitaria (KPA)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
Diámetro medio de la muestra Do =	3,7	cm		0	0,000	0,000	0,00	0,000
Área inicial de la muestra Ao =	10,75	cm <sup>2</sup>		1	0,059	6,012	0,06	51,714
Contenido de humedad W (%) =	41			2	0,066	6,725	0,12	57,479
Observaciones:				3	0,078	7,948	0,19	67,494
Esfuerzo de Falla:	σT1	0,965	Kg/cm <sup>2</sup>	4	0,088	8,967	0,24	75,730
Esfuerzo:	σ1	1,984	Kg/cm <sup>2</sup>	5	0,093	9,477	0,24	80,082
Esfuerzo de ensayo:	σ3	1,019	Kg/cm <sup>2</sup>	6	0,096	9,782	0,24	82,614
Origen:	O1	1,501	Kg/cm <sup>2</sup>	7	0,108	11,005	0,24	92,940
Radio:	R1	0,482	Kg/cm <sup>2</sup>	8	0,110	11,209	0,24	94,661
				9	0,102	10,394	0,24	87,778
				10	0,098	9,986	0,24	84,335



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT3	Num. Ensayo:	3			
		Estrato:	ES	Potencia:	3,50-4,00m			
Altura inicial de la muestra Ho =	7,3	cm		Tiempo (Minutos)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Deformación Unitaria (KPA)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )
Diámetro medio de la muestra Do =	3,57	cm		0	0,000	0,000	0,00	0,000
Área inicial de la muestra Ao =	10,01	cm <sup>2</sup>		1	0,059	6,012	0,06	58,399
Contenido de humedad W (%) =	36			2	0,097	9,884	0,133	94,349
Observaciones:				3	0,115	11,719	0,202	112,266
Esfuerzo de Falla:	σT1	1,226	Kg/cm <sup>2</sup>	4	0,124	12,636	0,270	120,219
Esfuerzo:	σ1	3,264	Kg/cm <sup>2</sup>	5	0,125	12,738	0,338	120,339
Esfuerzo de ensayo:	σ3	2,038	Kg/cm <sup>2</sup>	6	0,120	12,228	0,406	114,710
Origen:	O1	2,651	Kg/cm <sup>2</sup>	7	0,114	11,617	0,474	108,200
Radio:	R1	0,613	Kg/cm <sup>2</sup>					



Variación de e			15			15			15		
Origen:	O1 =	0,972	Origen:	O1 =	1,501	Origen:	O1 =	2,651			
Radio:	R1 =	0,482	Radio:	R1 =	0,482	Radio:	R1 =	0,613			
q	X	Y	q	X	Y	q	X	Y			
0	0,510	0,000	0	1,019	0,000	0	2,038	0,000			
15	0,525	0,120	15	1,035	0,125	15	2,059	0,159			
30	0,571	0,251	30	1,094	0,241	30	2,120	0,307			
45	0,645	0,327	45	1,180	0,341	45	2,218	0,434			
60	0,741	0,400	60	1,290	0,418	60	2,345	0,531			
75	0,852	0,446	75	1,376	0,466	75	2,492	0,592			
90	0,972	0,462	90	1,501	0,462	90	2,651	0,613			
105	1,091	0,446	105	1,626	0,466	105	2,810	0,592			
120	1,208	0,400	120	1,742	0,418	120	2,958	0,531			
135	1,298	0,327	135	1,842	0,341	135	3,085	0,434			
150	1,372	0,251	150	1,919	0,241	150	3,182	0,307			
165	1,418	0,120	165	1,967	0,125	165	3,243	0,159			
180	1,434	0,000	180	1,984	0,000	180	3,264	0,000			
Puntos de la Recta			0			0,38					
			3,264			0,666					

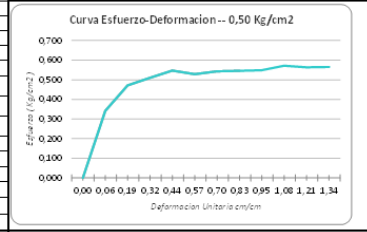


Fuerza de atracción entre partículas:	c =	0,38 Kg/cm <sup>2</sup>	Den. Hum =	1,79	gr/cm <sup>3</sup>
Angulo de Fricción Interna:	φ =	5 grados	Den. Sec =	1,3	gr/cm <sup>3</sup>

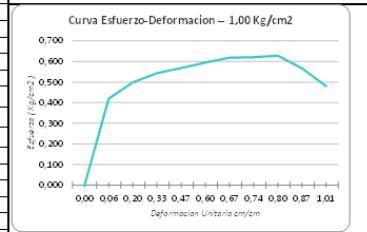
• SPT4-E1

Proyecto: "DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."			
Proyectista: Xavier Delgado - Ronaldo Rivera			
Ensayo: Ensayo Triaxial Norma: ASTM D2850		Fecha de muestreo: Muestreado por: Xavier Delgado - Ronaldo Rivera Chequeado por: Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache	

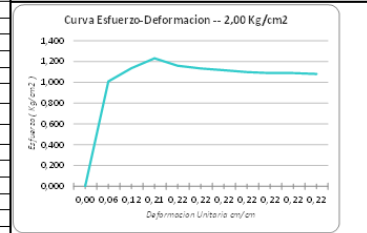
ENSAYO TRIAXIAL				Ubicación:	SPT4	Num. Ensayos:	1					
				Estrato:	El	Potencia:	1,50-3,00m					
Altura inicial de la muestra Ho =				7,8	cm	Tiempo:	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo	
Diámetro medio de la muestra Do =				3,57	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Área inicial de la muestra Ao =				8,92	cm2	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
Contenido de humedad W (%) =				38		1	0,030	3,057	0,06	33,490	0,341	
Observaciones:						3	0,042	4,280	0,19	46,284	0,472	
Esfuerzo de Falla:				σ <sub>Tl</sub>	0,572	Kg/cm2	5	0,046	4,687	0,32	50,036	0,510
Esfuerzo:				σ <sub>1</sub>	1,081	Kg/cm2	7	0,050	5,095	0,44	53,670	0,547
Esfuerzo de ensayo:				σ <sub>3</sub>	0,510	Kg/cm2	9	0,049	4,993	0,57	51,894	0,529
Origen:				O1	0,795	Kg/cm2	11	0,051	5,197	0,70	53,281	0,543
Radio:				R1	0,286	Kg/cm2	13	0,052	5,299	0,83	53,585	0,546
						15	0,053	5,401	0,95	53,855	0,549	
						17	0,056	5,706	1,08	56,101	0,572	
						19	0,056	5,706	1,21	55,298	0,563	
						21	0,057	5,808	1,34	55,468	0,565	



ENSAYO TRIAXIAL				Ubicación:	SPT4	Num. Ensayos:	2					
				Estrato:	El	Potencia:	1,50-3,00m					
Altura inicial de la muestra Ho =				7,8	cm	Tiempo:	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo	
Diámetro medio de la muestra Do =				3,52	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Área inicial de la muestra Ao =				9,73	cm2	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
Contenido de humedad W (%) =				48		1	0,034	3,465	0,06	41,154	0,419	
Observaciones:						3	0,041	4,178	0,20	48,955	0,499	
Esfuerzo de Falla:				σ <sub>Tl</sub>	0,628	Kg/cm2	5	0,044	4,484	0,33	53,344	0,544
Esfuerzo:				σ <sub>1</sub>	1,647	Kg/cm2	7	0,048	4,891	0,47	55,744	0,568
Esfuerzo de ensayo:				σ <sub>3</sub>	1,019	Kg/cm2	9	0,051	5,197	0,60	58,392	0,595
Origen:				O1	1,333	Kg/cm2	10	0,052	5,299	0,67	60,666	0,618
Radio:				R1	0,314	Kg/cm2	11	0,054	5,503	0,74	60,942	0,621
						12	0,055	5,605	0,80	61,620	0,628	
						13	0,050	5,095	0,87	55,608	0,567	
						15	0,043	4,382	1,01	47,123	0,480	

