



# UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

## FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE ROCA IGNIMBRITA DE LA ZONA DE LA LOMA DE SANTA MARÍA, MUNICIPIO DE MORELIA MICHOACÁN; UTILIZANDO NUEVO ANILLO DE CARGA DEL EQUIPO SOILTEST T-500”.**

Tesis Profesional.

Para obtener el Título de:

**INGENIERO CIVIL.**

Presenta:

**RICARDO VELAZQUEZ MOCTEZUMA**

Asesor:

**M. I. T. ERNESTO ALBERTO NÚÑEZ GUZMÁN.**

Co-Asesor:

**ING. JOSÉ ISRAEL BOCANEGRA TORRES**

Morelia, Michoacán.

NOVIEMBRE DEL 2018





## ÍNDICE

### Contenido

1	<b>RESUMEN</b> .....	12
2	<b>ABSTRACT</b> .....	13
3	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	14
4	<b>OBJETIVO</b> .....	16
5	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	16
6	<b>ESTADO DEL ARTE</b> .....	17
6.1	<b>Roca Ignimbrita</b> .....	17
6.1.1	<b>Ignimbrita en el mundo, México y Morelia</b> .....	17
6.1.2	<b>Ignimbrita el Alacrán en Bolaños Jalisco</b> .....	17
6.1.3	<b>Ignimbrita en Morelia</b> .....	18
6.2	<b>Mecánica de Rocas y Suelos</b> .....	20
6.2.1	<b>La Mecánica de rocas</b> .....	20
6.2.2	<b>Mecánica de suelos</b> .....	20
6.3	<b>Loma de Santa María Morelia Michoacán</b> .....	21
6.3.1	<b>Localización</b> .....	21
6.3.2	<b>Loma de Santa María</b> .....	21
6.4	<b>Cámara Triaxial y Anillo de Carga Soiltest T-500</b> .....	23
6.4.1	<b>Descripción Cámara Triaxial</b> .....	23
6.4.2	<b>Anillo de carga Soiltest T-500</b> .....	24
7	<b>MARCO CONCEPTUAL</b> .....	25
8	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	26
8.1	<b>Muestreo En Campo</b> .....	26
8.2	<b>Determinación De La Composición Granulométrica Mediante El Uso De Mallas</b> .....	27
8.2.1	<b>Equipo y material</b> .....	27
8.2.2	<b>Preparación de la muestra</b> .....	28
8.2.3	<b>Procedimiento de la prueba</b> .....	29
8.2.4	<b>Resultados</b> .....	31
8.3	<b>Determinación De Límites De Consistencia Y Contracción Lineal</b> .....	33
8.3.1	<b>Plasticidad</b> .....	33



8.3.2	<b>Estados de consistencia</b> .....	34
8.3.3	<b>El equipo y materiales necesarios son los siguientes</b> .....	35
8.3.4	<b>Determinación del límite líquido</b> .....	36
8.3.5	<b>Determinación del límite plástico</b> .....	37
8.3.6	<b>Determinación de la contracción lineal</b> .....	38
8.3.7	<b>Resultados</b> .....	40
8.4	<b>Densidad y Adsorción</b> .....	41
8.4.1	<b>Definición</b> .....	41
8.4.2	<b>Equipo y materiales</b> .....	41
8.4.3	<b>Procedimiento de prueba</b> .....	41
8.4.4	<b>Resultado</b> .....	43
8.5	<b>Prueba De Compactación Proctor Estándar</b> .....	44
8.5.1	<b>Equipo</b> .....	44
8.5.2	<b>Preparación de la muestra</b> .....	45
8.5.3	<b>Procedimiento</b> .....	46
8.5.4	<b>Resultados</b> .....	50
8.6	<b>Prueba De Compresión Simple</b> .....	50
8.6.1	<b>Equipo y material a utilizar</b> .....	50
8.6.2	<b>Procedimiento</b> .....	51
8.6.3	<b>Resultados</b> .....	52
8.7	<b>Prueba De Compresión Simple Cilindro Tallado</b> .....	56
8.7.1	<b>Procedimiento</b> .....	56
8.7.2	<b>Resultados</b> .....	57
8.8	<b>Carga Puntual En Roca</b> .....	57
8.8.1	<b>Carga Puntual En Roca</b> .....	58
8.8.2	<b>Compresión simple en muestra inalterada</b> .....	65
8.8.3	<b>Compresión simple en muestra inalterada</b> .....	68
8.9	<b>Prueba Triaxial Rápida En Muestra Inalterada Y Alterada</b> .....	71
8.9.1	<b>Equipo y material a utilizar</b> .....	71
8.9.2	<b>Procedimiento</b> .....	72
8.9.3	<b>Cálculos</b> .....	75



8.9.4	<b>Círculos de mohr prueba 1</b> .....	78
8.9.5	<b>Círculos de mohr prueba 2</b> .....	82
8.9.6	<b>Círculos de mohr prueba 3</b> .....	86
8.9.7	<b>Círculos de mohr prueba 4</b> .....	90
8.10	<b>Triaxial En Muestra Inalterada</b> .....	91
8.10.1	<b>Procedimiento</b> .....	91
8.10.2	<b>Círculos de mohr muestra inalterada</b> .....	96
9	<b>RESUMEN DE RESULTADOS</b> .....	97
10	<b>CONCLUSIÓN</b> .....	99
11	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	101
12	<b>ANEXOS</b> .....	102



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Afloramiento ignimbrita Cerro Bravo, región atacama (Chile).....	17
Figura 2. Escape vertical aproximadamente 250 metros de altura de ignimbrita alacrán en margen oriental del graben de Bolaños .....	18
Figura 3. Erupción de tipo nube ardiente tal y como ocurrió en la localización de st. Pierre de la Martinica por la erupción de MT. Pelee en 1902 (Lacrox).....	19
Figura 4. Localización de la ciudad de Morelia Michoacán, México.....	21
Figura 5. Loma de Santa María, 58090 Morelia Michoacán.....	22
Figura 6. Falla de la paloma .....	22
Figura 7. Carama triaxial laboratorio de materiales “Luis Silva” .....	23
Figura 8. Esquema detallado cámara triaxial.....	24
Figura 9. Transductor de carga .....	24
Figura 10 Instrumento de precisión que mide el desplazamiento.....	24
Figura 11. Extracción de material de investigación en campo a mano en Loma de Santamaría.....	26
Figura 12. Macro localización Loma de Santamaría (Google Maps. 2018) .....	26
Figura 13. Microlocalización Loma de Santamaría (Google Maps. 2018).....	26
Figura 14. Porción representativa pulverizada de roca ignimbrita.....	28
Figura 15. Lavado previo.....	28
Figura 16. Se coloca 500 cm .....	29
Figura 17. Lavado mediante la malla no. 200 .....	29
Figura 18. Regresa al baso.....	30
Figura 19. Secado de material .....	30
Figura 20. Mallas Núm. 0.075, Núm. 0.150, Núm. 0.250, Núm. 0.425, Núm. 0.850 y Núm. 2.0.....	31
Figura 21. Peso del material que retiene la malla.....	31
Figura 22. Homogenizar el material .....	36
Figura 23. Copa de Casagrande.....	36
Figura 24. Ranura en la parte central (copa Casagrande) .....	37
Figura 25. Después de 25 golpes (copa Casagrande).....	37
Figura 26. Muestra limite plástico .....	38
Figura 27. Material no plástico (limite plástico).....	38
Figura 28. Preparación para contracción lineal .....	39
Figura 29. Preparación molde (contracción lineal).....	39
Figura 30. Secado muestra temperatura ambiente (contracción lineal) .....	40
Figura 31. Medición de la muestra (contracción lineal).....	40
Figura 32. Preparación muestra (densidad y adsorción).....	42
Figura 33. Preparación picnómetro (densidad y absorción) .....	42
Figura 34. Masa la muestra (densidad y absorción) .....	42
Figura 35. Volumen desalojado (densidad y absorción) .....	43
Figura 36. Secado de la muestra (densidad y absorción).....	43
Figura 37. Muestra (compactación proctor estándar) .....	45
Figura 38. Cribado de muestra (compactación proctor estándar) .....	46



<b>Figura 39. Características de molde (compactación proctor estándar)</b> .....	46
<b>Figura 40. Incorporación de agua (compactación proctor estándar)</b> .....	46
<b>Figura 41. Homogenización de muestra (compactación proctor estándar)</b> .....	47
<b>Figura 42. Compactación primera parte (compactación proctor estándar)</b> .....	47
<b>Figura 43. Compactación segunda parte (compactación proctor estándar)</b> .....	47
<b>Figura 44. Peso del material (compactación proctor estándar)</b> .....	48
<b>Figura 45. Retiro de material del molde (compactación proctor estándar)</b> .....	48
<b>Figura 46. Incremento de agua (compactación proctor estándar)</b> .....	49
<b>Figura 47. Homogenización del material (compactación proctor estándar)</b> .....	49
<b>Figura 48. Muestra inalterada labrada (compresión simple)</b> .....	51
<b>Figura 49. Prensa (compresión simple)</b> .....	51
<b>Figura 50. Falla de la muestra (compresión simple)</b> .....	52
<b>Figura 51. Cilindro labrado (compresión simple)</b> .....	56
<b>Figura 52. Muestra tallada en prensa (compresión simple)</b> .....	56
<b>Figura 53. Aplicación de carga en espécimen (compresión simple)</b> .....	56
<b>Figura 54. Carga puntual en roca</b> .....	57
<b>Figura 55. Largo y ancho (carga puntual)</b> .....	58
<b>Figura 56. Estado de muestra (carga puntual)</b> .....	58
<b>Figura 57. Identificación de muestra valida (carga puntual)</b> .....	58
<b>Figura 58. Idea general de muestra (carga puntual)</b> .....	59
<b>Figura 59. Identificación de muestra (carga puntual)</b> .....	59
<b>Figura 60. Dimensiones (carga puntual)</b> .....	59
<b>Figura 61. Acomodo de espécimen (carga puntual)</b> .....	59
<b>Figura 62. Medidor de presión (carga puntual)</b> .....	60
<b>Figura 63. Muestra sometida a presión (carga puntual)</b> .....	60
<b>Figura 64. Falla del testigo (carga puntual)</b> .....	60
<b>Figura 65. Largo y ancho cubos (compresión simple)</b> .....	65
<b>Figura 66. Cubos sin grietas (compresión simple)</b> .....	65
<b>Figura 67. Saturación de cubos (compresión simple)</b> .....	65
<b>Figura 68. Tallado de roca (compresión simple)</b> .....	66
<b>Figura 69. Identificación de muestra tallada (compresión simple)</b> .....	66
<b>Figura 70. Cal (compresión simple)</b> .....	66
<b>Figura 71. Nivelación de muestra (Compresión simple)</b> .....	67
<b>Figura 72. Centrado de cubo (Compresión simple)</b> .....	67
<b>Figura 73. Medidor de presión en cubo (compresión simple)</b> .....	67
<b>Figura 74. Falla de cubo (compresión simple)</b> .....	68
<b>Figura 75. Identificación de muestra cilíndrica (Compresión simple).</b> .....	69
<b>Figura 76. Dimensiones de cilindro (Compresión simple).</b> .....	69
<b>Figura 77. Acomodo de muestra cilíndrica (Compresión simple)</b> .....	69
<b>Figura 78. Falla de muestra cilíndrica (compresión simple).</b> .....	70
<b>Figura 79. Identificar espécimen (Triaxial Rápida).</b> .....	72



<b>Figura 80. Muestra labrada (Triaxial Rápida)</b> .....	72
<b>Figura 81. Cuarto húmedo y Recipiente hermético (Triaxial Rápida)</b> .....	72
<b>Figura 82. Preparación de muestra (Triaxial Rápida)</b> .....	73
<b>Figura 83. Colocación de muestra en cámara triaxial (Triaxial Rápida)</b> .....	73
<b>Figura 84. Prensa y cámara triaxial (Triaxial Rápida)</b> .....	74
<b>Figura 85. Toma de lectura y carga (Triaxial Rápida)</b> .....	74
<b>Figura 86. Espécimen sin presión (Triaxial Rápida)</b> .....	74
<b>Figura 87. Presión de confinamiento 0.3, 0.6, 0.9 (Triaxial Rápida)</b> .....	75
<b>Figura 88. Preparación de muestra cilíndrica (Triaxial Rápida)</b> .....	91
<b>Figura 89. Muestra lista para la carga (Triaxial Rápida)</b> .....	91
<b>Figura 90. Micrómetro de carga (Triaxial Rápida)</b> .....	92
<b>Figura 91. Toma de tiempo (Triaxial Rápida)</b> .....	92
<b>Figura 92. Espécimen con falla (Triaxial Rápida)</b> .....	92



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Las partículas con tamaño mayor se consideran fragmentos de roca (Olguin, 2011).....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 2. Equipo para prueba de granulometría mediante usos de mallas (M-MMP-06-0) .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 3. Equipo para prueba de granulometría mediante usos de mallas (M-MMP-06-0) .....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 4. Cantidad de G, S, F tomando en cuenta los anexos 1 y 2.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 5. Cantidad de G, S, F tomando en cuenta los anexos 3 y 4.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 6. Cantidad de G, S, F tomando en cuenta los anexos 5 y 6.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 7. Resultados limites inapreciables .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 8. Equipo de prueba de densidad y absorción .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 9. Densidad y absorción mues. 1 a mues. 5 utilizando el anexo 7.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 10 Densidad y absorción mues. 6 a mues. 8 utilizando el anexo 8.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 11. Variantes del pisón .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 12 equipo prueba de compactación proctor estándar .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabla 13 equipo prueba de compresión simple .....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 14, Ensayo 1. Características de la muestra compresión simple basado en anexo 10 .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 15. Ensayo 2. Características de la muestra compresión simple basado en anexo 12 .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 16. Ensayo 3. Características de la muestra compresión simple basado en anexo 14 .....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 17. Ensayo 4. Características de la muestra compresión simple basado en anexo 16 .....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 18. Características de la muestra compresión simple en roca tallada, basado en anexo 18 ...</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 19. Carga puntual, características de la roca y de cálculo de área .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 20. Carga puntual en roca, cálculo del coeficiente con anexo 20, 21 y cálculo del esfuerzo ....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 21. Compresión simple en cubo, cálculo de área, basándose en anexo 22 y 23 .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 22. Compresión simple en cubo rectangular, cálculo de área, basándose en anexo 24 .....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla 23. Equipo y material para prueba triaxial rápida .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 24. Prueba 1, presión 03, factor 8.44 características de círculo de mohr (triaxial rápida).....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 25. Prueba 1, presión 03, factor 8.44 contenido de agua (triaxial rápida).....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 26. Prueba 1, presión 06, factor 8.44 contenido de agua (triaxial rápida).....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla 27. Prueba 1, presión 06, factor 8.44 características de círculo de mohr (triaxial rápida).....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 28. Prueba 1, presión 0.9, factor 8.44 contenido de agua (triaxial rápida).....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 29. Prueba 1, presión 0.9, factor 8.44 características de círculo de mohr (triaxial rápida).....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 30. Prueba 1, factor 8.44 reformación de esf. Desviador con centro de círculo de mohr (triaxial rápida) .....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 31. Prueba 2, presión 0.3, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida).....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 32. Prueba 2, presión 0.3, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida).....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 33. Prueba 2, presión 0.6, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida).....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 34. Prueba 2, presión 0.6, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla 35. Prueba 2, presión 0.9, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida).....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 36. Prueba 2, presión 0.9, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida) ....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 37. Prueba 2, factor 0.63 reformación de esf. Desviador con centro de círculo de mohr (triaxial rápida) .....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 38. Prueba 3, presión 0.3, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida).....</b>	<b>83</b>