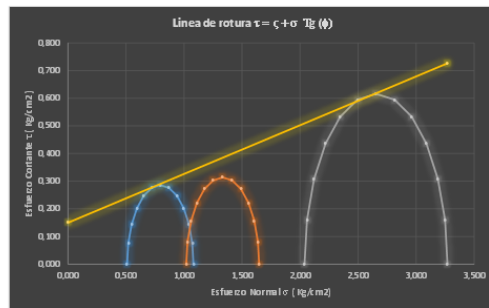


ENSAYO TRIAXIAL				Ubicación:	SPT4	Num. Ensayos:	3					
				Estrato:	El	Potencia:	1,50-3,00m					
Altura inicial de la muestra Ho =				7,9	cm	Tiempo:	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo	
Diámetro medio de la muestra Do =				3,8	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Área inicial de la muestra Ao =				11,34	cm2	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
Contenido de humedad W (%) =				48		1	0,113	11,515	0,06	99,047	1,009	
Observaciones:						2	0,129	13,143	0,12	111,484	1,136	
Esfuerzo de Falla:				σ <sub>Tl</sub>	1,232	Kg/cm2	3	0,140	14,266	0,21	120,902	1,232
Esfuerzo:				σ <sub>1</sub>	3,270	Kg/cm2	4	0,132	13,451	0,22	113,857	1,160
Esfuerzo de ensayo:				σ <sub>3</sub>	2,038	Kg/cm2	5	0,129	13,143	0,22	111,270	1,134
Origen:				O1	2,654	Kg/cm2	6	0,127	12,941	0,22	109,545	1,116
Radio:				R1	0,616	Kg/cm2	7	0,125	12,738	0,22	107,820	1,099
						8	0,124	12,636	0,22	106,957	1,090	
						9	0,124	12,636	0,22	106,957	1,090	
						10	0,123	12,534	0,22	106,094	1,081	



Variación de φ:			Variación de φ:			Variación de φ:		
15			15			15		
Origen:	O1 =	0,795	Origen:	O1 =	1,333	Origen:	O1 =	2,654
Radio:	R1 =	0,286	Radio:	R1 =	0,314	Radio:	R1 =	0,616
q	X	Y	q	X	Y	q	X	Y
0	0,510	0,000	0	1,019	0,000	0	2,038	0,000
15	0,519	0,074	15	1,030	0,081	15	2,059	0,159
30	0,548	0,143	30	1,061	0,157	30	2,121	0,308
45	0,593	0,202	45	1,111	0,222	45	2,218	0,436
60	0,652	0,248	60	1,176	0,272	60	2,346	0,533
75	0,721	0,276	75	1,252	0,305	75	2,495	0,595
90	0,795	0,286	90	1,333	0,314	90	2,654	0,616
105	0,869	0,276	105	1,414	0,303	105	2,813	0,595
120	0,938	0,248	120	1,490	0,272	120	2,962	0,533
135	0,997	0,202	135	1,555	0,222	135	3,090	0,436
150	1,043	0,143	150	1,605	0,157	150	3,187	0,308
165	1,071	0,074	165	1,636	0,081	165	3,249	0,159
180	1,081	0,000	180	1,647	0,000	180	3,270	0,000
Puntos de la Recta	0	0,15						
	3,270	0,727						

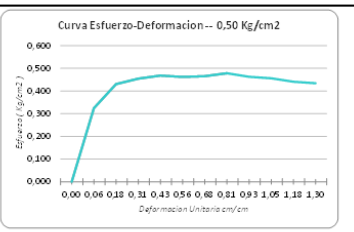
Fuerza de atracción entre partículas:	C <sub>s</sub> =	0,15 Kg/cm2	Den. Hum =	1,85	gr/cm3
Ángulo de Fricción Interna:	φ =	10 grados	Den. Sec =	1,28	gr/cm3



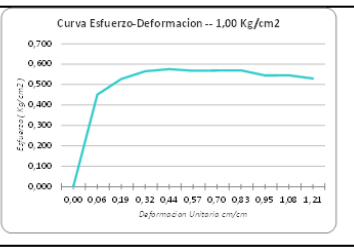
• SPT4-E2

Proyecto: "DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES EN EL BARRIO EMILIO SARAMENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO"			
Proyectistas: Xavier Delgado - Ronaldo Rivera			
Ensayo: Ensayo Triaxial		Fecha de muestreo: Xavier Delgado - Ronaldo Rivera	
Norma: ASTM D2850		Muestreado por: Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache	
Chequeado por:			

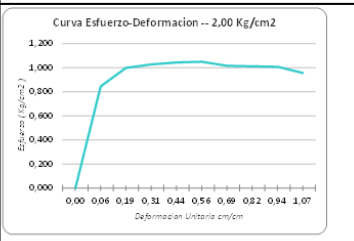
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT4	Num. Ensayos:	1				
Estratos:		E2	Potencia:	3,50-4,00m					
Altura inicial de la muestra Ho =	8	cm	Tiempo (Minutos)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (KPA)	Esfuerzo (Kg/cm2)	
Diametro medio de la muestra Do =	3,57	cm	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
Area inicial de la muestra Ao =	10,01	cm2	1	0,032	3,261	0,06	31,834	0,324	
Contenido de humedad W (%) =	37		3	0,043	4,382	0,18	42,244	0,430	
Observaciones:									
Esfuerzo de Falla:	σT1	0,478	Kg/cm2	5	0,046	4,687	0,31	44,619	0,455
Esfuerzo:	σ1	0,988	Kg/cm2	7	0,047	4,789	0,43	45,961	0,468
Esfuerzo de ensayo:	σ3	0,510	Kg/cm2	9	0,048	4,891	0,56	45,363	0,462
Origen	O1	0,749	Kg/cm2	11	0,049	4,993	0,68	45,698	0,466
Radio:	R1	0,239	Kg/cm2	13	0,050	5,095	0,81	46,928	0,478
				15	0,050	5,095	0,93	45,389	0,463
				17	0,050	5,095	1,05	44,766	0,456
				19	0,049	4,993	1,18	43,261	0,441
				21	0,049	4,993	1,30	42,651	0,435



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT4	Num. Ensayos:	2				
Estratos:		E2	Potencia:	3,50-4,00m					
Altura inicial de la muestra Ho =	7,8	cm	Tiempo (Minutos)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (KPA)	Esfuerzo (Kg/cm2)	
Diametro medio de la muestra Do =	3,74	cm	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
Area inicial de la muestra Ao =	10,99	cm2	1	0,049	4,993	0,06	44,287	0,451	
Contenido de humedad W (%) =	38		3	0,058	5,910	0,19	51,751	0,527	
Observaciones:									
Esfuerzo de Falla:	σT1	0,576	Kg/cm2	5	0,063	6,420	0,32	55,482	0,565
Esfuerzo:	σ1	1,595	Kg/cm2	7	0,065	6,624	0,44	56,489	0,576
Esfuerzo de ensayo:	σ3	1,019	Kg/cm2	9	0,065	6,624	0,57	55,734	0,568
Origen	O1	1,307	Kg/cm2	11	0,066	6,725	0,70	55,826	0,569
Radio:	R1	0,288	Kg/cm2	13	0,067	6,827	0,83	55,894	0,570
				15	0,065	6,624	0,95	53,475	0,545
				17	0,066	6,725	1,08	53,532	0,545
				19	0,065	6,624	1,21	51,966	0,530

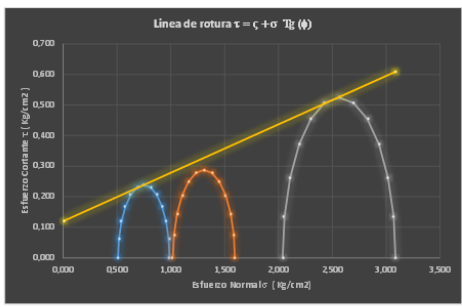


ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPT4	Num. Ensayos:	3				
Estratos:		E2	Potencia:	3,50-4,00m					
Altura inicial de la muestra Ho =	7,9	cm	Tiempo (Minutos)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (KPA)	Esfuerzo (Kg/cm2)	
Diametro medio de la muestra Do =	3,52	cm	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	
Area inicial de la muestra Ao =	9,73	cm2	1	0,081	8,254	0,06	82,881	0,845	
Contenido de humedad W (%) =	38		3	0,097	9,884	0,19	97,995	0,999	
Observaciones:									
Esfuerzo de Falla:	σT1	1,049	Kg/cm2	5	0,101	10,292	0,31	100,733	1,026
Esfuerzo:	σ1	3,087	Kg/cm2	7	0,104	10,598	0,44	102,376	1,043
Esfuerzo de ensayo:	σ3	2,038	Kg/cm2	9	0,106	10,801	0,56	102,970	1,049
Origen	O1	2,563	Kg/cm2	11	0,104	10,598	0,69	99,678	1,016
Radio:	R1	0,525	Kg/cm2	13	0,105	10,700	0,82	99,274	1,012
				15	0,106	10,801	0,94	98,845	1,007
				17	0,102	10,394	1,07	93,799	0,956



Variación de θ: 15			Variación de θ: 15			Variación de θ: 15		
Origen:	O1 =	0,749	Origen:	O1 =	1,307	Origen:	O1 =	2,563
Radio:	R1 =	0,239	Radio:	R1 =	0,288	Radio:	R1 =	0,525
q	X	Y	q	X	Y	q	X	Y
0	0,510	0,000	0	1,019	0,000	0	2,038	0,000
15	0,518	0,062	15	1,029	0,074	15	2,056	0,136
30	0,542	0,120	30	1,058	0,144	30	2,108	0,262
45	0,580	0,169	45	1,103	0,204	45	2,192	0,371
60	0,629	0,207	60	1,163	0,249	60	2,300	0,454
75	0,687	0,231	75	1,232	0,278	75	2,427	0,507
90	0,749	0,239	90	1,307	0,288	90	2,563	0,525
105	0,810	0,231	105	1,381	0,278	105	2,698	0,507
120	0,868	0,207	120	1,451	0,249	120	2,825	0,454
135	0,918	0,169	135	1,510	0,204	135	2,934	0,371
150	0,956	0,120	150	1,556	0,144	150	3,017	0,262
165	0,980	0,062	165	1,585	0,074	165	3,069	0,136
180	0,988	0,000	180	1,595	0,000	180	3,087	0,000
Puntos de la Recta			0			0,12		
			3,087			0,609		

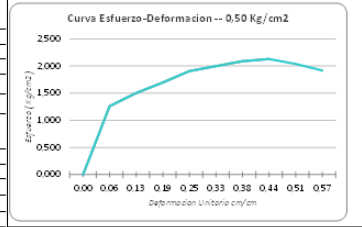
Fuerza de atracción entre partículas:	C <sub>s</sub> =	0,12 Kg/cm2	Den. Hum =	1,79	gr/cm3
Angulo de Fricción Interna:	φ =	9 grados	Den. Sec =	1,3	gr/cm3



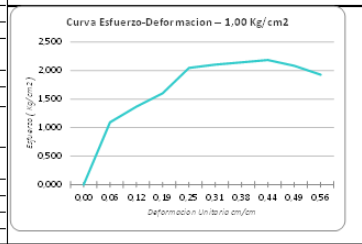
● SPT5-E1

Proyecto: <b>DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA TIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMLIO SARMENTO, EN FUNCION DE LAS PROPIEDADES GEO-MECANICAS DEL SUBSUELO.</b>			
Proyectista: <b>Xavier Delgado - Ronaldo Rivera</b>			
Ensayo: <b>Ensayo Triaxial</b>		Fecha de muestreo:	
Norma: <b>ASTM D2850</b>		Muestreado por: <b>Xavier Delgado - Ronaldo Rivera</b>	
		Chequeado por: <b>Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache</b>	

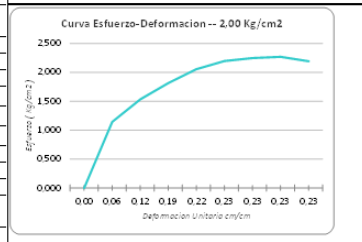
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación: <b>SPTS</b>	Num. Ensayo: <b>1</b>		Potencia: <b>2,00-2,50m</b>			
Estrato: <b>E1</b>								
Altura inicial de la muestra Ho =	7,8	cm	Tiempo (Minutos)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (KPA)	Esfuerzo (Kg/cm2)
Diametro medio de la muestra Do =	3,57	cm	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Area inicial de la muestra Ao =	10,01	cm2	1	0,125	12,738	0,06	123,760	1,261
Contenido de humedad W (%) =	38		2	0,140	15,183	0,13	147,522	1,503
Observaciones:								
Esfuerzo de Falla:	OTI	2,129	3	0,168	17,119	0,19	166,333	1,695
Esfuerzo:	OTI	2,638	4	0,189	19,259	0,25	187,125	1,907
Esfuerzo de ensayo:	G3	0,510	5	0,198	20,176	0,33	196,036	1,998
Origen:	O1	1,574	6	0,207	21,093	0,38	204,946	2,088
Radio:	R1	1,064	7	0,211	21,501	0,44	208,907	2,129
			8	0,202	20,584	0,51	199,996	2,038
			9	0,190	19,361	0,57	188,115	1,917



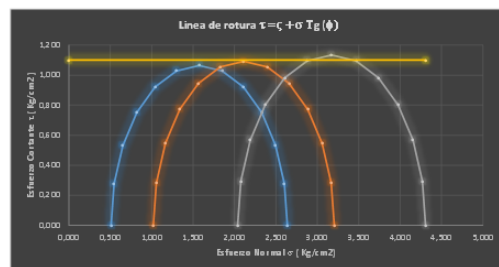
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación: <b>SPTS</b>	Num. Ensayo: <b>2</b>		Potencia: <b>2,00-2,50m</b>			
Estrato: <b>E1</b>								
Altura inicial de la muestra Ho =	7,9	cm	Tiempo (Minutos)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (KPA)	Esfuerzo (Kg/cm2)
Diametro medio de la muestra Do =	3,45	cm	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Area inicial de la muestra Ao =	9,35	cm2	1	0,099	10,088	0,06	107,296	1,093
Contenido de humedad W (%) =	41		2	0,124	12,636	0,12	124,079	1,366
Observaciones:								
Esfuerzo de Falla:	OTI	2,185	3	0,146	14,877	0,19	157,189	1,602
Esfuerzo:	G1	3,204	4	0,187	19,955	0,25	200,858	2,047
Esfuerzo de ensayo:	G3	1,019	5	0,194	19,769	0,31	206,493	2,104
Origen:	O1	2,111	6	0,199	20,278	0,38	210,485	2,145
Radio:	R1	1,092	7	0,204	20,788	0,44	214,381	2,185
			8	0,195	19,871	0,49	204,379	2,083
			9	0,182	18,546	0,56	189,172	1,928



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación: <b>SPTS</b>	Num. Ensayo: <b>3</b>		Potencia: <b>2,00-2,50m</b>			
Estrato: <b>E1</b>								
Altura inicial de la muestra Ho =	7,9	cm	Tiempo (Minutos)	Carga (KN)	Carga (Kg)	Deformación Unitaria	Esfuerzo (KPA)	Esfuerzo (Kg/cm2)
Diametro medio de la muestra Do =	3,37	cm	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Area inicial de la muestra Ao =	8,92	cm2	1	0,101	10,292	0,06	112,203	1,143
Contenido de humedad W (%) =	39		2	0,136	13,858	0,12	150,348	1,532
Observaciones:								
Esfuerzo de Falla:	OTI	2,269	3	0,162	16,508	0,19	178,061	1,814
Esfuerzo:	G1	4,307	3,30	0,184	18,750	0,22	201,620	2,055
Esfuerzo de ensayo:	G3	2,038	4	0,196	19,972	0,23	215,564	2,197
Origen:	O1	3,172	4,45	0,201	20,482	0,23	220,451	2,246
Radio:	R1	1,134	5	0,203	20,686	0,23	222,644	2,269
			5,30	0,196	19,972	0,23	214,967	2,191



Variación de $\theta$ : 15			Variación de $\theta$ : 15			Variación de $\theta$ : 15		
Origen:	O1 = 1,574		Origen:	O1 = 2,111		Origen:	O1 = 3,172	
Radio:	R1 = 1,064		Radio:	R1 = 1,092		Radio:	R1 = 1,134	
q	X	Y	q	X	Y	q	X	Y
0	0,510	0,000	0	1,019	0,000	0	2,038	#NUM!
15	0,546	0,275	15	1,056	0,283	15	2,077	0,294
30	0,652	0,532	30	1,165	0,546	30	2,190	0,567
45	0,821	0,753	45	1,339	0,772	45	2,370	0,802
60	1,042	0,922	60	1,565	0,946	60	2,605	0,982
75	1,298	1,028	75	1,829	1,055	75	2,879	1,096
90	1,574	1,064	90	2,111	1,092	90	3,172	1,134
105	1,849	1,028	105	2,394	1,055	105	3,466	1,096
120	2,106	0,922	120	2,657	0,946	120	3,740	0,982
135	2,327	0,753	135	2,884	0,772	135	3,974	0,802
150	2,496	0,532	150	3,057	0,546	150	4,155	0,567
165	2,602	0,275	165	3,166	0,283	165	4,268	0,294
180	2,638	0,000	180	3,204	0,000	180	4,307	#NUM!
Puntos de la Recta								
	0	1,1						
	4,307	1,100						

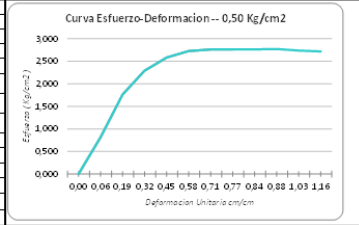


Fuerza de atracción entre partículas:	$C =$	1,1	Kg/cm2	Den. Hum =	1,89	gr/cm3
Angulo de Fricción Interna:	$\phi =$	0	grados	Den. Sec =	1,3	gr/cm3