<b>Tabla 39. Prueba 3, presión 0.3, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)....</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 40. Prueba 3, presión 0.6, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida).....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 41. Prueba 3, presión 0.6, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla 42. Prueba 3, presión 0.9, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida).....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 43. Prueba 3, presión 0.9, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla 44. Prueba 3, factor 0.63 reformación de esf. Desviador con centro de círculo de mohr (triaxial rápida) .....</b>	<b>86</b>
<b>Tabla 45. Prueba 4, presión 0.3, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida).....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 46. Prueba 4, presión 0.3, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 47. Prueba 4, presión 0.6, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida).....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 48. Prueba 4, presión 0.6, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 49. Prueba 4, presión 0.9, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida).....</b>	<b>89</b>
<b>Tabla 50. Prueba 4, presión 0.9, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)....</b>	<b>89</b>
<b>Tabla 51. Prueba 4, factor 0.63 reformación de esf. Desviador con centro de círculo de mohr (triaxial rápida) .....</b>	<b>90</b>
<b>Tabla 52. Presión 0.3., factor 8.31 contenido de agua (triaxial rápida inalterada) .....</b>	<b>93</b>
<b>Tabla 53. Presión 0.3, factor 8.31 características de círculo de mohr (triaxial rápida).....</b>	<b>93</b>
<b>Tabla 54. Presión 0.6, factor 8.31 contenido de agua (triaxial rápida inalterada) .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 55. Presión 0.6, factor 8.31 contenido de agua (triaxial rápida inalterada) .....</b>	<b>94</b>
<b>Tabla 56. Presión 0.9, factor 8.31 contenido de agua (triaxial rápida inalterada) .....</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 57. Presión 0.9, factor 8.31 contenido de agua (triaxial rápida inalterada) .....</b>	<b>95</b>
<b>Tabla 58. Factor 0.63 reformación de esf. Desviador con centro de círculo de mohr (triaxial rápida inalterada).....</b>	<b>96</b>
<b>Tabla 59. Resumen de composición granulométrica mediante el uso de mallas .....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 60. Resumen de límites de consistencia y contracción lineal .....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 61. Resumen de densidad y absorción .....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 62. Resumen de compactación proctor estándar .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 63. Resumen de compresión simple en cámara triaxial .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 64. Resumen de carga puntual .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 65. Resumen compresión simple en muestra inalterada cubo.....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 66. Resumen de compresión simple en muestra inalterada en cubo rectangular .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 67. Resumen de prueba triaxial rápida .....</b>	<b>99</b>



## ÍNDICE DE GRAFICAS

<b>Grafica 1. D 10, D 30, D 60 tomando datos de anexo 2 .....</b>	<b>31</b>
<b>Grafica 2. D10, D30, D60 tomando datos de anexo 4 .....</b>	<b>32</b>
<b>Grafica 3. D10, D30, D60 tomando datos de anexo 6 .....</b>	<b>33</b>
<b>Grafica 4. Resultado prueba proctor estándar basado en anexo 9 .....</b>	<b>50</b>
<b>Grafica 5. Ensayo 1, Esfuerzo vs deformación unitaria tomando en cuenta el anexo 10, 11.....</b>	<b>53</b>
<b>Grafica 6. Ensayo 2, esfuerzo vs deformación unitaria tomando en cuenta el anexo 12, 13 .....</b>	<b>53</b>
<b>Grafica 7. Ensayo 3, esfuerzo vs deformación unitaria tomando en cuenta el anexo 14, 15 .....</b>	<b>54</b>
<b>Grafica 8. Ensayo 4, esfuerzo vs deformación unitaria tomando en cuenta el anexo 16, 17 .....</b>	<b>55</b>
<b>Grafica 9. Esfuerzo vs deformación unitaria en roca tallada, tomando en cuenta el anexo 18, 19... 57</b>	<b>57</b>
<b>Grafica 10. Prueba 1, presión 03, factor 8.44 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 25 y 26.....</b>	<b>75</b>
<b>Grafica 11. Prueba 1, presión 06, factor 8.44 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 27 y 28.....</b>	<b>76</b>
<b>Grafica 12. Prueba 1, presión 0.9, factor 8.44 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 29 y 30.....</b>	<b>77</b>
<b>Grafica 13. Prueba 2, presión 0.3, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 31 y 32.....</b>	<b>79</b>
<b>Grafica 14. Prueba 2, presión 0.6, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 33 y 34.....</b>	<b>80</b>
<b>Grafica 15. Prueba 2, presión 0.9, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 35 y 36.....</b>	<b>81</b>
<b>Grafica 16. Prueba 3, presión 0.3, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 37 y 38.....</b>	<b>83</b>
<b>Grafica 17. Prueba 3, presión 0.6, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 39 y 40.....</b>	<b>84</b>
<b>Grafica 18. Prueba 3, presión 0.9, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 41 y 42.....</b>	<b>85</b>
<b>Grafica 19. Prueba 4, presión 0.3, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 43 y 44.....</b>	<b>87</b>
<b>Grafica 20. Prueba 4, presión 0.6, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 45 y 46.....</b>	<b>88</b>
<b>Grafica 21. Prueba 4, presión 0.9, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 47 y 48.....</b>	<b>89</b>
<b>Grafica 22. Presión 0.3 Factor 8.31 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida en muestra inalterada) tomando en cuenta anexo 49 y 50.....</b>	<b>93</b>
<b>Grafica 23. Presión 0.6 Factor 8.31 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida inalterada) tomando en cuenta anexo 51 y 52.....</b>	<b>94</b>
<b>Grafica 24. Presión Factor 8.31 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida inalterada) tomando en cuenta anexo 53 y 54.....</b>	<b>95</b>



## AGRADECIMIENTOS

A lo largo de mi carrera en la facultad de ingeniería civil he conocido bastantes personas que me han ayudado a completar este ciclo, quiero agradecer a las siguientes personas como instituciones que me han brindado su apoyo en mi desarrollo no solo en la elaboración de este trabajo sino a lo largo de mi carrera universitaria.

- M. I. T. Ernesto Alberto Núñez Guzmán, por ser mi asesor de tesis. Por apoyarme con su tiempo y conocimientos para que esta investigación cumpliera con todos los estándares solicitados, también por guiarme en la elaboración de este proyecto, como en mi formación de profesionista.
- Ing. José Israel Bocanegra Torres, por ser mi Co. asesor de tesis y brindarme su apoyo en la elaboración de este proyecto de investigación como su asesoría en la elaboración del trabajo escrito y elaboración de pruebas de laboratorio.
- A los Técnicos Académicos del Laboratorio de Materiales “ING. LUIS SILVA RUELAS”, Ing. Pablo García Díaz, Ing. Omar Salvador Miranda Leal por su apoyo en la elaboración de las pruebas para la elaboración de esta investigación, Como en las asesorías en las mismas.
- A la facultad de Ingeniería Civil y a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por haberme dado la oportunidad de terminar esta gran carrera.
- Laboratorio de materiales “ING. LUIS SILVA RUELAS” por brindarme el material necesario para la realización de las pruebas necesario para mi tesis.
- A todos mis profesores de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo, por impartirme sus conocimientos y formarme como profesionista.
- A mis hermanos: Leonardo, Juan Manuel, Rodrigo, Fabiola, Yolanda y María Guadalupe Velázquez Moctezuma por su apoyo incondicional en mi formación académica.
- A mis padres: Yolanda Moctezuma Montaña, Guadalupe Velázquez Bribiesca por darme el apoyo incondicional en mi formación académica y darme mis valores como profesionista.
- A mis amigos: Jorge Enrique Santamaría González y Roberto Morales Hernandez por acompañarme en este largo camino y hacer el transcurso de tiempo más agradable.

**MUCHAS GRACIAS POR SU APOYO A TODOS**



## 1 RESUMEN

En la práctica de la Ingeniería Civil, nos encontramos con diversos problemas en el suelo, donde se va a desplantar una cimentación, en este caso particular subyace una roca Ignimbrita la cual presenta características particulares que deben conocerse a través de un estudio integral de Mecánica de Rocas para el cual es necesario tener los conocimientos previos de esta área de la Geotécnica

En esta tesis se realizó el estudio de las principales características de clasificación y capacidad de carga de la roca Ignimbrita en la zona de la loma de Santamaría, en donde se obtuvieron muestras representativas de la zona en estudio; utilizando las pruebas de composición granulométrica mediante el uso de mallas, límites de consistencia y contracción, densidad y absorción; se obtuvieron sus propiedades índice y mediante las pruebas compactación proctor estándar, compresión simple, carga puntual y triaxial rápida; se obtuvieron sus propiedades Mecánicas.

Esto con la finalidad de conocer las propiedades y características de la roca en la zona de extracción y poder tener un análisis físico y mecánico que permita tener una referencia cuantitativa y cualitativa del material rocoso de la zona de estudio; y conocer su resistencia para adecuado diseño de una cimentación en una obra civil.

Para la prueba de Compresión Triaxial se utilizó el nuevo anillo de carga del equipo soiltest T-500 para corroborar que los resultados obtenidos se encuentren dentro de los límites que establece la teoría, y se pueda utilizar dicho anillo para las pruebas con diferentes suelos, complementado así el trabajo de investigación, que sirve para actualizar uno de los equipos con que cuenta el laboratorio de Mecánica de Suelos.

Palabras Clave: Mecánicas de Rocas, Ignimbrita, Triaxiales, Carga Puntual, Capacidad de Carga



## 2 ABSTRACT

In the practice of Civil Engineering, we encounter various problems in the soil, where a foundation is going to be shifted, in this particular case an Ignimbrite rock underlies which presents particular characteristics that must be known through an integral study of Mechanics of Rocks for which it is necessary to have the previous knowledge of this area of Geotechnical.

In this thesis the study of the main characteristics of classification and carrying capacity of the Ignimbrite rock in the area of the Santamaria hill, where representative samples of the study area were obtained; using the granulometric composition tests by means of meshes, limits of consistency and contraction, density and absorption; their index properties were obtained and through the standard proctor compaction tests, simple compression, point and rapid triaxial loading; Its mechanical properties were obtained.

This in order to know the properties and characteristics of the rock in the extraction zone and to have a physical and mechanical analysis that allows to have a quantitative and qualitative reference of the rocky material of the study area; and know its resistance for adequate design of a foundation in a civil work.

For the Triaxial Compression test, the new loading ring of the T-500 soiltest equipment was used to corroborate that the results obtained are within the limits established by the theory, and that ring can be used for tests with different soils, supplemented thus the research work, which serves to update one of the equipment available to the Soil Mechanics Laboratory.

Keywords: Rocks Mechanics, Ignimbrite, Triaxial, Point Load, Load Capacity



### 3 INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de los tiempos el ser humano ha estudiado el entorno que lo rodea una de estas áreas es el planeta que está formada por varias capas (núcleo interior, núcleo exterior, manto inferior, zona de transferencia, manto superior, corteza, hidrosfera, atmosfera). en nuestro caso la corteza donde se cimentaron la vida ha sido el más estudiado.

La corteza terrestre con un espesor 5 a 50 km se formó porque los elementos menos pesados, como silicio, aluminio, calcio, potasio, sodio y oxígeno, se unieron. Las placas que forman la corteza terrestre se encuentran flotando sobre materiales pastosos sometidos a fuertes presiones. Se desplazan lentamente las unas con respecto a las otras. La corteza está compuesta por rocas silíceas

A partir de esto nace la mecánica suelos que es la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería que trata con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientemente que tenga o no contenido orgánico. (Terzaghi, 2007)

Mecánica de los suelos se ha desarrollado en el comienzo del siglo 20 la necesidad de que el análisis del comportamiento de los suelos, surgió en muchos países a menudo como resultado de accidentes espectaculares, tales como deslizamientos de tierra y los fracasos de las cimentaciones

En los Países Bajos el deslizamiento de un terraplén de ferrocarril cerca de Weesp, en 1918 dio lugar a la primera investigación sistemática en el campo de mecánica de suelos, por una comisión especial creada por el gobierno.

Muchos de los principios básicos de mecánica de suelos eran bien conocidos en ese momento, pero su combinación con una disciplina de ingeniería aún no se había completado. Las primeras contribuciones importantes a la mecánica del suelo se deben a Coulomb, que publicó un importante tratado sobre el fracaso de los suelos en 1776, y de Rankine, que publicó un artículo sobre los posibles estados de estrés en los suelos en 1857. En 1856 Darcy publicó su famosa obra sobre la permeabilidad de los suelos. (A.Verruijt, 2001-2010)

Unas importantes pioneras contribuciones al desarrollo de la mecánica del suelo fueron realizadas por Karl Terzaghi, que, entre otras muchas cosas, ha descrito cómo hacer frente a la influencia de las presiones del agua intersticial en el comportamiento de los suelos. (A.Verruijt, 2001-2010)

La mecánica de suelos conlleva a el estudio de las rocas una de estas es la roca ignimbrita que se encuentra en la zona de loma de Santamaría, La ignimbrita es una roca ígnea y depósito volcánico que consiste en toba dura compuesta de fragmentos de roca y fenocristales en una matriz de fragmentos vítreos.

En la actualidad el estudio de la roca ignimbrita es muy limitado se han utilizado métodos ya obsoletos ya que el crecimiento en los métodos de construcción como los de análisis se han desarrollado muy rápido, en esta investigación se utilizó el método de triaxial rápida utilizando el nuevo anillo de carga del equipo soiltest t- 500 como los ya existentes en el laboratorio de mecánica de suelos, obteniendo diferentes resultados para realizar una comparativa y poder analizar el nuevo anillo como también se realizando un muestreo de material inalterado como alterado para poder tener un resultado con las menor cantidad de variaciones y poder obtener un estudio detallado de la roca ignimbrita



En el capítulo 1 se trata del estado de arte de temas relevantes de la siguiente investigación y de la investigaciones que se han realizado en el mundo, país y estado como también a nivel local, todo esto para tener una idea general del tema desarrollado como sus antecedentes.

En el capítulo 2 se habla del marco conceptual como son las palabras claves, como las diferentes pruebas que se realizaran en la investigación presentada.

En el capítulo 3 se describirán las diferentes pruebas que son composición granulométrica mediante el uso de mallas, límites de consistencia y contracción lineal, densidad y absorción, compactación proctor estándar, compresión simple en muestra inalterada y alterada, carga puntual en muestra inalterada y alterada, triaxial rápida en muestra inalterada y alterada utilizando diferentes anillo. Con todos los resultados encontrados y sus diferentes desarrollo de la pruebas.

En el capítulo 4 se trata del análisis del resultado como la conclusión de la siguiente investigación.



#### 4 OBJETIVO

Conocer el comportamiento Mecánico de la Roca Ignimbrita en la Zona de la Loma de Santa María, a través de un análisis de Laboratorio de las principales pruebas aplicables a las Rocas de acuerdo a la normativa existente, utilizando el nuevo anillo de carga que recibió el Equipo Soiltest T-500 como parte de la actualización constante que recibe el Laboratorio de Materiales “Luis Silva Ruelas” perteneciente a la Facultad de Ingeniería Civil de la UMSNH.

Y así tener parámetros de resistencia de la Roca en esa zona en estudio en particular

#### 5 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el crecimiento de Morelia en la zona de la loma de Santamaría ha estado en un rápido desarrollo, por lo cual se ha disparado el número de fraccionamientos Residenciales y con esto se han actualizado diferentes métodos de construcción tratando de utilizar el material de la zona y aprovecharlos al máximo, con este principio se tomó como ejemplo la roca Ignimbrita para saber su comportamiento esfuerzo-deformación-tiempo y sus diferentes características de clasificación y capacidad de carga (resistencia) para poder optimizar su uso.