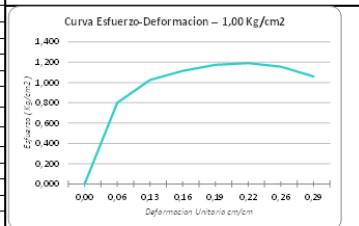
• SPT5-E2

Proyecto: "DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMENTO, EN FUNCION DE LAS PROPIEDADES GEO-MECANICAS DEL SUBSUELO."			
Proyectista: Xavier Delgado - Ronaldo Rivera			
Ensayo: Ensayo Triaxial		Fecha de muestreo: Xavier Delgado - Ronaldo Rivera	
Norma: ASTM D2850		Muestreado por: Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almacha	
Chequeado por:			

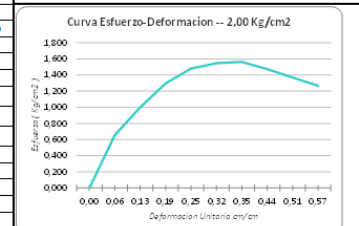
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPTS	Num. Ensayos:	1				
		Estrato:	E2	Potencia:	3,00-3,50m				
Altura inicial de la muestra Ho =		7,7	cm	Tiempo:	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo
Diámetro medio de la muestra Do =		3,4	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Área inicial de la muestra Ao =		9,08	cm <sup>2</sup>	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Contenido de humedad W (%) =		32		1	0,074	7,541	0,06	79,912	0,814
Observaciones:				3	0,161	16,406	0,19	172,871	1,762
Esfuerzo de Falla:	σT1	2,774	Kg/cm <sup>2</sup>	5	0,211	21,501	0,32	224,986	2,293
Esfuerzo:	σ1	3,283	Kg/cm <sup>2</sup>	7	0,241	24,558	0,45	253,542	2,584
Esfuerzo de ensayo:	σ3	0,510	Kg/cm <sup>2</sup>	9	0,258	26,290	0,58	267,752	2,728
Origen:	O1	1,896	Kg/cm <sup>2</sup>	11	0,265	27,004	0,71	271,242	2,764
Radio:	R1	1,387	Kg/cm <sup>2</sup>	12	0,267	27,207	0,77	271,388	2,765
				13	0,269	27,411	0,84	271,506	2,767
				14	0,271	27,615	0,88	272,188	2,774
				16	0,272	27,717	1,03	268,744	2,739
				18	0,274	27,921	1,16	266,817	2,719



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPTS	Num. Ensayos:	2				
		Estrato:	E2	Potencia:	3,00-3,50m				
Altura inicial de la muestra Ho =		7,7	cm	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo	
Diámetro medio de la muestra Do =		3,5	cm	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)	
Área inicial de la muestra Ao =		9,62	cm <sup>2</sup>	0	0,000	0,000	0,00	0,000	
Contenido de humedad W (%) =		35		1	0,076	7,744	0,06	78,510	0,800
Observaciones:				2	0,098	9,986	0,13	100,578	1,025
Esfuerzo de Falla:	σT1	1,191	Kg/cm <sup>2</sup>	2:30	0,107	10,903	0,16	109,459	1,115
Esfuerzo:	σ1	2,210	Kg/cm <sup>2</sup>	3	0,113	11,515	0,19	115,222	1,174
Esfuerzo de ensayo:	σ3	1,019	Kg/cm <sup>2</sup>	3:30	0,115	11,719	0,22	116,921	1,191
Origen:	O1	1,615	Kg/cm <sup>2</sup>	4	0,112	11,413	0,26	113,449	1,156
Radio:	R1	0,596	Kg/cm <sup>2</sup>	4:30	0,103	10,496	0,29	103,983	1,060

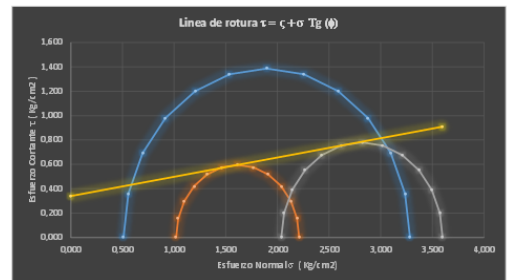


ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPTS	Num. Ensayos:	3				
		Estrato:	E2	Potencia:	3,00-3,50m				
Altura inicial de la muestra Ho =		7,8	cm	Tiempo:	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo
Diámetro medio de la muestra Do =		3,43	cm	(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Área inicial de la muestra Ao =		9,24	cm <sup>2</sup>	0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Contenido de humedad W (%) =		32		1	0,060	6,114	0,06	64,432	0,657
Observaciones:				2	0,093	9,477	0,13	98,161	1,000
Esfuerzo de Falla:	σT1	1,561	Kg/cm <sup>2</sup>	3	0,120	12,228	0,19	127,209	1,296
Esfuerzo:	σ1	3,599	Kg/cm <sup>2</sup>	4	0,138	14,062	0,25	145,339	1,481
Esfuerzo de ensayo:	σ3	2,038	Kg/cm <sup>2</sup>	5	0,145	14,776	0,32	151,711	1,546
Origen:	O1	2,819	Kg/cm <sup>2</sup>	6	0,147	14,979	0,35	153,203	1,561
Radio:	R1	0,781	Kg/cm <sup>2</sup>	7	0,140	14,266	0,44	144,549	1,473
				8	0,131	13,349	0,51	134,354	1,369
				9	0,121	12,330	0,57	124,291	1,267



Variación de θ:	15			Variación de θ:	15			Variación de θ:	15		
Origen:	O1 =	1,896		Origen:	O1 =	1,615		Origen:	O1 =	2,819	
Radio:	R1 =	1,387		Radio:	R1 =	0,596		Radio:	R1 =	0,781	
q	X	Y	q	X	Y	q	X	Y	q	X	Y
0	0,510	0,000	0	1,019	0,000	0	2,038	#NUM!			
15	0,557	0,359	15	1,039	0,154	15	2,065	0,202			
30	0,695	0,693	30	1,099	0,298	30	2,143	0,390			
45	0,916	0,981	45	1,193	0,421	45	2,267	0,552			
60	1,203	1,201	60	1,317	0,516	60	2,428	0,676			
75	1,537	1,340	75	1,461	0,575	75	2,617	0,754			
90	1,896	1,387	90	1,615	0,596	90	2,819	0,781			
105	2,255	1,340	105	1,769	0,575	105	3,021	0,754			
120	2,590	1,201	120	1,913	0,516	120	3,209	0,676			
135	2,877	0,981	135	2,036	0,421	135	3,371	0,552			
150	3,097	0,693	150	2,131	0,298	150	3,495	0,390			
165	3,236	0,359	165	2,190	0,154	165	3,573	0,202			
180	3,283	0,000	180	2,210	0,000	180	3,599	#NUM!			
Puntos de la Recta	0	0,34									
	3,599	0,910									

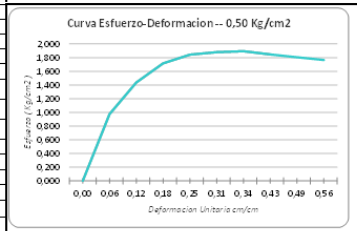
Fuerza de atracción entre partículas:	C =	0,34 Kg/cm <sup>2</sup>	Den. Hum =	1,94	gr/cm <sup>3</sup>
Ángulo de Fricción Interna:	φ =	9 grados	Den. Sec =	1,46	gr/cm <sup>3</sup>



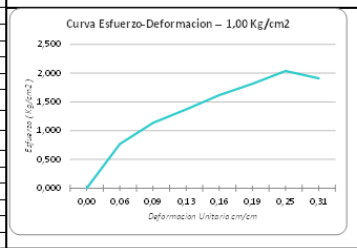
• SPT5-E3

Proyecto: "DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARGENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO"			
Proyectistas: Xavier Delgado - Ronaldo Rivera			
Ensayo: Ensayo Triaxial		Fecha de muestreo: Xavier Delgado - Ronaldo Rivera	
Norma: ASTM D2850		Muestreado por: Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache	
Chequeado por:			

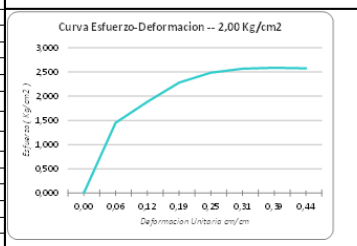
ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPTS	Num. Ensayos:	1				
		Estrato:	EB	Potencia:	4,00-4,50m				
Altura inicial de la muestra Ho =	8	cm		Tiempo	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo
Diametro medio de la muestra Do =	3,58	cm		(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Area inicial de la muestra Ao =	10,07	cm2		0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Contenido de humedad W (%) =	36			1	0,098	9,986	0,06	95,641	0,975
Observaciones:				2	0,145	14,776	0,12	141,093	1,438
Esfuerzo de Falla:	$\sigma_{T1}$	1,894	Kg/cm2	3	0,174	17,731	0,18	168,440	1,716
Esfuerzo:	$\sigma_1$	2,404	Kg/cm2	4	0,187	19,055	0,25	180,917	1,844
Esfuerzo de ensayo:	$\sigma_3$	0,510	Kg/cm2	5	0,192	19,565	0,31	184,569	1,881
Origen	O1	1,457	Kg/cm2	6	0,194	19,769	0,34	185,873	1,894
Radio:	R1	0,947	Kg/cm2	7	0,191	19,463	0,43	181,250	1,847
				8	0,188	19,157	0,49	177,243	1,806
				9	0,185	18,852	0,56	173,273	1,766



ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPTS	Num. Ensayos:	2				
		Estrato:	EB	Potencia:	4,00-4,50m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,9	cm		Tiempo	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo
Diametro medio de la muestra Do =	3,27	cm		(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Area inicial de la muestra Ao =	8,40	cm2		0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Contenido de humedad W (%) =	35			1	0,069	0,129	0,06	75,545	0,770
Observaciones:				1,30	0,103	0,139	0,09	111,400	1,135
Esfuerzo de Falla:	$\sigma_{T1}$	2,038	Kg/cm2	2	0,125	0,145	0,13	134,473	1,370
Esfuerzo:	$\sigma_1$	3,057	Kg/cm2	2,30	0,148	0,145	0,16	158,958	1,620
Esfuerzo de ensayo:	$\sigma_3$	1,019	Kg/cm2	3	0,167	0,144	0,19	178,218	1,816
Origen	O1	2,038	Kg/cm2	4	0,189	0,141	0,25	199,981	2,038
Radio:	R1	1,019	Kg/cm2	5	0,178	0,133	0,31	187,487	1,910

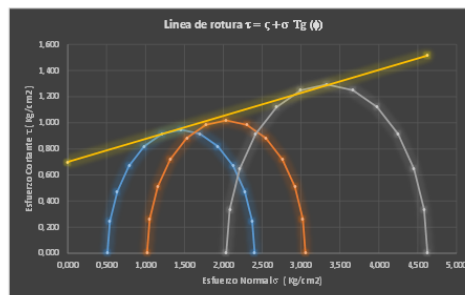


ENSAYO TRIAXIAL		Ubicación:	SPTS	Num. Ensayos:	3				
		Estrato:	EB	Potencia:	4,00-4,50m				
Altura inicial de la muestra Ho =	7,9	cm		Tiempo	Carga	Carga	Deformacion	Esfuerzo	Esfuerzo
Diametro medio de la muestra Do =	3,4	cm		(Minutos)	(KN)	(Kg)	Unitaria	(KPA)	(Kg/cm2)
Area inicial de la muestra Ao =	9,08	cm2		0	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000
Contenido de humedad W (%) =	38			1	0,130	13,247	0,06	142,332	1,450
Observaciones:				2	0,171	17,425	0,12	184,946	1,885
Esfuerzo de Falla:	$\sigma_{T1}$	2,588	Kg/cm2	3	0,208	21,195	0,19	223,763	2,280
Esfuerzo:	$\sigma_1$	4,626	Kg/cm2	4	0,227	23,131	0,25	243,807	2,484
Esfuerzo de ensayo:	$\sigma_3$	2,038	Kg/cm2	5	0,236	24,048	0,31	251,833	2,566
Origen	O1	3,332	Kg/cm2	6	0,240	24,456	0,39	253,944	2,588
Radio:	R1	1,294	Kg/cm2	7	0,240	24,456	0,44	252,791	2,576



Variacion de $\theta$ :	15		Variacion de $\theta$ :	15		Variacion de $\theta$ :	15	
Origen:	O1 =	1,457	Origen:	O1 =	2,038	Origen:	O1 =	3,332
Radio:	R1 =	0,947	Radio:	R1 =	1,019	Radio:	R1 =	1,294
q	X	Y	q	X	Y	q	X	Y
0	0,510	0,000	0	1,019	0,000	0	2,038	0,000
15	0,542	0,245	15	1,054	0,264	15	2,082	0,335
30	0,636	0,474	30	1,156	0,509	30	2,211	0,647
45	0,787	0,670	45	1,317	0,720	45	2,417	0,915
60	0,983	0,820	60	1,528	0,882	60	2,685	1,121
75	1,211	0,915	75	1,774	0,984	75	2,997	1,250
90	1,457	0,947	90	2,038	1,019	90	3,332	1,294
105	1,702	0,915	105	2,302	0,984	105	3,667	1,250
120	1,930	0,820	120	2,547	0,882	120	3,979	1,121
135	2,126	0,670	135	2,758	0,720	135	4,247	0,915
150	2,277	0,474	150	2,920	0,509	150	4,452	0,647
165	2,371	0,245	165	3,022	0,264	165	4,582	0,335
180	2,404	0,000	180	3,057	0,000	180	4,626	0,000
Puntos de la Recta	0	0,7						
	4,626	1,516						

Fuerza de atraccion entre particulas:	$c =$	0,7 Kg/cm2	Den. Hum =	1,94	gr/cm3
Angulo de Fricion Interna:	$\phi =$	10 grados	Den. Sec =	1,43	gr/cm3



**ANEXO 7: Hoja modelo y cálculo en Excel de la capacidad de carga de los suelos.**

- Modelo de hoja en Excel para determinar la capacidad de carga de los suelos.

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMLIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por:		Xavier Delgado - Ronaldo Rivera			
			Chequeado por:		Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache				
Numero de SPT									
Profundidad de extraccion									
Numero de Golpes (N60)									
Datos del suelo				Terzaghi Corte General		Terzaghi Corte Local			
Peso especifico del suelo	$\gamma =$		Tn/m <sup>3</sup>	Nc	5,7	Nc	5,7		
Profundidad de cimentacion	Df =		m	Nq	1	Nq	1		
q	y. Df =		Tn / m <sup>2</sup>	Ny	0	Ny	0		
Cohesion	$\zeta =$		Tn / m <sup>2</sup>	Nivel Freatico					
Angulo de friccion	$\phi =$		grados						
Factor de Seguridad	FS	3	NEC	Prof. (m)		-	m		
				Caso 1		q	-		
				Caso 2		y	f(B)		
<b>Terzaghi Corte General</b>									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00
0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
0,00	1,60	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00
0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00
	q adm. =	0,00	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	0,00	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	0,00	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Terzaghi Corte Local y Punzonamiento</b>									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00
0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
0,00	1,60	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00
0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00
	q adm. =	0,00	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	0,00	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	0,00	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ecuacion de Skempton</b>									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
0,0	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00
0,0	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
0,0	1,60	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00
0,0	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00
0,0	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00
	q adm. =	0,00	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	0,00	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	0,00	Kg/cm <sup>2</sup>

- SPT1-E1

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera				
				Chequeado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache				
Numero de SPT				<b>1</b>					
Profundidad de extraccion				<b>1,50 m - 2,00 m</b>					
Numero de Golpes (N60)				<b>12</b>					
Datos del suelo				Terzaghi Corte General		Terzaghi Corte Local			
Peso especifico del suelo	$\gamma =$	1,92	Tn/m <sup>3</sup>	Nc	14,6	Nc	10,47		
Profundidad de cimentacion	Df =	2	m	Nq	5,45	Nq	3,13		
q	y. Df =	3,84	Tn / m <sup>2</sup>	Ny	2,18	Ny	2,18		
Cohesion	$\zeta =$	1	Tn / m <sup>2</sup>	Nivel Freatico					
Angulo de friccion	$\phi =$	17	grados	<b>NO</b>					
Factor de Seguridad	FS	3	NEC	Prof. (m)	D1	-	m		
				Caso 1	<b>NO</b>	q	-		
				Caso 2	<b>NO</b>	y	f (B)		
<b>Terzaghi Corte General</b>									
<i>No aplica</i>									
<b>Terzaghi Corte Local y Punzonamiento</b>									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
2,67	0,75	20,57	6,86	0,75	22,35	7,45	0,75	22,04	7,35
2,00	1,00	21,10	7,03	1,00	22,77	7,59	1,00	22,35	7,45
1,25	1,60	22,35	7,45	1,60	23,78	7,93	1,60	23,11	7,70
1,00	2,00	23,19	7,73	2,00	24,45	8,15	2,00	23,61	7,87
0,80	2,50	24,23	8,08	2,50	25,28	8,43	2,50	24,24	8,08
	q adm. =	0,74	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	0,79	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	0,77	Kg/cm <sup>2</sup>
Ecuacion de Skempton									
<i>No aplica</i>									