Aunque se tienen resultados teóricos del comportamiento de este tipo de Roca, en diferentes libros de Mecánica de Rocas, las Rocas presentan comportamientos anisotrópicos, por lo cual es necesario realizar estudios no solo teóricos sino también prácticos con pruebas de Laboratorio, que nos den datos más exactos para utilizar en el diseño de constructivo de las diferentes obras civiles.

Mientras que con el nuevo anillo de carga se podrán realizar estudios más completos con materiales Rocosos, con la maquina Soiltest T-500 lo que traerá beneficios tanto académicos, como de servicio al público en el laboratorio de Mecánica de Suelos



## 6 ESTADO DEL ARTE

### 6.1 *Roca Ignimbrita*

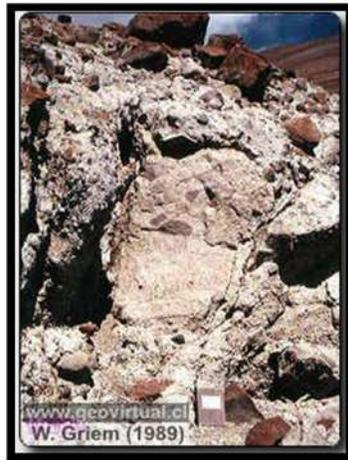
#### 6.1.1 *Ignimbrita en el mundo, México y Morelia*

##### 6.1.1.1 **Ignimbrita en el Mundo**

Ignimbritas del mioceno en la Quebrada Chañaral Alto (Atacama, Chile).

Ignimbritas son rocas extrusivas - piroclásticas. Normalmente muestran una matriz micro cristalina con minerales amorfos (vidrios). Además se encuentra trozos (piroclastos) de otras rocas parcialmente fundidos y bombas / Lapilli de la misma erupción.

Los trozos muestran frecuentemente una influencia térmica de la lava. En la Región Atacama grandes partes de los sectores cordilleranos y pre-cordilleranos están cubiertos con rocas piroclásticas del terciario. (W.Griem, 2015- 2017)



**Figura 1. Afloramiento ignimbrita cerro Bravo, Región Atacama (Chile)**

#### 6.1.2 *Ignimbrita el alacrán en bolaños Jalisco.*

La ignimbrita Alacrán se encuentra formando en partes verticales en las paredes y en los cañones que cortan y se extiende lateralmente hacia ambos lados de Bolaños. Aunque sólo se aprecia en las cercanías de Bolaños debido a que la mayor distancia está sepultada por depósitos de flujos piroclásticos más jóvenes provenientes de fuentes aún desconocidas. (Como se observa en la figura 2) (Palomares, 2012)

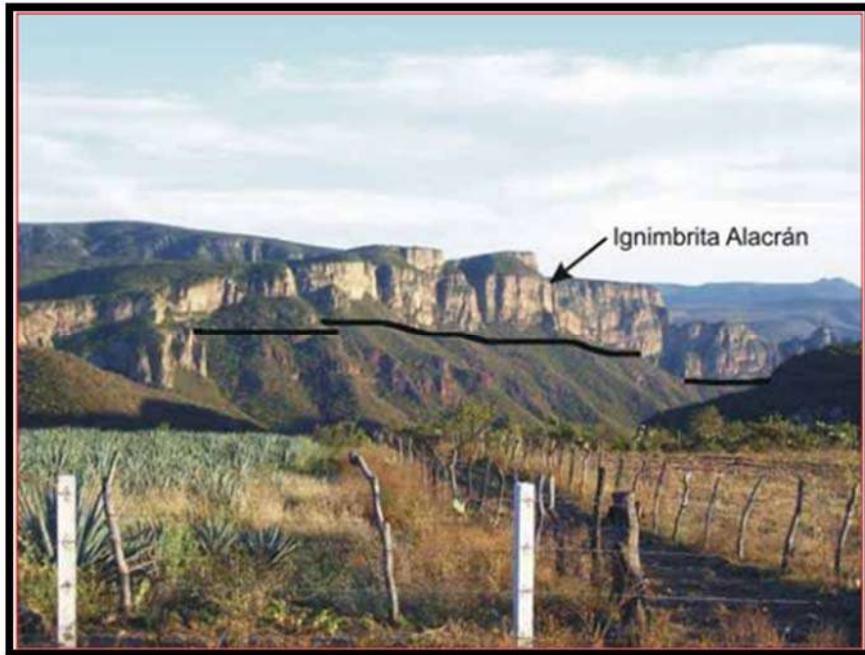


Figura 2. Escape vertical aproximadamente 250 metros de altura de ignimbrita alacrán en margen oriental del graben de Bolaños

### 6.1.3 *Ignimbrita en Morelia.*

La cantera es un antiguo sitio de explotación de un material pétreo o de un material que se ha podido extraer en grandes dimensiones o en bloques. El principal interés de esta visita es el afloramiento de las rocas que han constituido el principal material de construcción de la ciudad:

Este tipo de rocas denominado localmente como piedra de cantera de la ciudad de Morelia (Corona-Chávez, et al., 1997), también constituye un símbolo derivado de su principal característica: el color rosa que le ha valido a la ciudad el título de “La Ciudad Rosada de la Nueva España” que desde 1991 es Patrimonio de la Humanidad de la UNESCO.

La piedra explotada también se denomina comúnmente piedra pómez, toba riolítica o riolita. Desde el punto de vista de las características petrográficas el término más adecuado es ignimbrita o ignimbrita riolítica.

Por definición una ignimbrita es una roca formada por el depósito y la consolidación de ceniza y flujos piroclásticos producidos por una erupción de tipo “nubes ardientes” incluyendo tanto materiales soldados como sin soldar y procesos de recristalización. (Ayuntamiento, 2017)



**Figura 3. Erupción de tipo nube ardiente tal y como ocurrió en la localización de St. Pierre de la Martinica por la erupción de MT. Pelee en 1902 (Lacroix)**

#### 6.1.3.1 **Tipos de ignimbritas en Morelia Michoacán.**

Flujos piroclásticos ignimbriticos del Mioceno (Cantera de Morelia). Se le denomina Cantera de Morelia a los productos piroclásticos de composición riolítica generalmente de color rosa, ricos en líticos de andesitas y pómez. Tiene un espesor máximo de 200 m y se clasifica como una roca piroclástica denominada ignimbrita. Es posible subdividir esta unidad en varios horizontes, descritos de abajo hacia arriba (Garduño-Monroy, 2004)

- Brecha de rezago y flujos piroclásticos juveniles muy fracturados y alterados, de un espesor de más de 10 m, observables cerca del edificio volcánico de la caldera de Atécuaro. Este horizonte es bien visible en la carretera Atécuaro-Morelia y se presenta compuesto por lavas vítreas oscuras.
- Ignimbrita muy soldada de color rojo vino, aflorantes en la zona del Club Campestre. Además se observan interesantes fiammes oscuros y líticos.
- Ignimbrita blanca con presencia de grandes pómez, mal soldada. Aflora a lo largo del escarpe de la falla La Paloma.
- Delgada capa de un flujo de matriz arenosa con pómez amarillo claro de unos mm de diámetro
- Flujo piroclástico color rosa de líticos de andesita e ignimbritas en una matriz rica en pómez amarillo claro o blancas. Tiene un espesor de más de 40 m y actualmente es la Cantera más usada en la construcción.
- Junto a la capa basal, esta es la capa más espesa de la unidad. Está compuesta por flujos piroclásticos blancos o grises con fragmentos de pómez grandes.
- En la zona de La Paloma se observa un nivel de flujos piroclásticos con matriz arenosa, pómez milimétrica de color claro, todo mezclado con clastos muy bien redondeados de tipo fluvial, donde se distinguen clastos de andesitas, dacitas e ignimbritas, sus diámetros van de 1 cm a 20 cm.
- Ignimbrita color rojo o vino, muy soldada, con fiammes y líticos más oscuros. Con esta cantera se construyeron las obras civiles del siglo XVII (Garduño-Monroy, 2004). Para este horizonte se ha estimado una edad de 12 Ma.
- Ignimbrita blanca con micas, lítico y fragmentos de pómez. Esta capa, más resistente a la erosión, se observa en la cima de la loma de Santa María y en las actuales obras del Tecnológico de



Monterrey y, junto con la capa inferior, es la que controla la morfología del área de Morelia. (Garduño-Monroy, 2004)

## 6.2 *Mecánica de Rocas y Suelos*

### 6.2.1 *La mecánica de rocas.*

Considerarse como aquella parte de la Geotecnia que abarca todos los estudios teóricos y experimentales en sus estados tensionales y en sus condiciones hidráulicas al ser sometidas a cambios en sus estados tensionales y en sus condiciones hidráulicas. (Mazo, 2011)

La fuente de estos cambios puede ser bien natural -por ejemplo, mediante la acción ambiental- o bien humana -por realización de excavaciones, construcción de estructuras sobre la roca, etc.-, o bien comportamiento bajo cambios tensionales. Para evitar combinada, ya que la acción humana puede provocar o desencadenar, de forma acelerada, procesos ambientales que se hubieran producido más lentamente. (Mazo, 2011)

El material de estudio es "la roca", concepto que presenta serias dificultades de definición. Puede decirse que el término "roca" hace referencia a las unidades esenciales de la corteza terrestre en las que se distingue origen, composición y otras características geológicas. Es decir a materiales con:

- Una mineralogía determinada
- Una fábrica bien definida, marcada por su origen, composición, historia geológica, etc.
- Un sistema de cristalización
- Una dureza superficial que puede clasificarse dentro de la conocida Escala de Mohs (es decir entre la del talco laminar y la del diamante).
- Una consistencia o cohesión (que podemos definir globalmente como la fuerza que une las partículas y minerales) elevada.
- Una clasificación geológica reconocible: granito, esquisto, etc. (Mazo, 2011)

### 6.2.2 *Mecánica de suelos*

Los suelos son producidos por el intemperismo y la erosión de las rocas, los cuales pueden ser residuales o transportados, los primeros, son aquellos que se localizan junto a la roca que le dio origen y los transportados, se consideran aquellos que son localizados lejos de las rocas que le dan origen, siendo el medio de transporte: el agua, el viento, los glaciares, los animales o la gravedad. Los suelos por consecuencia son agregados pétreos que tienen una composición mineral idéntica a la roca que le dio origen, con la diferencia de que los suelos son partículas con un tamaño máximo de tres pulgadas (7.5 cm). (Olguín, 2011)



**Tabla 1. Las partículas con tamaño mayor se consideran fragmentos de roca (Olguín, 2011)**

<b>TAMAÑO</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>
<b>MAYORES DE 2.0 MTS.</b>	Macizo rocoso
<b>DE 70.0 CM A 2.0 MTS.</b>	Fragmentos grandes de roca.
<b>DE 20.0 CM A 70.0 CM</b>	Fragmentos medianos de roca
<b>DE 3” A 20.0 CM.</b>	Fragmentos chicos de roca
<b>NO. 4 A 3”</b>	Suelos gruesos (Grava).
<b>NO. 200 A NO. 4</b>	Suelos gruesos (Arenas)
<b>PASA LA MALLA NO. 200</b>	Suelos finos

**6.3 Loma de Santa María Morelia Michoacán**

**6.3.1 Localización**

La Ciudad de Morelia es la capital del Estado de Michoacán (figura 4), su municipio se encuentra localizado al NO. del Estado y tiene una extensión de 1,308 km<sup>2</sup>. La ciudad está ubicada en los 19°42’ Latitud Norte y los 101°11’ de Longitud Oeste, con una altura de 1941 m.s.n.m. y de acuerdo al último censo la ciudad tiene 729,279 habitantes ((INEGI), 2010)



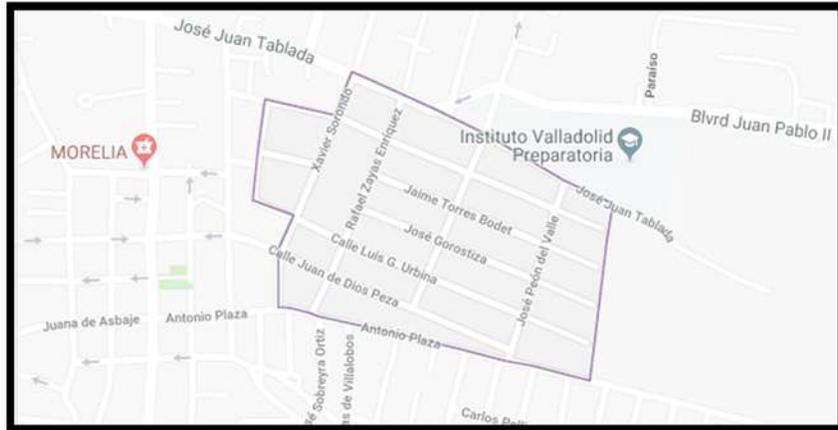
**Figura 4. Localización de la ciudad de Morelia Michoacán, México**

**6.3.2 Loma de Santa María**

El área se encuentra al sur de la ciudad de Morelia (figura 5), Sus coordenadas geográficas del punto central son: 19° 41’ 10” de latitud norte y 101°10’52” de longitud oeste. Al norte colinda con el fraccionamiento Club Campestre, colonia bosques de camelinas y Prados del Campestre, al oeste la colonia La Loma, al sur fraccionamientos residenciales, al sureste se localiza la cuenca del Rio



Chiquito donde podemos encontrar una gran cantidad de rocas ignimbrita que frecuente se construyen nuevas obras sin tomar este tipo de roca y sus explotación. (Eleazar Arreygue, 2006)



**Figura 5. Loma de Santa María, 58090 Morelia Michoacán**

**Fisiografía y geología:** La cuenca del Río Chiquito y la Loma de Santa María se localiza dentro de la región central del Cinturón Volcánico Mexicano y está constituida por una serie de eventos magmáticos ocurridos durante el Mioceno. Debido a la condición tectónica de su origen, la Loma de Santa María, proviene de un fallamiento intenso, en el cual hubo una ruptura de capas generándose un fuerte desnivel en el valle y la parte superior de la Loma. En algunos tramos se pueden observar pendientes de las del 100 %. La topografía es muy accidentada (Eleazar Arreygue, 2006).

**Clima:** El clima del área se identifica como templado seco, con lluvias en verano y una precipitación de 740 a 775 mm anuales, con siete meses secos, la mayor precipitación es de casi 160 mm en agosto y la menor de 7 mm en febrero. La temperatura media anual es de 17.0 °C con máxima de 20.8 °C en mayo y mínima de 14.7 °C en enero y diciembre.

**Geotecnia:** Se ubica al sur de la ciudad y tiene un desnivel máximo de 200 metros, caracterizado por alojar la falla de La Paloma con dirección E-O. Sé explica en la siguiente figura 6.



**Figura 6. Falla de la paloma**



La Ciudad de Morelia se edificó sobre tres unidades geológicas: Andesitas (Sierra de Mil Cumbres), Riolitas (Caldera de Atécuaro) y depósitos aluviales del Cuaternario (planicie de la ciudad). La caracterización de macizos rocosos (Andesitas y Riolitas), la Loma de Santa María (con desnivel de más de 200 m, Riolitas). (Eleazar Arreygue, 2006)

#### 6.4 *Cámara Triaxial y Anillo de Carga Soiltest T-500*

##### 6.4.1 *Descripción Cámara Triaxial*

La finalidad de la cámara triaxial, es la de montar el espécimen del suelo en estudio, para posteriormente someterlo a los esfuerzos de confinamiento, contrapresión y esfuerzo de desviado (como se puede ver en la siguiente figura 7).



**Figura 7. Cámara triaxial laboratorio de materiales “Luis Silva”**

La cámara se conforma por un cilindro de acrílico conocido como cuerpo de la cámara, el cual tiene una altura aproximada de 21 cm, con un diámetro exterior de 12.5 cm y un espesor de 0.65 cm en su pared (figura 8).

Dicho cilindro se acopla en dos placas semi redondas metálicas, conocidas como base y cabezal de la cámara, las cuales son selladas perfectamente por medio de goma o hule (empaques), logrando así la admisión de agua dentro de la cámara para posteriormente aplicar la presión de confinamiento al espécimen sin tener fugas de agua.

En la zona interior de la cámara se localizan dos cilindros cortos conocidos como pedestal y cabezal del espécimen, los cuales constan de piedras porosas en los contactos con el espécimen. Estos cilindros están perforados con la finalidad de permitir el flujo del agua. Para lo cual el cabezal del espécimen es comunicado con la base de la cámara por medio de una manguera de 3 mm; y el pedestal del espécimen forma parte de la base de la cámara, la cual es atravesada materialmente, para comunicar con un juego de válvulas.

El cabezal del cilindro cuenta con una perforación donde se localiza el vástago, que tiene como finalidad la transmisión de la carga axial al espécimen. Para poder aplicar la carga, el vástago es apoyado en el cabezal del espécimen, para distribuir de manera uniforme la carga al espécimen.



En la base del cilindro se localiza un juego de válvulas las cuales comunican con las piedras porosas del espécimen, el transductor de presión de poro, el sistema de contrapresión y presión de confinamiento. El objetivo primordial del sistema de válvulas es permitir o impedir el paso del agua dentro o fuera de la cámara y del espécimen. (Como se puede ver en la figura 8) (Núñez, 2011)

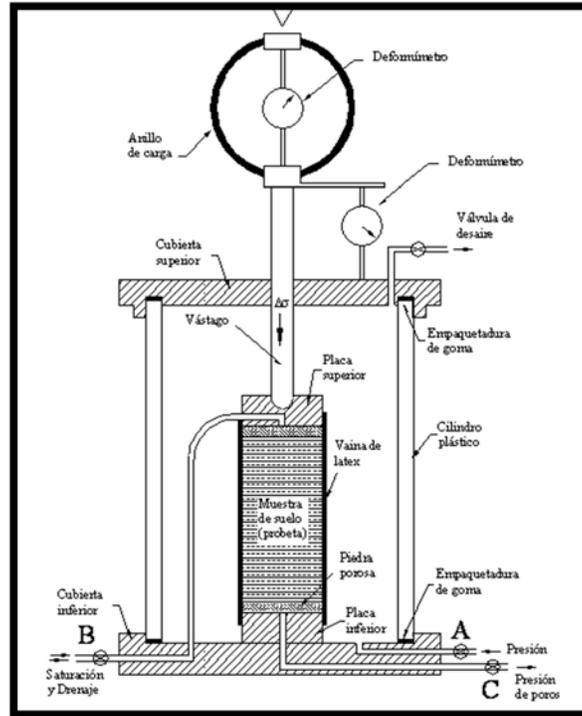


Figura 8. Esquema detallado cámara triaxial

6.4.2 *Anillo de carga Soiltest T-500*

El primero es usado como un transductor donde la carga originada por el aparato de corte es transmitida a la muestra de suelo mediante éste (se observa en la figura 10) y el segundo es un instrumento de precisión que mide el desplazamiento o la deformación (se observa en la figura 9). Cada anillo de carga ha sido calibrado en fábrica de tal manera que se puede conocer la relación fuerza-deformación mediante un factor CR; de esta manera a partir de la deformación del anillo medida con el deformímetro se puede determinar la fuerza que actúa sobre éste. (Ortiz, 2013)



Figura 10  
Instrumento de  
precisión que  
mide el  
desplazamiento

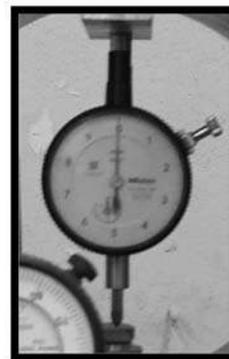


Figura 9 Transductor de  
carga



## 7 MARCO CONCEPTUAL

- Determinación de la composición granulométrica mediante el uso de mallas

Esta prueba consiste en separar por tamaños las partículas de suelo, pasando a través de una sucesión de mallas de aberturas cuadradas y pesar las proporciones que se retienen en cada una de ellas, expresando dicho retenido como porcentajes en peso de la muestra total. (SCT, Granulometría de materiales compactable para terracerías, 2016)

- Determinación de límites de consistencia y contracción lineal

Conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla Núm. 40, cuyos resultados se utilizan principalmente en edificación y clasificación de los suelos. (SCT, límites de consistencia (M-MMP-1-07/07) (Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales), 2007)

- Densidad y adsorción

Esta prueba permite determinar las relaciones masa-volumen de los materiales respecto a la relación masa-volumen del agua, así como la absorción de los materiales y se utilizan para calcular los volúmenes ocupados por el material o mezcla de materiales en sus diferentes condiciones de contenido de agua y el cambio de masa del material debido a la entrada de agua en sus poros, con respecto a su condición en estado seco (SCT, Densidades relativas y absorción (MMP-1-07/07)(Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales), 2007)

- Prueba de compactación proctor estándar

La prueba permite determinar la curva de compactación de los materiales para terracería y a partir de esta inferir a su masa volumétrica seca máxima y su contenido de agua óptima (AASHTO, 2006-2009)

- Prueba de compresión simple

Determinar la Cohesión (C) del suelo en estudio, al aplicarle carga axial a una muestra cilíndrica de suelo. Se realizaron dos muestras una pulverizada y otra moldeada desde de la roca para obtener dos criterios bases (Guillermo Arévalo Cervantes, 2009)

- Carga puntual en roca

Este ensayo permite determinar en el laboratorio la resistencia uniaxial no confinada de la roca, o resistencia a la carga puntual,  $\sigma_c$ . Es un ensayo para la clasificación de la roca por su resistencia. La relación entre los esfuerzos aplicados

- Prueba triaxial rápida

Determinar la Cohesión (C) y el Angulo fricción ( $\Phi$ ) interna del suelo en estudio. (Guillermo Arévalo Cervantes, 2009)



## 8 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 8.1 Muestreo En Campo

Extracción por medio de pico, pala y costales de lugares variados para conseguir una muestra representativa de la loma de Santamaría



Figura 11. Extracción de material de investigación en campo a mano en loma de Santamaría

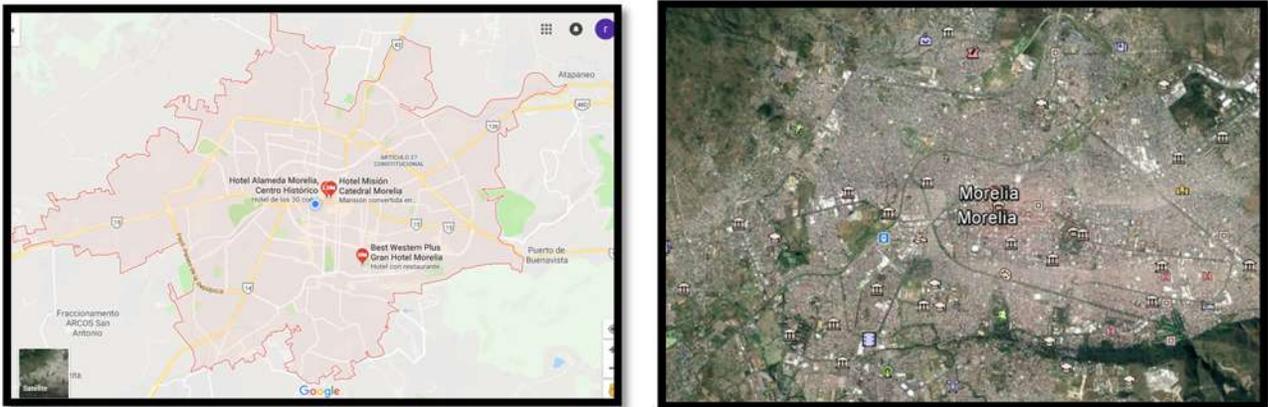


Figura 12. Macro localización loma de Santamaría (Google Maps. 2018)



Figura 13. Microlocalización loma de Santamaría (Google Maps. 2018)



8.2 *Determinación De La Composición Granulométrica Mediante El Uso De Mallas*

8.2.1 *Equipo y material*

Tabla 2. Equipo para prueba de granulometría mediante usos de mallas (M-MMP-06-0)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Balanza de 2 kg de capacidad y 0.1 gr de aproximación.</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Charola de lámina.</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cucharon de lámina.</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Horno con termostato para mantener una temperatura constante de <math>105 \pm 5</math> °C.</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cepillo de cerdas.</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cepillo de alambre delgado.</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Desecador de cristal.</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Juego de mallas</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tapa y fondo para el juego de mallas.</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Vaso de aluminio de 1 litro.</b></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Agitador de varilla metálica de 6 milímetros de diámetro y 20 cm de longitud.</b></li> </ul>	

**Tabla 3. Equipo para prueba de granulometría mediante usos de mallas (M-MMP-06-0)****8.2.2 Preparación de la muestra**

1. Se obtiene por cuarteo una porción representativa con peso aproximado de 15 kg (figura 14), el cual se determina y se anota como  $W_m$  (Peso de la muestra), con aproximación de un gramo. (Norma M-MMP-06-03)



**Figura 14. Porción representativa pulverizada de roca ignimbrita**

2. Cuando se requiere conocer con mayor exactitud el porcentaje de material que pasa la malla No 200 o bien, en el caso de estudios especiales, la muestra seca y disgregada obtenida como se indicó en el paso 1. (M-MMP-06-03).

2.1 Se someterá a un lavado previo (figura 15), colocándola en un recipiente provisto de vertedero y aplicándole una corriente de agua en forma continua y de tal manera que derrame sobre la malla Núm. 0.075 convenientemente colocada; durante este proceso la muestra se removerá en forma adecuada para propiciar el arrastre de la fracción fina, suspendiendo el lavado cuando el agua que salga del vertedero este clara; se dejara escurrir la muestra (M-MMP-06-03).



**Figura 15. Lavado previo**

2.2 Se seca en el horno a peso constante, a una temperatura de  $105 \pm 5$  °C; posteriormente se saca del horno, se deja enfriar a la temperatura ambiente y se determina su peso registrándolo como  $W'_m$  (Peso de la muestra después del lavado), con aproximación de 1 gramo. La diferencia entre  $W_m$  y  $W'_m$  (Peso de la muestra antes del lavado) es el peso de la fracción que pasa la malla N° 200. (M-MMP-06-03).



1. Una vez preparada la muestra cómo se indicó en los pasos 1 y 2, se criba el material por la malla N° 4, para separarlo en dos fracciones; se determina el peso de ellas, se anota como  $W_m 1$  el peso de la fracción retenida en la malla Núm. 4.75 y como  $W_m 2$  a la fracción que pasa esta malla, ambos con aproximación de 1 gr. (M-MMP-06-03).

### 8.2.3 *Procedimiento de la prueba*

1. Se coloca esta muestra en el vaso metálico y se agrega 500 centímetros cúbicos de agua aproximadamente (figura 16), dejándose en reposo durante 12 horas, como mínimo.



**Figura 16. Se coloca 500 cm<sup>2</sup>**

2. Después de transcurrido este lapso de tiempo, se lava la muestra a través de la malla Núm. 0.075 (N° 200), (figura 17). El lavado se hará agitando el contenido del vaso con la varilla durante 15 segundos, moviéndola en forma de 8 y dejando reposar dicho contenido durante 30 segundos. Inmediatamente después se decanta la suspensión sobre la malla Núm. 0.075 (N° 200). Para facilitar el paso de las partículas final a través de la malla, deberá aplicarse sobre esta un chorro de agua a baja presión.



**Figura 17. Lavado mediante la malla no. 200**

3. Se repite la operación de lavado indicada en el paso 2, hasta que el agua decantada salga clara.

4. A continuación se regresa al vaso metálico el material que se haya retenido en la malla Núm. 0.075 (N° 200). Utilizando un poco de agua (figura 18), la que se decantara del vaso al final de la operación, cuidando que no haya arrastre de partículas.



**Figura 18. Regresa al baso**

5. Se seca el material en el mismo vaso metálico, dejándolo en el horno un lapso no menor de 16 horas, a una temperatura de  $105 \pm 5$  °C, hasta peso constante; a continuación se saca del horno y se deja enfriar en el desecador de cristal hasta que la muestra tenga una temperatura cercana a la ambiental (figura 19).



**Figura 19. Secado de material**

9. Se superponen las mallas a partir de la charola de fondo, en el siguiente orden,

Núm. 0.075, Núm. 0.150, Núm. 0.250, Núm. 0.425, Núm. 0.850 y Núm. 2.0 (figura 20). Se vierte el material sobre la malla superior, se coloca la tapa, y se efectúa la operación de cribado, imprimiendo al juego de mallas un movimiento vertical y horizontal, durante 5 minutos; en esta operación es conveniente utilizar el agitador mecánico.



Figura 20. Mallas Núm. 0.075, Núm. 0.150, Núm. 0.250, Núm. 0.425, Núm. 0.850 y Núm. 2.0

10. Se quita la tapa, se separa la malla Núm. 2.0 y se agita sobre una charola. Hasta que se estime que el peso del material que pase dicha malla durante 1 minuto, no sea mayor de 1 gr. Se vierte sobre la malla Núm. 0.850 el material que pasó la malla Núm. 2.0 y se deposita en la charola. Se repite este procedimiento del cribado adicional con cada una de las mallas restantes. Las partículas que hayan quedado atoradas deberán regresarse a las porciones retenidas correspondientes, cepillando las mallas por al revés. A continuación se pesan los materiales retenidos en cada una de las mallas y se anotan los pesos respectivos como  $W_j$  (figura 21).