- SPT2-E1

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera				
				Chequeado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache				
Numero de SPT				<b>2</b>					
Profundidad de extraccion				<b>1,50 m - 2,00 m</b>					
Numero de Golpes (N60)				<b>9</b>					
Datos del suelo				Terzaghi Corte General		Terzaghi Corte Local			
Peso especifico del suelo	$\gamma =$	1,92	Tn/m <sup>3</sup>	Nc	25,12	N'c	14,8		
Profundidad de cimentacion	Df =	2	m	Nq	12,72	N'q	5,6		
q	y. Df =	3,84	Tn / m <sup>2</sup>	Ny	8,34	N'y	8,34		
Cohesion	$\zeta =$	4	Tn / m <sup>2</sup>	Nivel Freatico					
Angulo de friccion	$\phi =$	25	grados	<b>SI</b>					
Factor de Seguridad	FS	3	NEC	Prof. (m)	D1	3	m		
				Caso 1	<b>NO</b>	q	-		
				Caso 2	<b>SI</b>	y	f (B)		
<b>Terzaghi Corte General</b>									
<i>No aplica</i>									
<b>Terzaghi Corte Local y Punzonamiento</b>									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
2,67	0,75	68,60	22,87	0,75	78,92	26,31	0,75	77,40	25,80
2,00	1,00	69,75	23,25	1,00	79,84	26,61	1,00	78,08	26,03
1,25	1,60	72,50	24,17	1,60	82,04	27,35	1,60	79,74	26,58
1,00	2,00	74,33	24,78	2,00	83,51	27,84	2,00	80,84	26,95
0,80	2,50	76,63	25,54	2,50	85,34	28,45	2,50	82,21	27,40
	q adm. =	2,41	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	2,73	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	2,66	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ecuacion de Skempton</b>									
<i>No aplica</i>									

- SPT2-E2

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera				
				Chequeado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache				
Numero de SPT				<b>2</b>					
Profundidad de extraccion				<b>2,50 m - 3,00 m</b>					
Numero de Golpes (N60)				<b>13</b>					
Datos del suelo				Terzaghi Corte General		Terzaghi Corte Local			
Peso especifico del suelo	$\gamma =$	1,94	Tn/m <sup>3</sup>	Nc	9,61	N'c	8,02		
Profundidad de cimentacion	Df =	2,75	m	Nq	2,69	N'q	1,94		
q	y. Df =	5,335	Tn / m <sup>2</sup>	Ny	0,56	N'y	0,56		
Cohesion	$\zeta =$	10	Tn / m <sup>2</sup>	Nivel Freatico					
Angulo de friccion	$\phi =$	10	grados	<b>SI</b>					
Factor de Seguridad	FS	3	NEC	Prof. (m)	D1	3	m		
				Caso 1	<b>NO</b>	q	-		
				Caso 2	<b>SI</b>	y	f (B)		
<b>Terzaghi Corte General</b>									
<i>No aplica</i>									
<b>Terzaghi Corte Local y Punzonamiento</b>									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q a (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q a (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
3,67	0,75	64,14	21,38	0,75	80,12	26,71	0,75	80,06	26,69
2,75	1,00	64,22	21,41	1,00	80,19	26,73	1,00	80,11	26,70
1,72	1,60	64,41	21,47	1,60	80,33	26,78	1,60	80,22	26,74
1,38	2,00	64,53	21,51	2,00	80,43	26,81	2,00	80,29	26,76
1,10	2,50	64,68	21,56	2,50	80,56	26,85	2,50	80,39	26,80
	q adm. =	2,15	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	2,68	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	2,67	Kg/cm <sup>2</sup>
Ecuacion de Skempton									
<i>No aplica</i>									

- SPT2-E3

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera				
				Chequeado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache				
Numero de SPT				2					
Profundidad de extraccion				3,50 m - 4,00 m					
Numero de Golpes (N60)				14					
Datos del suelo				Terzaghi Corte General		Terzaghi Corte Local			
Peso especifico del suelo	$\gamma =$	1,99	Tn/m <sup>3</sup>	Nc	5,7	N'c	5,7		
Profundidad de cimentacion	Df =	3,75	m	Nq	1	N'q	1		
q	y. Df =	7,4625	Tn / m <sup>2</sup>	Ny	0	N'y	0		
Cohesion	$\zeta =$	11	Tn / m <sup>2</sup>	Nivel Freatico					
Angulo de friccion	$\phi =$	0	grados	SI					
Factor de Seguridad	FS	3	NEC	Prof. (m)	D1	3	m		
				Caso 1	SI	q (Tn/m2)	6,795		
				Caso 2	NO	y (Tn/m3)	f (B)		
Terzaghi Corte General									
No aplica									
Terzaghi Corte Local y Punzonamiento									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
5,00	0,75	48,62	16,21	0,75	61,16	20,39	0,75	61,16	20,39
3,75	1,00	48,62	16,21	1,00	61,16	20,39	1,00	61,16	20,39
2,34	1,60	48,62	16,21	1,60	61,16	20,39	1,60	61,16	20,39
1,88	2,00	48,62	16,21	2,00	61,16	20,39	2,00	61,16	20,39
0,38	10,00	48,62	16,21	2,50	61,16	20,39	2,50	61,16	20,39
	q adm. =	1,62	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	2,04	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	2,04	Kg/cm <sup>2</sup>
Ecuacion de Skempton									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
5,0	0,75	89,30	29,77	0,75	105,80	35,27	0,75	105,80	35,27
3,8	1,00	89,08	29,69	1,00	105,36	35,12	1,00	105,36	35,12
2,3	1,60	84,90	28,30	1,60	100,52	33,51	1,60	100,52	33,51
1,9	2,00	83,25	27,75	2,00	98,54	32,85	2,00	98,54	32,85
1,5	2,50	80,72	26,91	2,50	94,80	31,60	2,50	94,80	31,60
	q adm. =	2,85	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	3,37	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	3,37	Kg/cm <sup>2</sup>

- SPT3-E1

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por: Xavier Delgado - Ronaldo Rivera					
			Chequeado por: Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache						
Numero de SPT			3						
Profundidad de extraccion			1,50 m - 2,00 m						
Numero de Golpes (N60)			9						
Datos del suelo			Terzaghi Corte General		Terzaghi Corte Local				
Peso específico del suelo	$\gamma =$	1,88	Tn/m <sup>3</sup>	Nc	5,7	N'c	5,7		
Profundidad de cimentacion	Df =	2	m	Nq	1	N'q	1		
q	y. Df =	3,76	Tn / m <sup>2</sup>	Ny	0	N'y	0		
Cohesion	$\zeta =$	6	Tn / m <sup>2</sup>	Nivel Freatico					
Angulo de friccion	$\phi =$	0	grados	NO					
Factor de Seguridad	FS	3	NEC	Prof. (m)	D1	-	m		
			Caso 1	NO	q (Tn/m2)	-			
			Caso 2	NO	y (Tn/m3)	f (B)			
Terzaghi Corte General									
No aplica									
Terzaghi Corte Local y Punzonamiento									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
2,67	0,75	26,57	8,86	0,75	33,41	11,14	0,75	33,41	11,14
2,00	1,00	26,57	8,86	1,00	33,41	11,14	1,00	33,41	11,14
1,25	1,60	26,57	8,86	1,60	33,41	11,14	1,60	33,41	11,14
1,00	2,00	26,57	8,86	2,00	33,41	11,14	2,00	33,41	11,14
0,20	10,00	26,57	8,86	2,50	33,41	11,14	2,50	33,41	11,14
	q adm. =	0,89	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	1,11	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	1,11	Kg/cm <sup>2</sup>
Ecuacion de Skempton									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
2,7	0,75	47,56	15,85	0,75	55,96	18,65	0,75	55,96	18,65
2,0	1,00	45,76	15,25	1,00	54,16	18,05	1,00	54,16	18,05
1,3	1,60	43,36	14,45	1,60	51,16	17,05	1,60	51,16	17,05
1,0	2,00	42,16	14,05	2,00	49,96	16,65	2,00	49,96	16,65
0,8	2,50	41,26	13,75	2,50	48,46	16,15	2,50	48,46	16,15
	q adm. =	1,47	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	1,73	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	1,73	Kg/cm <sup>2</sup>