Figura 21. Peso del material que retiene la malla

### 8.2.4 Resultados

#### ENSAYE 1



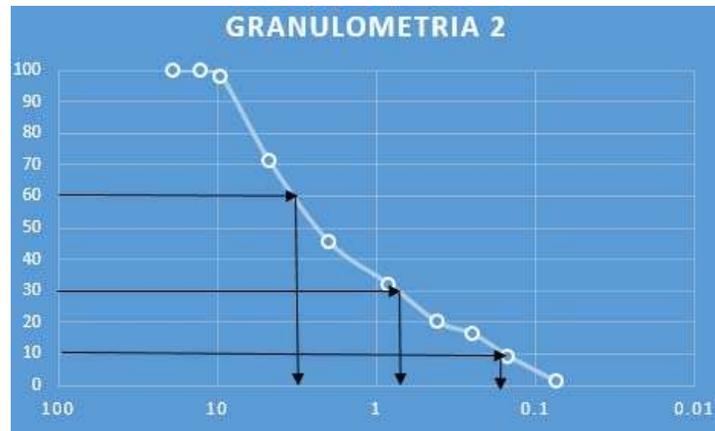
Grafica 1. D 10, D 30, D 60 tomando datos de anexo 2



Tabla 4. Cantidad de G, S, F tomando en cuenta los anexos 1 y 2

Diámetros característico (mm)	coeficientes de uniformidad		clasificación de material	cantidad en %
D10	0.2	Cu	40 >De 3''	0
D30	3	Cc	5.625 G	57.63
D60	8		S	41.85
			F	0.52
			pasa la malla n°4	42.37

ENSAYE 2



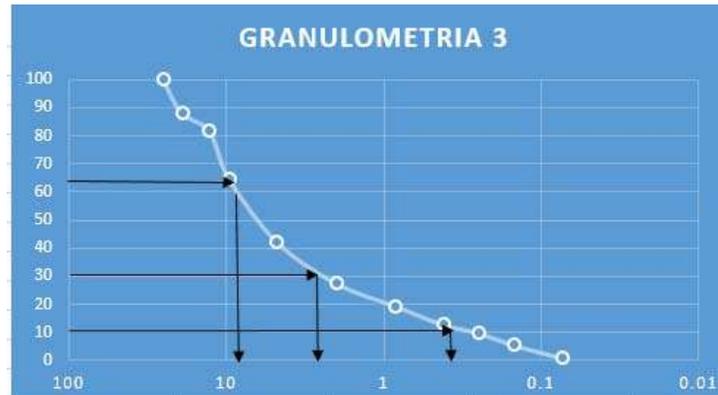
Grafica 2. D10, D30, D60 tomando datos de anexo 4

Tabla 5. Cantidad de G, S, F tomando en cuenta los anexos 3 y 4

Diámetros característicos (mm)	coeficientes de uniformidad		clasificación de material	cantidad en %
D10	0.15	Cu	22.53 >De 3''	0
D30	0.8	CC.	1.26 G	28.53
D60	3.38		S	70.12
			F	1.35
			pasa la malla n°4	71.47



ENSAYE 3



Grafica 3. D10, D30, D60 tomando datos de anexo 6

Tabla 6. Cantidad de G, S, F tomando en cuenta los anexos 5 y 6

Diámetros característicos (mm)	coeficientes de uniformidad		clasificación de material	cantidad en %
D10	0.3	Cu	>De 3''	0
D30	2.5	Cc	G	57.67
D60	8.9		S	41.42
			F	0.92
			pasa la malla n°4	42.33

8.3 *Determinación De Límites De Consistencia Y Contracción Lineal*

8.3.1 *Plasticidad*

Los tres estados de la materia que se identifican son: el sólido, el líquido y el gaseoso. El estado sólido se identifica por su impenetrabilidad, el líquido y el gaseoso se reconocen porque son estados fluidos. Sin embargo, existe un cuarto estado conocido como estado plástico, caracterizado porque a la materia se le puede dar la forma que uno quiera, esto es que puede ser moldeada; ésta es la consistencia que adquiere la masa para hacer pasteles cuando el panadero la trabaja. En los suelos para lograr ese estado es necesario hacer un “remoldeo” del suelo con espátulas y agregarle o quitarle agua hasta lograr la consistencia plástica; de hecho existe un rango de humedades para las cuales el suelo se comporta plásticamente. Incluso se puede hablar de estado intermedios de la materia tales como el semisólido o el semilíquido dependiendo del contenido de agua del suelo remoldeado. Esto se explica esquemáticamente en la Figura 16, para los distintos estados de la materia:



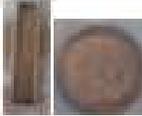
### 8.3.2 *Estados de consistencia.*

- Estado líquido: es el que presentan los suelos cuando manifiestan las propiedades de una suspensión.
- Estado semilíquido: cuando los suelos tienen el comportamiento de un fluido viscoso.
- Estado plástico: en el cual los suelos presentan las propiedades de plasticidad mencionadas anteriormente.
- Estado semisólido: en el que la apariencia de los suelos es de un sólido; sin embargo, al secarse disminuye su volumen.
- Estado sólido: en el que el volumen de los sólidos no varía aun cuando se le someta a secado.



8.3.3 *El equipo y materiales necesarios son los siguientes*

Tabla 6. Material y equipo en pruebas de límites líquido, plástico y contracción lineal

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cápsula de porcelana de 12 cm de diámetro.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espátula de hoja de acero flexible de 7.5 cm de longitud y de 2 cm de ancho, con punta redonda.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuenta gotas.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Copa de Casagrande calibrada para una altura de caída de 1 cm, provista de ranuradores, uno plano y otro curvo, con las características que se indican en</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vidrio de reloj.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza de 200 gr de capacidad y 0.01 gr de aproximación.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno con termostato que mantenga una temperatura constante de <math>105 \pm 5</math> °C.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaso de 0.5 litros de capacidad.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paño absorbente.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alambre de acero, de 3 mm de diámetro y 10 cm de longitud.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moldes de lámina galvanizada del N° 16, con sección de 2 por 2 cm y de 10 cm de longitud.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibrador con vernier del tipo Máuser.</li> </ul>	



#### 8.3.4 *Determinación del límite líquido*

- Se toma una muestra de 150 gr, aproximadamente, del material preparado de acuerdo a lo anterior explicado, este material se coloca en una cápsula de porcelana y se procede a homogenizar la humedad con la espátula.



**Figura 22. Homogenizar el material**

- Logrado lo anterior se coloca en la copa de Casagrande (figura 23), previamente calibrada, una cantidad suficiente de material para que una vez extendido con la espátula se tenga un espesor de 8 a 10 milímetros en la parte central de la muestra colocada. Para extender el material se procede del centro hacia los lados, sin aplicarle una presión excesiva y con el número mínimo de pasadas de la espátula.



**Figura 23. Copa de Casagrande**

- Se efectúa una ranura en la parte central del material que contiene la copa (figura 24), con una pasada firme del ranurador, como se muestra en la manteniéndolo siempre normal a la superficie de la copa. Si el material se desliza sobre la copa cuando se use el ranurador curvo, podrá darse hasta 6 pasadas profundizando paulatinamente la ranura, de manera que solamente en la última pasada el ranurador toque el fondo de la copa.



Figura 24. Ranura en la parte central (copa Casagrande)

- La cantidad de agua agregada al material deberá ser en tal forma que las cuatro determinaciones efectuadas, quedan comprendidas entre 10 y 35 golpes, siendo necesario obtener 2 valores arriba y 2 debajo de 25 golpes. Para consistencias menores de 10 golpes es difícil identificar el momento de cierre de la ranura en la longitud especificada, por otra parte y para más de 35 golpes (figura 25), se dificulta la ejecución de la prueba.



Figura 25. Después de 25 golpes (copa Casagrande)

### 8.3.5 *Determinación del límite plástico*

- Se toma una muestra de material preparado de acuerdo con la prueba de LL (figura 26), a la cual se le da la forma de una pequeña esfera de aproximadamente 12 mm de diámetro, que deberá moldearse con los dedos para que pierda la humedad y se forma un cilindro manipulándolo sobre la palma de la mano, aplicando con los dedos la presión necesaria para tal fin.



**Figura 26. Muestra limite plástico**

- A continuación, se rola el cilindro con los dedos de la mano sobre la placa de vidrio, dando la presión requerida para reducir su diámetro hasta que este sea uniforme en toda su longitud y ligeramente mayor de 3 mm, la velocidad de rodado deberá ser de 60 a 80 ciclos por minuto, entendiéndose por ciclo un movimiento completo de la mano hacia adelante y hacia atrás, hasta volver a la posición de la partida.
- Si al alcanzar dicho diámetro el cilindro no se rompe en varias secciones simultáneamente, su humedad es superior a la del límite plástico. En ese caso se debe juntar todo el material, se forma nuevamente una pequeña esfera, manipulándola con los dedos para facilitar la pérdida de agua y lograr una distribución uniforme de la misma.
- Se repiten los pasos 1 hasta el 3 hasta lograr que el cilindro se rompa en varios segmentos precisamente en el momento de alcanzar el diámetro de 3 mm. Dicho diámetro se verifica comparándolo con el alambre de referencia.
- En seguida se colocan en un vidrio de reloj todos los fragmentos en que se halla dividido el cilindro y se efectúa la determinación del contenido de humedad correspondiente.
- Para mayor seguridad en los resultados de la prueba, se deberá llevar a cabo por lo menos 3 determinaciones sucesivas del límite plástico, en cada muestra.
- Los suelos con lo que no es posible formar cilindros del diámetro especificado, con ningún contenido de agua, se consideran como no plásticos.



**Figura 27. Material no plástico (limite plástico)**

### 8.3.6 ***Determinación de la contracción lineal***

- Se agrega a la muestra agua o material menos húmedo tomando de la porción preparada, hasta lograr que la humedad sea la correspondiente a la del límite líquido, lo cual se verifica empleando la copa de Casagrande y cumpliendo con la condición de que la ranura se cierre en una longitud de 13 mm precisamente a los 25 golpes (figura 28).



**Figura 28. Preparación para contracción lineal**

- Con el material preparado en las condiciones indicadas se procede a llenar el molde de prueba, al cual se le habrá aplicado previamente una capa delgada de grasa en su interior para evitar que el material se adhiera a sus paredes (figura 29).



**Figura 29. Preparación molde (contracción lineal)**

- El llenado del molde se efectúa en 3 capas, utilizando la espátula y golpeándolo después de la colocación de cada capa contra una superficie dura; para esto último, deberá tomarse el molde por sus extremos, procurando siempre que el impacto lo reciba en toda su base, lo cual se logra conservando paralelismo entre dicha base y la superficie sobre la cual se golpea. En cada caso las operaciones de golpeo deberán prolongarse lo suficiente para lograr la expulsión del aire contenido en la muestra colocada, lo que se pone de manifiesto cuando ya no aparecen burbujas en su superficie.
- A continuación se enrasa el material en el molde utilizado con la espátula y se deja orear a la sombra hasta que cambie ligeramente su color, después de lo cual se pone a secar en el horno por un periodo de 18 horas, aproximadamente, a una temperatura de  $105 \pm 5$  °C.
- Se extrae del horno el molde con el espécimen, se deja enfriar a la temperatura ambiente y a continuación se saca del molde la barra.



Figura 30. Secado muestra temperatura ambiente (contracción lineal)

- Finalmente, se mide con el calibrador la longitud media de la barra del material seco y la longitud interior del molde (figura 31), con aproximación de 0.01 cm.



Figura 31. Medición de la muestra (contracción lineal)

8.3.7 **Resultados**

Tabla 7. Resultados limites inapreciables

limite liquido			
<b><u>Inapreciable</u></b>			
limite plástico			
<b><u>Inapreciable</u></b>			
humedad natural			
C.L.	CAPSULA NO.	LI(CM)	LF(CM)
	2	9.99	9.83



### 8.4 *Densidad y Adsorción*

#### 8.4.1 *Definición*

La determinación de las densidades relativas, así como de la absorción, se hace considerando que, si se representa esquemáticamente una muestra de suelo o una partícula gruesa de material pétreo, parcialmente saturadas, formadas por sus fases sólida, líquida y gaseosa.

Absorción del material es la masa del agua o líquido que penetra en los espacios entre las partículas de un suelo y en las oquedades de las partículas gruesas, cuando se le deja sumergido en agua a una temperatura de 15 a 25° C, durante 24 h; se expresa en por ciento con relación a la masa de sólidos del material.

#### 8.4.2 *Equipo y materiales*

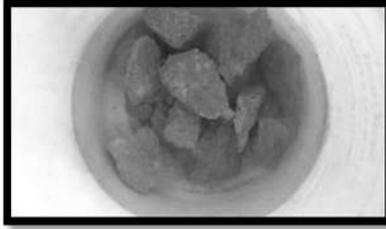
El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes. Todos los materiales por emplear serán de alta calidad, considerando siempre la fecha de su caducidad.

**Tabla 8. Equipo de prueba de densidad y absorción**

<p>Horno</p> <p>Con capacidad suficiente para contener la porción de la muestra que será probada, ventilado, provisto de termostato capaz de mantener una temperatura de 105°C y aproximación de <math>\pm 5^\circ\text{C}</math></p>	
<p>Picnómetro tipo sifón</p> <p>Formado por un cilindro metálico de 163 mm de diámetro y 370 mm de altura, con un sifón colocado a 250 mm de su base</p>	
<p>Probeta graduada</p> <p>De 1000 m<sup>3</sup> de capacidad y aproximadamente de 10cm<sup>3</sup></p>	
<p>Agua</p> <p>Destilada</p>	
<p>Recipiente</p> <p>Se dejara saturando en agua el material</p>	

#### 8.4.3 *Procedimiento de prueba*

- Se coloca el material en saturación en el recipiente con agua 24 hr. (figura 32).



**Figura 32. Preparación muestra (densidad y adsorción)**

- Se coloca el picnómetro sobre una superficie horizontal libre de vibraciones y se llena con agua destilada hasta el nivel de derrame, dejando abierto el grifo de salida, bajo el grifo, en su extremo se coloca una probeta graduada vacía (figura 33).



**Figura 33. Preparación picnómetro (densidad y absorción)**

- Del material saturado y superficialmente seco, se obtiene su masa y se registra como  $W_1$  (figura 34), en g, se sumerge el material en el picnómetro y se recolecta en la probeta graduada el agua desalojada. Al concluir la inmersión del material, se mide sobre la escala de la probeta graduada el volumen correspondiente y se registra como  $V_1$ , en  $\text{cm}^3$  (figura 35).



**Figura 34. Masa la muestra (densidad y absorción)**



**Figura 35. Volumen desalojado (densidad y absorción)**

- Se extrae el material del picnómetro y se coloca en una charola para secarlo en el horno a una temperatura de  $105 \pm 5^\circ \text{C}$  durante 20 hr o hasta masa constante (figura 36). Transcurriendo este tiempo, el material se saca del horno se deja enfriar hasta temperatura ambiente.



**Figura 36. Secado de la muestra (densidad y absorción)**

- Una vez enfriando, se determina la masa del material seco se registra como  $W_s$ , en g.

**8.4.4 Resultado**

Se realizan 8 ensayos con estratos diferentes

**Tabla 9. Densidad y absorción mues. 1 a mues. 5 utilizando el anexo 7**

<b>Densidad</b>	<b>2.00</b>	<b>Densidad</b>	<b>2.06</b>	<b>Densidad</b>	<b>2.14</b>	<b>Densidad</b>	<b>2.10</b>	<b>Densidad</b>	<b>2.04</b>
Absorción	11.84	Absorción	13.97	Absorción	10.00	Absorción	10.39	Absorción	12.24

**Tabla 10 Densidad y absorción mues. 6 a mues. 8 utilizando el anexo 8**

<b>Densidad</b>	<b>2.12</b>	<b>Densidad</b>	<b>2.07</b>	<b>Densidad</b>	<b>2.09</b>
Absorción	10.32	Absorción	11.38	Absorción	10.88

**Conclusión**

Densidad = **2.08**

Absorción = **11.38**



### 8.5 Prueba De Compactación Proctor Estándar

Variantes de las pruebas

Cada prueba, según su tipo se realizara compactando el material con el pisón y en el número de capas se indican en la tabla 11

Tabla 11. Variantes del pisón

TIPO DE PRUEBA	ESTÁNDAR	MODIFICADA
MASA DEL PISÓN, KG	2.5+0.01	4.54+-0.01
NUMERO DE CAPAS DEL MATERIAL	3	5

#### 8.5.1 Equipo

Tabla 12 equipo prueba de compactación proctor estándar

<ul style="list-style-type: none"> <li>Molde de forma cilíndrica, de <math>101.6 \pm 0.4</math> y/o <math>152.4 \pm 0.7</math> mm de diámetro interior, según la variante de la prueba que se vaya a realizar</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pisón de un peso de 2.5 y/o 4.54 kg, según la variante de la prueba.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Charola rectangular de 40 X 70 X 10 cm.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cápsulas</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Horno capaz de mantener una temperatura de <math>105 \pm 5</math> °C.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Balanza de capacidad mínima de 15 kg y con aproximación a 5 gr; otra con capacidad mínima de 2 kg y aproximación a 0.1 gr</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Probeta con capacidad de 100 ml y/o 500 ml.</li> </ul>	



<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malla N° 4 y/o 3/4".</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regla o solera para enrasar.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cucharón.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaso de aluminio.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceite y brocha.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estopa para limpieza del molde.</li> </ul>	

**8.5.2 Preparación de la muestra**

Después de su secado y disgregado y cuarteo, se separa una porción representativa aproximadamente 4 kg (figura 37) para las variantes A y C, y de aproximadamente 7.5 kg, para las variantes B y D.



**Figura 37. Muestra (compactación proctor estándar)**

En el caso de las variantes A y B, el material se criba a través de la malla N° 4 (4.75 mm) (figura 38), mientras que para las variantes C y D se hace a través de la malla 3/4" (19 mm). Se homogeniza perfectamente el material que constituye la porción de la prueba.



**Figura 38. Cribado de muestra (compactación proctor estándar)**

### 8.5.3 *Procedimiento*

Se pesan las cápsulas de aluminio (figura 39) y el molde de compactación, anotando estos datos en el registro correspondiente.



**Figura 39. Características de molde (compactación proctor estándar)**

Se le incorpora la cantidad de agua suficiente (como se muestra en la figura 40) para que tenga de un 4 a un 6% abajo de la humedad óptima estimada, se uniformiza la humedad.



**Figura 40. Incorporación de agua (compactación proctor estándar)**

En caso de que se hayan formado grumos durante la incorporación del agua, se revuelve el material hasta disgregarlo totalmente. Se mezcla cuidadosamente la porción para homogeneizarla y se divide en 3 partes aproximadamente iguales (figura 41), en el caso de la prueba estándar y en 5 para la prueba modificada.



**Figura 41. Homogenización de muestra (compactación proctor estándar)**

Se coloca una de las fracciones de material en el molde de prueba seleccionado de acuerdo a la variante de que se trate, con su respectiva extensión, el cual se apoya sobre el bloque de concreto para compactar el material con el pisón, altura de caída y número de golpes correspondiente según la variante de la prueba (figura 42). Se escarifica ligeramente la superficie de la capa compactada y se repite el procedimiento descrito para las capas subsecuentes (figura 43).



**Figura 42. Compactación primera parte (compactación proctor estándar)**



**Figura 43. Compactación segunda parte (compactación proctor estándar)**



Terminando la compactación de todas las capas, se retira la extensión del molde y se verifica que el material no sobresalga en un espesor promedio de 1.5 cm como máximo; de lo contrario la prueba se repetirá utilizando de preferencia una nueva porción de prueba con masa ligeramente menor que la inicial, en caso de que no exceda dicho espesor, se enrasa el molde y se pesa (figura 44), registrándolo como:

Peso del molde + suelo húmedo.



**Figura 44. Peso del material (compactación proctor estándar)**

Se saca el material del molde, se corta longitudinalmente (como se muestra en la Figura 45) y de su parte central se obtiene una porción representativa para determinar su contenido de humedad.



**Figura 45. Retiro de material del molde (compactación proctor estándar)**

Se vacía el suelo húmedo a la primera cápsula de aluminio que se haya pesado, hasta completar las  $\frac{3}{4}$  partes de su capacidad, la cual se pesa y se registra como:

(Peso de cápsula + suelo húmedo)

Las cápsulas se introducen al horno; esto es con el fin de determinar el contenido de agua para este ensaye.



Se reintegra al resto del material que se encuentra en la charola, se disgrega hasta dejarlo como estaba inicialmente.

Se le hace el incremento de agua recomendado (figura 46), que es de un 2% con respecto al peso inicial de la muestra (4,000 gr); por lo que la cantidad de agua a agregar es:

Cantidad de agua =  $4,000 \times 0.02 = 80$  gr de agua u 80 ml.



**Figura 46. Incremento de agua (compactación proctor estándar)**

Se distribuye la humedad en forma homogénea y se repite la compactación como se describió anteriormente; se compacta las veces necesarias hasta que el peso del molde + suelo húmedo de un valor igual o menor que el inmediato anterior (figura 47).



**Figura 47. Homogenización del material (compactación proctor estándar)**

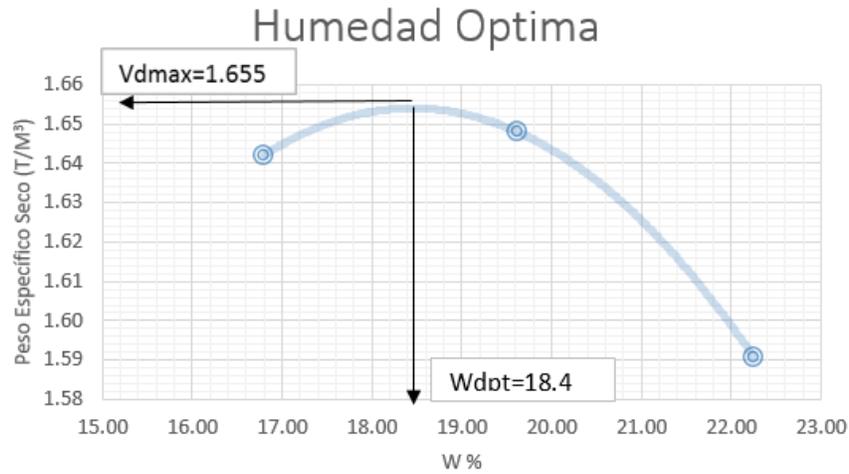
Es recomendable que esta prueba se logre en un mínimo de 3 ensayos y un máximo de 6, con el fin que se logre definir la parábola de forma completa.

Después de 24 hrs. las cápsulas son extraídas del horno y se pesan, registrándolas como:

Peso de cápsula + suelo seco



8.5.4 **Resultados**



Grafica 4. Resultado prueba proctor estándar basado en anexo 9

8.6 **Prueba De Compresión Simple**

8.6.1 **Equipo y material a utilizar**

Tabla 13 equipo prueba de compresión simple

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa con buena aproximación o una prensa triaxial.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibrador con vernier.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza con aproximación a 0.1 gr.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cronómetro.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molde cilíndrico.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pisón.</li> </ul>	



### 8.6.2 *Procedimiento*

1. Si se trata de muestra inalterada (figura 48), se labran los cilindros; también se pueden remoldear tratando de reproducir el peso volumétrico que se requiera, buscando que el diámetro de estos, sea de 3.3 cm y la altura sea de 2 a 2.5 veces el diámetro.



**Figura 48. Muestra inalterada labrada (compresión simple)**

2. Si las muestras son labradas se medirán los diámetros: superior ( $D_s$ ), central ( $D_c$ ) e inferior ( $D_i$ ).
3. De los diámetros anteriores se saca el promedio, el cual es multiplicado por 2.5, esto para obtener la altura que tendrá el espécimen.
4. Se corta el espécimen a la altura media calculada, después de haberlo cortado, se toma la altura real del espécimen y es la que se anota como altura media ( $H_m$ ).
5. Se coloca la muestra en la prensa (figura 49), se le coloca la placa de aplicación de carga.



**Figura 49. Prensa (compresión simple)**



6. Se procede a aplicar la carga a la muestra, tomando lecturas de carga y deformación correspondiente a cada 15 segundos, hasta que el espécimen falle (figura 50), esto es, que se registren 2 cargas iguales o que de una carga menor que la inmediata anterior.



**Figura 50. Falla de la muestra (compresión simple)**

7. Se realizan los cálculos del registro y se obtiene el valor de la Cohesión del suelo con la siguiente fórmula:

$$\text{Cohesión}(C) = Q_u / 2$$

Donde:

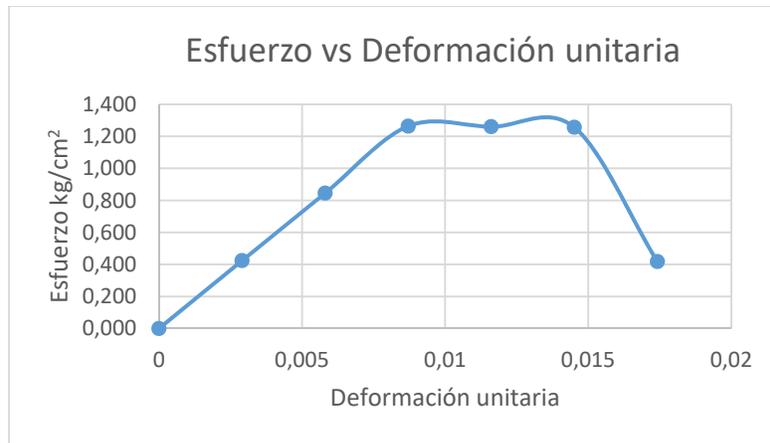
$$Q_u = \text{Esfuerzo máximo kg/ cm}^2$$

### 8.6.3 Resultados

Ensayo 1 Factor 8.44

**Tabla 14, Ensayo 1. Características de la muestra compresión simple basado en anexo 10**

CONTENIDO DE AGUA				
<b>Wi</b>	160.2	Gr	capsula no.	42-R
<b>Vi</b>	86.9097951	Cm <sup>3</sup>	Peso caps. + s.h.	296.2 gr
<b>m</b>	1.8432905	gr/cm <sup>3</sup>	Peso caps. + s.s.	278.2 gr
			peso de la cap.	134.6 gr
			peso del agua	18 gr
			peso suelo seco	143.6 gr
			w%	12.5348189



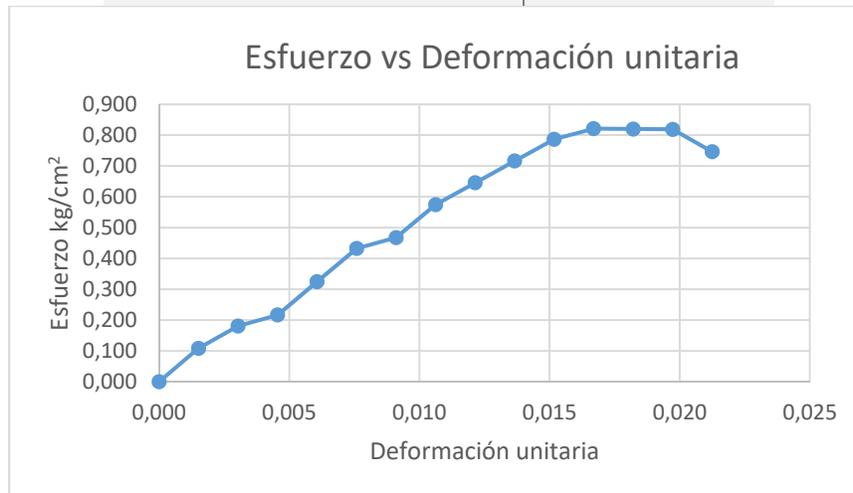
Grafica 5. Ensayo 1, Esfuerzo vs deformación unitaria tomando en cuenta el anexo 10, 11

**Ensayo 2**  
**Factor 0.63**

Tabla 15. Ensayo 2. Características de la muestra compresión simple basado en anexo 12

**CONTENIDO DE AGUA**

<b>CAPSULA NO.</b>	42-R	
<b>PESO CAPS. + S. H.</b>	255.4	Gr.
<b>PESO CAPS. + S. S.</b>	236.2	Gr.
<b>PESO DE LA CAPS.</b>	134.6	Gr.
<b>PESO DEL AGUA</b>	19.2	Gr.
<b>PESO SUELO SECO</b>	101.6	Gr.
<b>W%</b>	18.898	



Grafica 6. Ensayo 2, esfuerzo vs deformación unitaria tomando en cuenta el anexo 12, 13

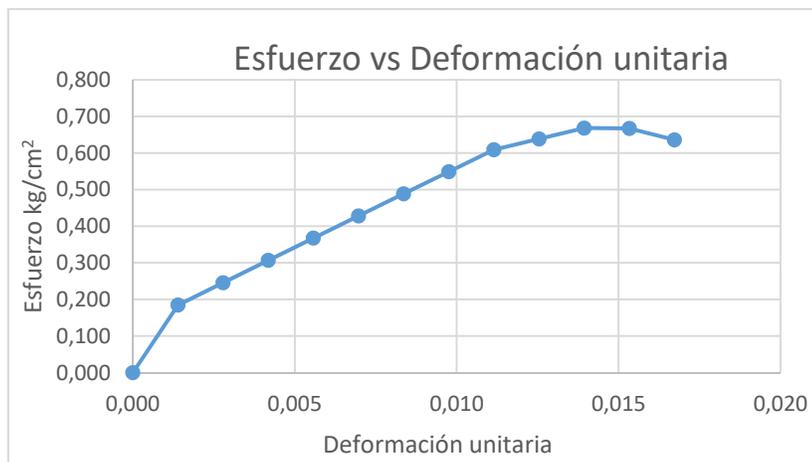


**Ensayo 3**  
Factor 0.63

**Tabla 16. Ensayo 3. Características de la muestra compresión simple basado en anexo 14**

**CONTENIDO DE AGUA**

<b>CAPSULA NO.</b>	42-R	
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	296.2	Gr.
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	258.2	Gr.
<b>PESO DE LA CAPS.</b>	134.6	Gr.
<b>PESO DEL AGUA</b>	38	Gr.
<b>PESO SUELO SECO</b>	123.6	Gr.
<b>W%</b>	30.744	



**Gráfica 7. Ensayo 3, esfuerzo vs deformación unitaria tomando en cuenta el anexo 14, 15**

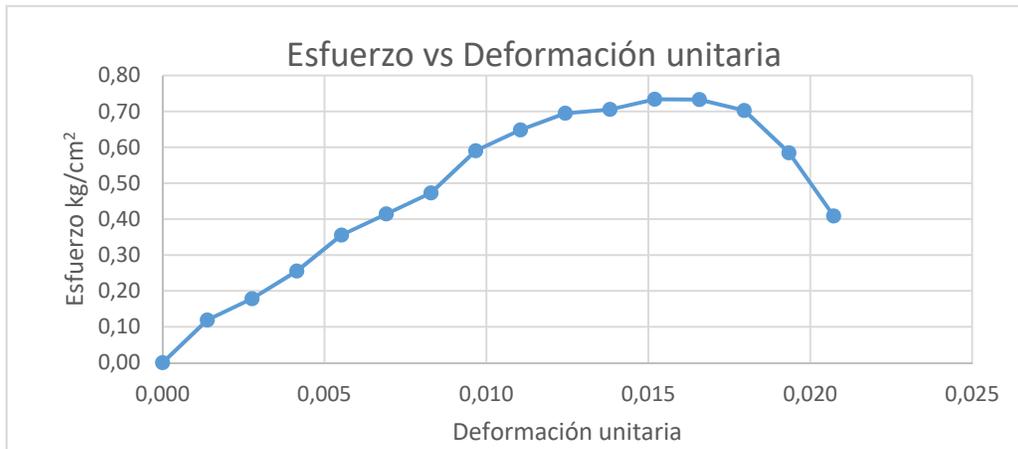


**Ensayo 4**  
**Factor 0.63**

**Tabla 17. Ensayo 4. Características de la muestra compresión simple basado en anexo 16**

**CONTENIDO DE AGUA**

<b>CAPSULA NO.</b>		
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	340.40	Gr.
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	316.10	Gr.
<b>PESO DE LA CAPS.</b>	168.40	Gr.
<b>PESO DEL AGUA</b>	24.30	Gr.
<b>PESO SUELO SECO</b>	147.70	Gr.
<b>W%</b>	16.45	



**Grafica 8. Ensayo 4, esfuerzo vs deformación unitaria tomando en cuenta el anexo 16, 17**



## 8.7 *Prueba De Compresión Simple Cilindro Tallado*

### 8.7.1 *Procedimiento*

- Si se trata de muestra inalterada, se labran los cilindros con una pulidora o cúter (figura 51).



**Figura 51. Cilindro labrado (compresión simple)**

- Si las muestras son labradas se medirán los diámetros: superior ( $D_s$ ), central ( $D_c$ ) e inferior ( $D_i$ ).
- Se coloca la muestra en la prensa (figura 52), se le coloca la placa de aplicación de carga.