- SPT3-E2

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por:		Xavier Delgado - Ronaldo Rivera			
				Chequeado por:		Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache			
Numero de SPT				3					
Profundidad de extraccion				2,50 m - 3,00 m					
Numero de Golpes (N60)				18					
Datos del suelo				Terzaghi Corte General		Terzaghi Corte Local			
Peso especifico del suelo	$\gamma =$	1,8	Tn/m <sup>3</sup>	Nc	5,7	N'c	5,7		
Profundidad de cimentacion	Df=	2,75	m	Nq	1	N'q	1		
q	y. Df=	4,95	Tn / m <sup>2</sup>	Ny	0	N'y	0		
Cohesion	$\zeta =$	10	Tn / m <sup>2</sup>	Nivel Freatico					
Angulo de friccion	$\phi =$	0	grados	NO					
Factor de Seguridad	FS	3	NEC	Prof. (m)	D1	-	m		
				Caso 1	NO	q	-		
				Caso 2	NO	y	f (B)		
<b>Terzaghi Corte General</b>									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
3,67	0,75	61,95	20,65	0,75	79,05	26,35	0,75	79,05	26,35
2,75	1,00	61,95	20,65	1,00	79,05	26,35	1,00	79,05	26,35
1,72	1,60	61,95	20,65	1,60	79,05	26,35	1,60	79,05	26,35
1,38	2,00	61,95	20,65	2,00	79,05	26,35	2,00	79,05	26,35
1,10	2,50	61,95	20,65	2,50	79,05	26,35	2,50	79,05	26,35
	q adm. =	2,07	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	2,64	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	2,64	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Terzaghi Corte Local y Punzonamiento</b>									
<i>No Aplica</i>									
<b>Ecuacion de Skempton</b>									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
3,7	0,75	79,65	26,55	0,75	94,45	31,48	0,75	94,45	31,48
2,8	1,00	78,45	26,15	1,00	92,25	30,75	1,00	92,25	30,75
1,7	1,60	73,25	24,42	1,60	86,95	28,98	1,60	86,95	28,98
1,4	2,00	71,45	23,82	2,00	84,45	28,15	2,00	84,45	28,15
1,1	2,50	69,45	23,15	2,50	82,45	27,48	2,50	82,45	27,48
	q adm. =	2,48	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	2,94	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	2,94	Kg/cm <sup>2</sup>

- SPT3-E3

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera				
				Chequeado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache				
Numero de SPT				3					
Profundidad de extraccion				3,50 m - 4,00 m					
Numero de Golpes (N60)				20					
Datos del suelo				Terzaghi Corte General		Terzaghi Corte Local			
Peso especifico del suelo	$\gamma =$	1,79	$Tn/m^3$	$Nc$	7,34	$N'c$	6,74		
Profundidad de cimentacion	$Df =$	3,75	m	$Nq$	1,64	$N'q$	1,39		
$q$	y. $Df =$	6,7125	$Tn/m^2$	$Ny$	0,14	$N'y$	0,14		
Cohesion	$\zeta =$	3,8	$Tn/m^2$	Nivel Freatico					
Angulo de friccion	$\phi =$	5	grados	NO					
Factor de Seguridad	$FS$	3	NEC	Prof. (m)	D1	-	m		
				Caso 1	NO	q	-		
				Caso 2	NO	y	f(B)		
Terzaghi Corte General									
Relacion $Df/B$	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	$q_u$ ( $Tn/m^2$ )	$q_{adm.}$ ( $Tn/m^2$ )	B (m)	$q_u$ ( $Tn/m^2$ )	$q_{adm.}$ ( $Tn/m^2$ )	D (m)	$q_u$ ( $Tn/m^2$ )	$q_{adm.}$ ( $Tn/m^2$ )
5,00	0,75	38,99	13,00	0,75	47,34	15,78	0,75	47,32	15,77
3,75	1,00	39,03	13,01	1,00	47,37	15,79	1,00	47,34	15,78
2,34	1,60	39,10	13,03	1,60	47,43	15,81	1,60	47,39	15,80
1,88	2,00	39,15	13,05	2,00	47,47	15,82	2,00	47,42	15,81
1,50	2,50	39,21	13,07	2,50	47,52	15,84	2,50	47,46	15,82
	$q_{adm.} =$	1,30	$Kg/cm^2$	$q_{adm.} =$	1,58	$Kg/cm^2$	$q_{adm.} =$	1,58	$Kg/cm^2$
Terzaghi Corte Local y Punzonamiento									
No Aplica									
Ecuacion de Skempton									
No Aplica									

- SPT4-E1

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera				
				Chequeado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache				
Numero de SPT				<b>4</b>					
Profundidad de extraccion				<b>1,50 m - 2,00 m</b>					
Numero de Golpes (N60)				<b>8</b>					
<b>Datos del suelo</b>				<b>Terzaghi Corte General</b>		<b>Terzaghi Corte Local</b>			
Peso específico del suelo	$\gamma =$	1,85	Tn/m <sup>3</sup>	Nc	9,61	N'c	8,02		
Profundidad de cimentacion	Df =	2	m	Nq	2,69	N'q	1,94		
q	y. Df =	3,7	Tn / m <sup>2</sup>	Ny	0,56	N'y	0,56		
Cohesion	$\zeta =$	1,5	Tn / m <sup>2</sup>	<b>Nivel Freatico</b>					
Angulo de friccion	$\phi =$	10	grados	<b>SI</b>					
Factor de Seguridad	FS	3	NEC	Prof. (m)	D1	1	m		
				Caso 1	SI	q (Tn/m2)	2,95		
				Caso 2	NO	y (Tn/m3)	f (B)		
<b>Terzaghi Corte General</b>									
<i>No aplica</i>									
<b>Terzaghi Corte Local y Punzonamiento</b>									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q a (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q a (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
2,67	0,75	14,14	4,71	0,75	16,46	5,49	0,75	16,39	5,46
2,00	1,00	14,27	4,76	1,00	16,57	5,52	1,00	16,46	5,49
1,25	1,60	14,58	4,86	1,60	16,82	5,61	1,60	16,65	5,55
1,00	2,00	14,78	4,93	2,00	16,98	5,66	2,00	16,77	5,59
0,20	10,00	18,93	6,31	2,50	17,19	5,73	2,50	16,93	5,64
	q adm. =	0,51	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	0,56	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	0,55	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ecuacion de Skempton</b>									
<i>No aplica</i>									

- SPT4-E2

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera				
				Chequeado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache				
Numero de SPT				<b>4</b>					
Profundidad de extraccion				<b>3,50 m - 4,00 m</b>					
Numero de Golpes (N60)				<b>6</b>					
Datos del suelo				Terzaghi Corte General		Terzaghi Corte Local			
Peso especifico del suelo	$\gamma =$	1,79	Tn/m <sup>3</sup>	Nc	9,09	N'c	7,74		
Profundidad de cimentacion	Df =	3,75	m	Nq	2,44	N'q	1,82		
q	y. Df =	6,7125	Tn / m <sup>2</sup>	Ny	0,44	N'y	0,44		
Cohesion	$\zeta =$	1,2	Tn / m <sup>2</sup>	Nivel Freatico					
Angulo de friccion	$\phi =$	9	grados	<b>SI</b>					
Factor de Seguridad	FS	3	NEC	Prof. (m)	D1	1	m		
				Caso 1	<b>SI</b>	q (Tn/m2)	4,815		
				Caso 2	<b>NO</b>	y (Tn/m3)	f (B)		
<b>Terzaghi Corte General</b>									
<i>No aplica</i>									
<b>Terzaghi Corte Local y Punzonamiento</b>									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q a (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q a (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
5,00	0,75	15,25	5,08	0,75	17,05	5,68	0,75	16,99	5,66
3,75	1,00	15,35	5,12	1,00	17,13	5,71	1,00	17,05	5,68
2,34	1,60	15,59	5,20	1,60	17,32	5,77	1,60	17,19	5,73
1,88	2,00	15,75	5,25	2,00	17,45	5,82	2,00	17,29	5,76
0,38	10,00	18,90	6,30	2,50	17,60	5,87	2,50	17,41	5,80
	q adm. =	0,54	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	0,58	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	0,57	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ecuacion de Skempton</b>									
<i>No aplica</i>									