**Figura 52. Muestra tallada en prensa (compresión simple)**

- Se procede a aplicar la carga a la muestra, tomando lecturas de carga y deformación correspondiente a cada 15 segundos (figura 53), hasta que el espécimen falle, esto es, que se registren 2 cargas iguales o que de una carga menor que la inmediata anterior.



**Figura 53. Aplicación de carga en espécimen (compresión simple)**

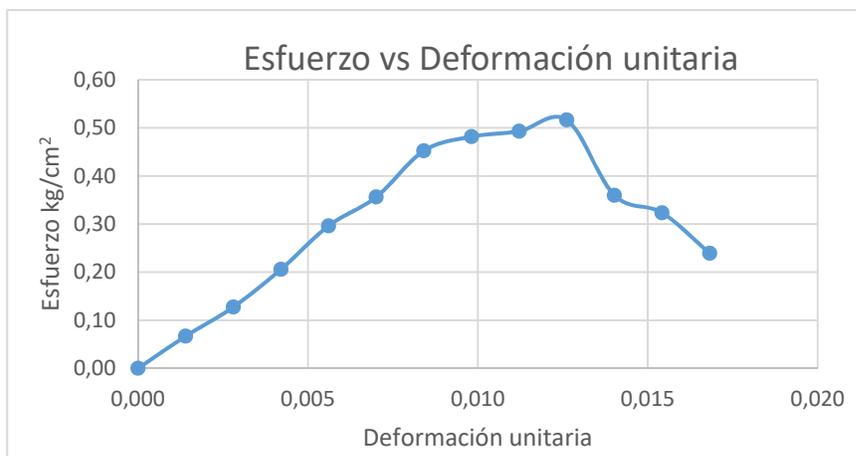


8.7.2 *Resultados*

Tabla 18. Características de la muestra compresión simple en roca tallada, basado en anexo 18

**CONTENIDO DE AGUA**

<b>CAPSULA NO.</b>	1	
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	263.10	Gr.
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	261.60	Gr.
<b>PESO DE LA CAPS.</b>	102.20	Gr.
<b>PESO DEL AGUA</b>	1.50	Gr.
<b>PESO SUELO SECO</b>	159.40	Gr.
<b>W%</b>	0.94	



Grafica 9. Esfuerzo vs deformación unitaria en roca tallada, tomando en cuenta el anexo 18, 19

8.8 *Carga Puntual En Roca*



Figura 54. Carga puntual en roca



### 8.8.1 *Carga Puntual En Roca*

#### 8.8.1.1 **Generalidades**

Este ensayo permite determinar en el laboratorio la resistencia uniaxial no confinada de la roca, o resistencia a la carga puntual,  $\sigma_c$ . Es un ensayo para la clasificación de la roca por su resistencia. La relación entre los esfuerzos aplicados en el ensayo es:

En este ensayo se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Razón Largo/Ancho de la muestra  $w_1$  y  $w_2$  (figura 55)



**Figura 55. Largo y ancho (carga puntual)**

- Sin grietas (figura 56).



**Figura 56. Estado de muestra (carga puntual)**

- Ancho de muestra debe ser  $>10$  veces el tamaño medio del grano (figura 57).



**Figura 57. Identificación de muestra valida (carga puntual)**

El ensayo trata de la aplicación gradual de una fuerza axial a un cilindro de roca, hasta que se produce su rotura, los datos obtenidos son: (resistencia a la compresión simple)



### 8.8.1.2 Procedimiento

1. Concebir una idea general de la roca en cuanto a su litología y estructuras (figura 58).



**Figura 58. Idea general de muestra (carga puntual)**

2. Identificar las muestras (figura 59).



**Figura 59. Identificación de muestra (carga puntual)**

3. Medir las dimensiones de la muestra W 1 y W 2 (figura 60)



**Figura 60. Dimensiones (carga puntual)**

5. Se sitúa el testigo de tal forma que el lado más largo quede paralelo en las puntas (figura 61)



**Figura 61. Acomodo de espécimen (carga puntual)**



6. Una persona se encarga de medir la presión (figura 62) a la cual está siendo sometida la muestra mediante un manómetro conectado directamente a la prensa hidráulica,



**Figura 62. Medidor de presión (carga puntual)**

7. Una segunda persona será la encargada de ir aumentando paulatinamente la presión en la prensa hidráulica (figura 63).



**Figura 63. Muestra sometida a presión (carga puntual)**

8. Una vez falle (figura 64) el testigo se retira y se analizan las condiciones y modo de ruptura se toma la medida de ancho de la muestra.



**Figura 64. Falla del testigo (carga puntual)**



## 8.8.1.3 Desarrollo

Se toma las muestra se saca W 1 Y W 2

Se coloca en la prensa para someterse a la carga se saca tres muestras y se mide el ancho de ruptura

## Resultados

Tabla 19. Carga puntual, características de la roca y de cálculo de área

MUESTRA	W 1 (MM)	W 2 (MM)	(W 1 + W 2)/2	DE (MM)	DE 2 (MM)	ÁREA (MM <sup>2</sup> )	LECTURA	FACTOR
1	112	78.1	95.05	38	4598.81	3611.90	5.2	56.25
2	87.1	59.8	73.45	50.3	4704.03	3694.54	2.8	56.25
3	86	48.4	67.20	32.2	2755.09	2163.84	2.9	56.25
4	77.9	54.3	66.10	41.5	3492.69	2743.15	2.4	56.25
5	92.3	65.4	78.85	59.5	5973.50	4691.58	9	56.25
6	103	74	88.50	34	3831.18	3009.00	2.4	56.25
7	110	73.6	91.80	43	5025.99	3947.40	5.1	56.25
8	103.9	71.5	87.70	31.3	3495.06	2745.01	2	56.25
9	77.2	55.5	66.35	49	4139.49	3251.15	2.6	56.25
10	85.4	63.8	74.60	47.2	4483.23	3521.12	2.4	56.25
11	63.5	53	58.25	26.6	1972.82	1549.45	2.4	56.25
12	66.1	65.4	65.75	55	4604.35	3616.25	7.8	56.25
13	51.1	48.8	49.95	32.3	2054.23	1613.39	4.65	56.25
14	57	42.5	49.75	24.4	1545.59	1213.90	4.1	56.25
15	52.4	44.4	48.40	24	1479.00	1161.60	3	56.25
16	77.3	60	68.65	29.9	2613.50	2052.64	6.4	56.25
17	64.4	59	61.70	47	3692.27	2899.90	3.2	56.25
18	69.5	58.7	64.10	41.1	3354.36	2634.51	2.9	56.25
19	64.6	46	55.30	32.8	2309.45	1813.84	4.4	56.25
20	71.5	64.8	68.15	41.5	3601.01	2828.23	6	56.25



21	113.2	68.6	90.90	54.8	6342.41	4981.32	5.8	56.25
22	92.6	66.9	79.75	30	3046.23	2392.50	5.8	56.25
23	77.9	65.5	71.70	24.7	2254.89	1770.99	8.2	56.25
24	66.5	54.4	60.45	25.2	1939.58	1523.34	2.6	56.25
25	75.9	66	70.95	33.3	3008.20	2362.64	3.8	56.25
26	105.1	43.3	74.20	31.9	3013.73	2366.98	2.8	56.25
27	60.8	58	59.40	39.6	2994.96	2352.24	3.6	56.25
28	79.8	62	70.90	48.5	4378.23	3438.65	3.1	56.25
29	72.7	63.8	68.25	39.5	3432.49	2695.88	3.4	56.25
30	73.6	71.9	72.75	44.4	4112.69	3230.10	4	56.25
31	92.6	55.4	74.00	47.4	4466.02	3507.60	6.8	54.28
32	80.4	56.6	68.50	49.5	4317.24	3390.75	3.8	54.28
33	118.3	82.4	100.35	60	7666.18	6021.00	9.7	54.28
34	77	83.2	80.10	49.5	5048.33	3964.95	6.9	54.28
35	102.7	83.2	92.95	64.20	7597.92	5967.39	6.1	54.28
36	100.3	73.9	87.10	47.1	5223.35	4102.41	9.95	54.28
37	108.2	64.8	86.50	42	4625.68	3633.00	4.41	54.28
38	87.7	77.5	82.60	72.8	7656.35	6013.28	12.6	54.28
39	113	67	90.00	62.7	7184.89	5643.00	7.7	54.28
40	100.6	83	91.80	58	6779.24	5324.40	6.05	54.28
41	111.6	60.2	85.90	53.8	5884.17	4621.42	8.4	54.28
42	102	81.7	91.85	50	5847.35	4592.50	4.55	54.28
43	78.8	44.6	61.70	36.1	2835.98	2227.37	6.05	54.28
44	129.7	85.15	107.43	67.4	9218.82	7240.45	6.4	54.28
45	113.8	65.6	89.70	32	3654.71	2870.40	3.45	54.28



**Tabla 20. Carga puntual en roca, cálculo del coeficiente con anexo 20, 21 y cálculo del esfuerzo**

Muestra	Carga Kgf	Carga N	IS.	F	Is. (50) Mps.	C	Esf. Mpa.
1	292.5	2869.425	0.624	0.884	0.551	20.600	11.360
2	157.5	1545.075	0.328	1.003	0.329	23.030	7.585
3	163.125	1600.25625	0.581	0.820	0.476	19.440	9.263
4	135	1324.35	0.379	0.920	0.349	21.300	7.427
5	506.25	4966.3125	0.831	1.081	0.899	24.000	21.578
6	135	1324.35	0.346	0.841	0.291	19.800	5.754
7	286.875	2814.24375	0.560	0.934	0.523	21.600	11.301
8	112.5	1103.625	0.316	0.810	0.256	19.260	4.926
9	146.25	1434.7125	0.347	0.991	0.343	22.800	7.831
10	135	1324.35	0.295	0.974	0.288	22.440	6.459
11	135	1324.35	0.671	0.753	0.505	18.490	9.344
12	438.75	4304.1375	0.935	1.044	0.976	24.000	23.418
13	261.5625	2565.92813	1.249	0.821	1.026	19.460	19.968
14	230.625	2262.43125	1.464	0.724	1.060	18.160	19.248
15	168.75	1655.4375	1.119	0.719	0.804	18.100	14.561
16	360	3531.6	1.351	0.793	1.072	18.985	20.355
17	180	1765.8	0.478	0.973	0.465	22.400	10.418
18	163.125	1600.25625	0.477	0.916	0.437	21.220	9.269
19	247.5	2427.975	1.051	0.827	0.870	19.560	17.010
20	337.5	3310.875	0.919	0.920	0.845	21.300	18.009
21	326.25	3200.5125	0.505	1.042	0.526	24.000	12.621
22	326.25	3200.5125	1.051	0.795	0.835	19.000	15.863
23	461.25	4524.8625	2.007	0.728	1.461	18.205	26.598
24	146.25	1434.7125	0.740	0.735	0.543	18.280	9.934



25	213.75	2096.8875	0.697	0.833	0.581	19.660	11.413
26	157.5	1545.075	0.513	0.817	0.419	19.380	8.116
27	202.5	1986.525	0.663	0.900	0.597	20.920	12.494
28	174.375	1710.61875	0.391	0.986	0.385	22.700	8.748
29	191.25	1876.1625	0.547	0.899	0.492	20.900	10.274
30	225	2207.25	0.537	0.948	0.509	21.880	11.132
31	369.10	3620.91	0.81	0.98	0.79	22.48	17.79
32	206.26	2023.45	0.47	1.00	0.47	22.90	10.68
33	526.52	5165.12	0.67	1.09	0.73	24.00	17.55
34	374.53	3674.16	0.73	1.00	0.72	22.90	16.59
35	331.11	3248.17	0.43	1.12	0.48	24.00	11.48
36	540.09	5298.24	1.01	0.97	0.99	22.42	22.14
37	239.37	2348.27	0.51	0.92	0.47	21.40	10.04
38	683.93	6709.33	0.88	1.18	1.04	24.00	24.91
39	417.96	4100.15	0.57	1.11	0.63	24.00	15.16
40	328.39	3221.55	0.48	1.07	0.51	24.00	12.19
41	455.95	4472.89	0.76	1.03	0.79	23.95	18.82
42	246.97	2422.81	0.41	1.00	0.41	23.00	9.53
43	328.39	3221.55	1.14	0.86	0.98	20.22	19.84
44	347.39	3407.92	0.37	1.14	0.42	24.00	10.15
45	187.27	1837.08	0.50	0.82	0.41	19.40	7.98



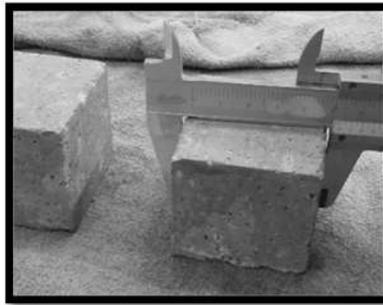
## 8.8.2 *Compresión simple en muestra inalterada*

### 8.8.2.1 **Generalidades**

Este ensayo permite determinar en el laboratorio la resistencia uniaxial no confinada de la roca tallada, o resistencia a la compresión simple sin cámara triaxial,  $\sigma_c$ . Es un ensayo para la clasificación de la roca por su resistencia. La relación entre los esfuerzos aplicados en el ensayo es:

En este ensayo se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Razón Largo/Ancho (figura 65).



**Figura 65. Largo y ancho cubos (compresión simple)**

- Sin grietas (figura 66).



**Figura 66. Cubos sin grietas (compresión simple)**

- Se deja saturando la mitad de las muestra durante 24hr para tener variantes (figura 67).



**Figura 67. Saturación de cubos (compresión simple)**



El ensayo trata de la aplicación gradual de una fuerza axial a un cilindro de roca, hasta que se produce su rotura, los datos obtenidos son: (resistencia a la compresión simple)

#### 8.8.2.2 Procedimiento

1. Tallar una roca de forma uniforme (figura 68)



**Figura 68. Tallado de roca (compresión simple)**

2. Concebir una idea general de la roca en cuanto a su litología y estructuras (figura 69).



**Figura 69. Identificación de muestra tallada (compresión simple)**

3. utilizar cal para no provocar falla por impacto (figura 70)



**Figura 70. Cal (compresión simple)**

4. Se nivela para que la carga sea uniformemente (figura 71).



**Figura 71. Nivelación de muestra (Compresión simple)**

5. Se sitúa el testigo de tal forma que este centrado y nivelado (figura 72).



**Figura 72. Centrado de cubo (Compresión simple)**

6. Una persona se encarga de medir la presión a la cual está siendo sometida la muestra mediante un manómetro (figura 73) conectado directamente a la prensa hidráulica.



**Figura 73. Medidor de presión en cubo (compresión simple)**



7. Una segunda persona será la encargada de ir aumentando paulatinamente la presión en la prensa hidráulica.

8. Una vez falle el testigo (figura 74) se retira y se analizan las condiciones y modo de ruptura se toma la medida de ancho de la muestra.



Figura 74. Falla de cubo (compresión simple)

8.8.2.3 **Resultados**

Tabla 21. Compresión simple en cubo, cálculo de área, basándose en anexo 22 y 23

MUESTRA	W1 (MM)	W2 (MM)	ÁREA (MM <sup>2</sup> )	LECTURA	FACTOR	ESF MPA
1	52	55	2942.50	5	70.19	23.021
2	53.6	54.1	2961.75	1.6	62.27	6.493
3	53.8	54.3	2972.75	3.4	62.27	13.747
4	52.6	54.15	2935.63	1.8	62.27	7.370
5	52.8	53.4	2920.50	2.05	62.27	8.437
6	53.4	52.7	2917.75	2.9	62.27	11.946

8.8.3 *Compresión simple en muestra inalterada*

8.8.3.1 **Generalidades**

En este ensayo se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Razón Largo/Ancho de la muestra w 1 y w 2 sin grietas (figura 75).