- SPT5-E1

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por:		Xavier Delgado - Ronaldo Rivera			
				Chequeado por:		Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache			
Numero de SPT				<b>5</b>					
Profundidad de extraccion				<b>2,00 m - 2,50 m</b>					
Numero de Golpes (N60)				<b>24</b>					
Datos del suelo				Terzaghi Corte General		Terzaghi Corte Local			
Peso especifico del suelo	$\gamma =$	1,89	$Tn/m^3$	$N_c$	5,7	$N'_c$	5,7		
Profundidad de cimentacion	$D_f =$	2	m	$N_q$	1	$N'_q$	1		
$q$	$y. D_f =$	3,78	$Tn / m^2$	$N_y$	0	$N'_y$	0		
Cohesion	$\zeta =$	11	$Tn / m^2$	Nivel Freatico					
Angulo de friccion	$\phi =$	0	grados	<b>NO</b>					
Factor de Seguridad	$FS$	3	NEC	Prof. (m)	D1	-	m		
				Caso 1	<b>NO</b>	q	-		
				Caso 2	<b>NO</b>	y	f(B)		
<b>Terzaghi Corte General</b>									
Relacion $D_f/B$	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	$q_u$ ( $Tn / m^2$ )	$q_{adm.}$ ( $Tn / m^2$ )	B (m)	$q_u$ ( $Tn / m^2$ )	$q_{adm.}$ ( $Tn / m^2$ )	D (m)	$q_u$ ( $Tn / m^2$ )	$q_{adm.}$ ( $Tn / m^2$ )
2,67	0,75	66,48	22,16	0,75	85,29	28,43	0,75	85,29	28,43
2,00	1,00	66,48	22,16	1,00	85,29	28,43	1,00	85,29	28,43
1,25	1,60	66,48	22,16	1,60	85,29	28,43	1,60	85,29	28,43
1,00	2,00	66,48	22,16	2,00	85,29	28,43	2,00	85,29	28,43
0,80	2,50	66,48	22,16	2,50	85,29	28,43	2,50	85,29	28,43
	$q_{adm.} =$	<b>2,22</b>	$Kg/cm^2$	$q_{adm.} =$	<b>2,84</b>	$Kg/cm^2$	$q_{adm.} =$	<b>2,84</b>	$Kg/cm^2$
<b>Terzaghi Corte Local y Punzonamiento</b>									
<b>No Aplica</b>									
<b>Ecuacion de Skempton</b>									
Relacion $D_f/B$	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	$q_u$ ( $Tn / m^2$ )	$q_{adm.}$ ( $Tn / m^2$ )	B (m)	$q_u$ ( $Tn / m^2$ )	$q_{adm.}$ ( $Tn / m^2$ )	D (m)	$q_u$ ( $Tn / m^2$ )	$q_{adm.}$ ( $Tn / m^2$ )
2,7	0,75	84,08	28,03	0,75	99,48	33,16	0,75	99,48	33,16
2,0	1,00	80,78	26,93	1,00	96,18	32,06	1,00	96,18	32,06
1,3	1,60	76,38	25,46	1,60	90,68	30,23	1,60	90,68	30,23
1,0	2,00	74,18	24,73	2,00	88,48	29,49	2,00	88,48	29,49
0,8	2,50	72,31	24,10	2,50	86,28	28,76	2,50	86,28	28,76
	$q_{adm.} =$	<b>2,58</b>	$Kg/cm^2$	$q_{adm.} =$	<b>3,07</b>	$Kg/cm^2$	$q_{adm.} =$	<b>3,07</b>	$Kg/cm^2$

- SPT5-E2

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera				
				Chequeado por:	Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache				
Numero de SPT				<b>5</b>					
Profundidad de extracción				<b>3,00 m - 3,50 m</b>					
Numero de Golpes (N60)				<b>11</b>					
<b>Datos del suelo</b>				<b>Terzaghi Corte General</b>		<b>Terzaghi Corte Local</b>			
Peso específico del suelo	$\gamma =$	1,94	Tn/m <sup>3</sup>	Nc	9,09	N'c	7,74		
Profundidad de cimentación	Df =	3,25	m	Nq	2,44	N'q	1,82		
q	y. Df =	6,305	Tn / m <sup>2</sup>	Ny	0,44	N'y	0,44		
Cohesion	$\zeta =$	3,4	Tn / m <sup>2</sup>	<b>Nivel Freatico</b>					
Angulo de fricción	$\phi =$	9	grados	<b>NO</b>					
Factor de Seguridad	FS	3	NEC	Prof. (m)	D1	-	m		
				Caso 1	NO	q	-		
				Caso 2	NO	y	f (B)		
<b>Terzaghi Corte General</b>									
<i>No aplica</i>									
<b>Terzaghi Corte Local y Punzonamiento</b>									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
4,33	0,75	29,35	9,78	0,75	34,55	11,52	0,75	34,48	11,49
3,25	1,00	29,45	9,82	1,00	34,63	11,54	1,00	34,55	11,52
2,03	1,60	29,71	9,90	1,60	34,84	11,61	1,60	34,70	11,57
1,63	2,00	29,88	9,96	2,00	34,97	11,66	2,00	34,80	11,60
1,30	2,50	30,09	10,03	2,50	35,14	11,71	2,50	34,93	11,64
	q adm. =	0,99	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	1,16	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	1,16	Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Ecuacion de Skempton</b>									
<i>No aplica</i>									

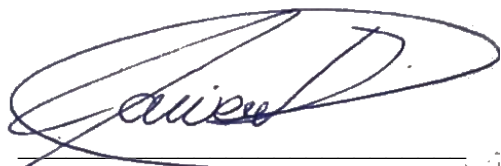
- SPT5-E3

Proyecto:	"DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES PARA VIVIENDAS TIPO DE HASTA TRES NIVELES, EN EL BARRIO EMILIO SARMIENTO, EN FUNCIÓN DE LAS PROPIEDADES GEO-MECÁNICAS DEL SUBSUELO."								
Proyectistas:	Xavier Delgado - Ronaldo Rivera								
Ensayo:	Capacidad de carga.			Fecha de muestreo:					
Norma:				Muestreado por:		Xavier Delgado - Ronaldo Rivera			
				Chequeado por:		Lab. Suelos UCACUE - Ing. Mario Almache			
Numero de SPT				5					
Profundidad de extraccion				4,00 m - 4,50 m					
Numero de Golpes (N60)				14					
Datos del suelo				Terzaghi Corte General		Terzaghi Corte Local			
Peso específico del suelo	$\gamma =$	1,94	Tn/m <sup>3</sup>	Nc	9,61	N'c	8,02		
Profundidad de cimentacion	Df =	4,25	m	Nq	2,69	N'q	1,94		
q	y. Df =	8,245	Tn / m <sup>2</sup>	Ny	0,56	N'y	0,56		
Cohesion	$\zeta =$	7	Tn / m <sup>2</sup>	Nivel Freatico					
Angulo de friccion	$\phi =$	10	grados	NO					
Factor de Seguridad	FS	3	NEC	Prof. (m)	D1	-	m		
				Caso 1	NO	q	-		
				Caso 2	NO	y	f(B)		
Terzaghi Corte General									
No aplica									
Terzaghi Corte Local y Punzonamiento									
Relacion Df/B	Cimientos Corridos			Zapatas Cuadradas			Zapatas Circulares		
	B (m)	q u (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	B (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )	D (m)	q d (Tn / m <sup>2</sup> )	q adm. (Tn / m <sup>2</sup> )
5,67	0,75	53,85	17,95	0,75	64,99	21,66	0,75	64,91	21,64
4,25	1,00	53,98	17,99	1,00	65,10	21,70	1,00	64,99	21,66
2,66	1,60	54,31	18,10	1,60	65,36	21,79	1,60	65,19	21,73
2,13	2,00	54,53	18,18	2,00	65,54	21,85	2,00	65,32	21,77
1,70	2,50	54,80	18,27	2,50	65,76	21,92	2,50	65,48	21,83
	q adm. =	1,81	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	2,18	Kg/cm <sup>2</sup>	q adm. =	2,17	Kg/cm <sup>2</sup>
Ecuacion de Skempton									
No aplica									

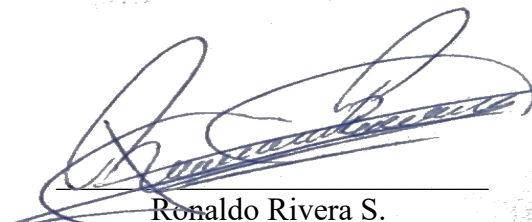
## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, **XAVIER ESTEBAN DELGADO REIVAN**, portador de la cédula de ciudadanía N° **0105175053** y **RONALDO DARWIN RIVERA SALINAS** portador de la cédula de ciudadanía N° **1900877927**. En calidad de autores y titulares de los derechos del trabajo de titulación “ **Diseño de cimentaciones superficiales para viviendas tipo de hasta tres niveles, en el barrio Emilio Sarmiento, en función de las propiedades geó-mecánicas del subsuelo**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que se realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 114 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 26 de junio de 2020



Xavier Delgado R.  
0105175053



Ronaldo Rivera S.  
1900877927