**Figura 75. Identificación de muestra cilíndrica (Compresión simple).**

El ensayo trata de la aplicación gradual de una fuerza axial a un cilindro de roca, hasta que se produce su rotura, los datos obtenidos son: (resistencia a la compresión simple).

#### 8.8.3.2 Procedimiento

1. Concebir una idea general de la roca en cuanto a su litología y estructuras.
2. Medir las dimensiones de la muestra W 1 y W 2 (figura 76).



**Figura 76. Dimensiones de cilindro (Compresión simple).**

3. Se sitúa el testigo de tal forma que el lado más largo quede paralelo se coloca cal para no ocasionar falla por impacto dejándolo nivelado (figura 77).



**Figura 77. Acomodo de muestra cilíndrica (Compresión simple)**



4. Una vez falle el testigo se retira y se analizan las condiciones (figura 78).



Figura 78. Falla de muestra cilíndrica (compresión simple).

### 8.8.3.3 Resultados

Tabla 22. Compresión simple en cubo rectangular, cálculo de área, basándose en anexo 24

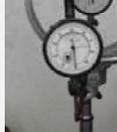
MUESTRA	W (MM)	D (MM)	ÁREA MM <sup>2</sup>	LECTURA	FACTOR	ESF MPA
1	53.50	90	4815.00	5	70.19	17.559
2	53.85	90	4846.50	2	70.19	6.978
3	54.05	90	4864.50	3.4	62.27	10.485



8.9 *Prueba Triaxial Rápida En Muestra Inalterada Y Alterada*

8.9.1 *Equipo y material a utilizar*

Tabla 23. Equipo y material para prueba triaxial rápida

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa triaxial con depósito para agua con manómetro.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compresor.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibrador con vernier.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cronómetro</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza con aproximación a 0.1 gr.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horno capaz de mantener una temperatura de <math>105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}</math></li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membranas de látex.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Torno para el labrado.</li> </ul>	



### 8.9.2 *Procedimiento*

Para esta prueba se requiere probar 3 especímenes a diferente presión confinante. Los especímenes podrán obtenerse de muestras inalteradas, labrándose en el torno especial, o de muestras alteradas, que en este caso se remodelan, utilizando un molde y un pisón, compactando el suelo y reproduciendo un cierto peso volumétrico.

- Los especímenes se harán de 3.3 cm de diámetro como mínimo y la altura será de 2 a 2.5 veces el diámetro (figura 79).



**Figura 79. Identificar espécimen (Triaxial Rápida).**

- El diámetro de la probeta será de forma cilíndrica y de 5 veces mayor que el de la partícula de mayor tamaño.
- Determinése la densidad y la humedad del suelo en estudio.
- Si las muestras son labradas (figura 80) se medirán los diámetros: superior (Ds), central (Dc) e inferior (Di).



**Figura 80. Muestra labrada (Triaxial Rápida)**

- Las muestras se introducen a un recipiente hermético, o de preferencia en un plástico para que no pierdan humedad.



**Figura 81. Cuarto húmedo y Recipiente hermético (Triaxial Rápida).**



- Se inicia con la muestra N° 1, la cual es medida y pesada, anotándose estos datos en el registro correspondiente.
- Se coloca la muestra en la base de la cámara triaxial, se le coloca el cabezal encima, se cubre la muestra con una membrana de látex (figura 82), ligada perfectamente para evitar que penetre el agua que se utiliza para dar confinamiento al suelo.



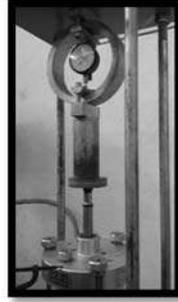
**Figura 82. Preparación de muestra (Triaxial Rápida)**

- Se saca el vástago de carga y se coloca la cámara triaxial sobre la muestra (figura 83), se ajustan los tornillos, se baja el vástago hasta que este toque el cabezal.



**Figura 83. Colocación de muestra en cámara triaxial (Triaxial Rápida)**

- Se coloca la cámara en la prensa, utilizando la manivela se sube la cámara hasta que el micrómetro que indica la carga se mueva una unidad y enseguida se introduce el agua que dará la presión confinante, con la cual se va a ensayar el primer espécimen (figura 84). Teniendo cuidado de revisar la válvula que se encuentra en la parte superior de la cámara, la cual debe estar ligeramente abierta y cuando salga poca agua, esto nos indica que la cámara se llenó completamente de agua, por lo que se procede a cerrar esta válvula.



**Figura 84. Prensa y cámara triaxial (Triaxial Rápida)**

- Se aplica la carga, tomándose lecturas de unidades de carga y unidades de deformación a cada 30 segundos o cada minuto (figura 85), hasta que se registren 2 unidades de carga iguales. También se dejan de tomar lecturas o se suspende el ensaye, si la muestra de suelo presenta una deformación del 20% con respecto a la altura inicial.



**Figura 85. Toma de lectura y carga (Triaxial Rápida)**

- Se elimina la presión de confinamiento y se saca el espécimen fallado (figura 86), se hace un croquis de este y se somete a secado en el horno para obtener el contenido de agua.



**Figura 86. Especimen sin presión (Triaxial Rápida)**

- Para los especímenes restantes se utiliza el mismo procedimiento, lo único que se hace es variar la presión de confinamiento (figura 87).



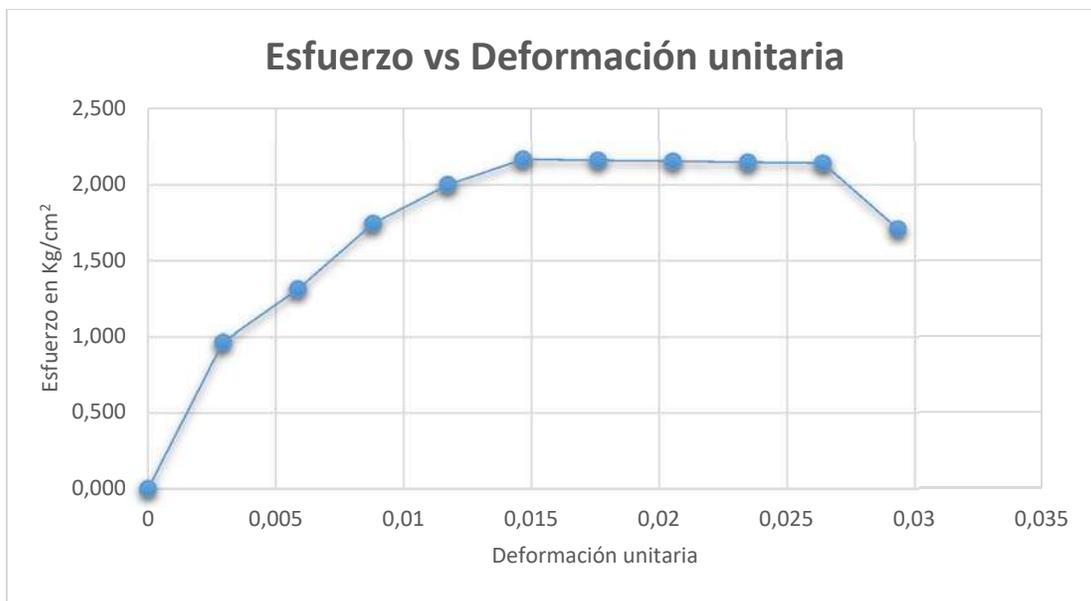
Figura 87. Presión de confinamiento 0.3, 0.6, 0.9 (Triaxial Rápida)

8.9.3 Cálculos

PRUEBA NO. 1

Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.3

Delta 0.3 factor 8.44



Grafica 10. Prueba 1, presión 03, factor 8.44 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 25 y 26

Tabla 24. Prueba 1, presión 03, factor 8.44 características de círculo de mohr (triaxial rápida)

Esfuerzo Max.	2.169 kg/cm <sup>2</sup>
radio	1.084 kg/cm <sup>2</sup>
centro	1.384 kg/cm <sup>2</sup>



**Tabla 25. Prueba 1, presión 03, factor 8.44 contenido de agua (triaxial rápida)**

**CONTENIDO DE AGUA**

<b>CAPSULA NO.</b>		
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	402.2	gr
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	385.5	gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	16.7	gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	253.3	gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	132.2	gr
<b>W%</b>	12.632	

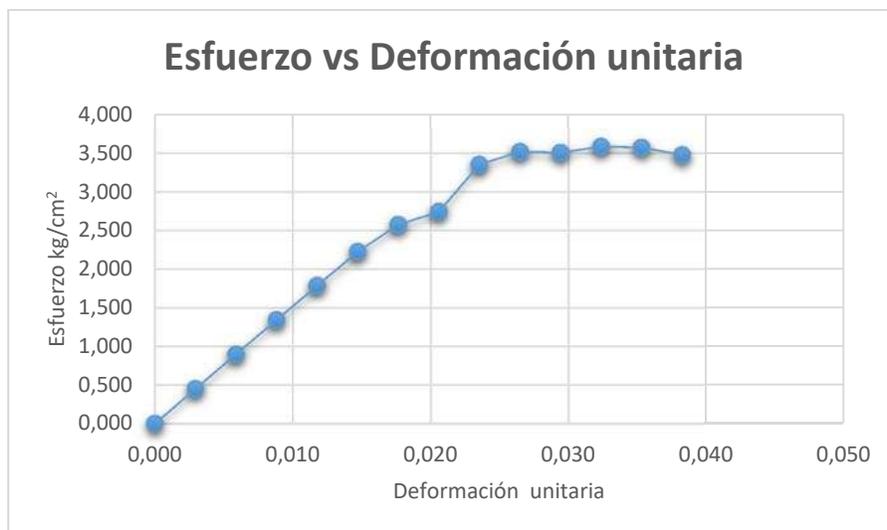
Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.6

**delta      0.6          factor      8.44**

**Tabla 26. Prueba 1, presión 06, factor 8.44 contenido de agua (triaxial rápida)**

**CONTENIDO DE AGUA**

<b>CAPSULA NO.</b>		
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	308.400	gr
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	261.700	gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	46.700	gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	160.200	gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	101.500	gr
<b>W%</b>	46.010	



**Grafica 11. Prueba 1, presión 06, factor 8.44 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 27 y 28**



**Tabla 27. Prueba 1, presión 06, factor 8.44 características de círculo de mohr (triaxial rápida)**

<b>Esfuerzo Max</b>	3.585 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	1.793 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	2.393 kg/cm <sup>2</sup>

Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.9  
**delta**            **0.9**            **factor**            **8.44**



**Grafica 12. Prueba 1, presión 0.9, factor 8.44 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 29 y 30**

**Tabla 28. Prueba 1, presión 0.9, factor 8.44 contenido de agua (triaxial rápida)**

CONTENIDO DE AGUA		
<b>CAPSULA NO.</b>	1	
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	304.200	gr
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	284.600	gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	19.600	gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	129.000	gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	155.600	gr
<b>W%</b>	12.596	

**Tabla 29. Prueba 1, presión 0.9, factor 8.44 características de círculo de mohr (triaxial rápida)**

<b>Esfuerzo Max.</b>	4.647 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	2.323 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	3.223 kg/cm <sup>2</sup>

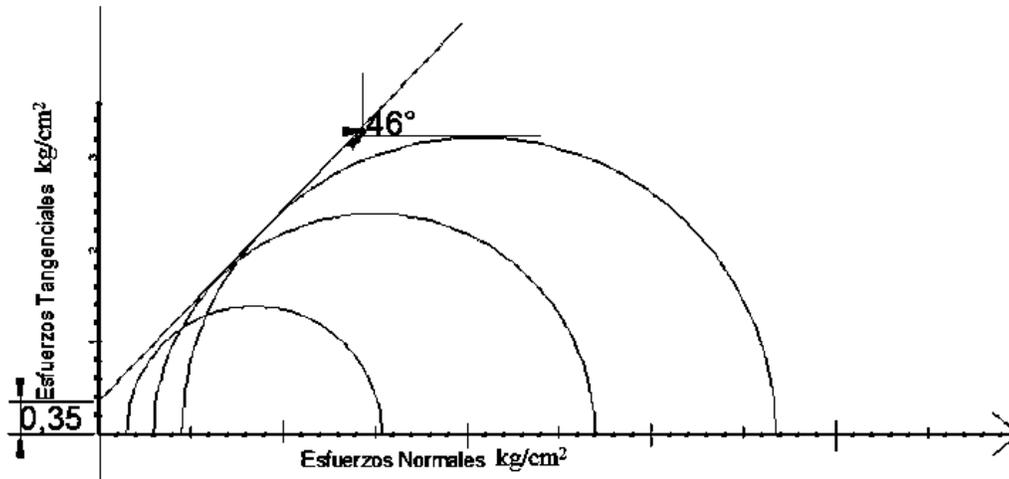


8.9.4 *Círculos de mohr prueba 1*

Tabla 30. Prueba 1, factor 8.44 reformación de esf. Desviador con centro de círculo de mohr (triaxial rápida)

**RESUMEN**

ESF. DESVIADOR	CENTRO	
0.3	1.384	kg/cm <sup>2</sup>
0.6	2.393	kg/cm <sup>2</sup>
0.9	3.223	kg/cm <sup>2</sup>

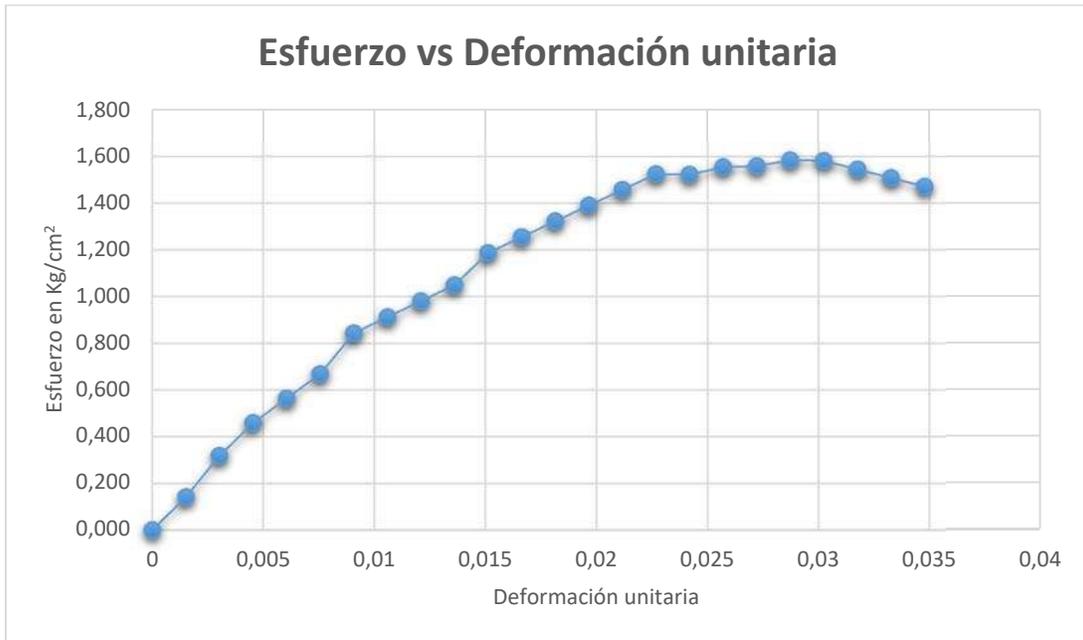




**Prueba 2**

Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.3

delta            0.3            factor            0.63



Grafica 13. Prueba 2, presión 0.3, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 31 y 32

Tabla 31. Prueba 2, presión 0.3, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida)

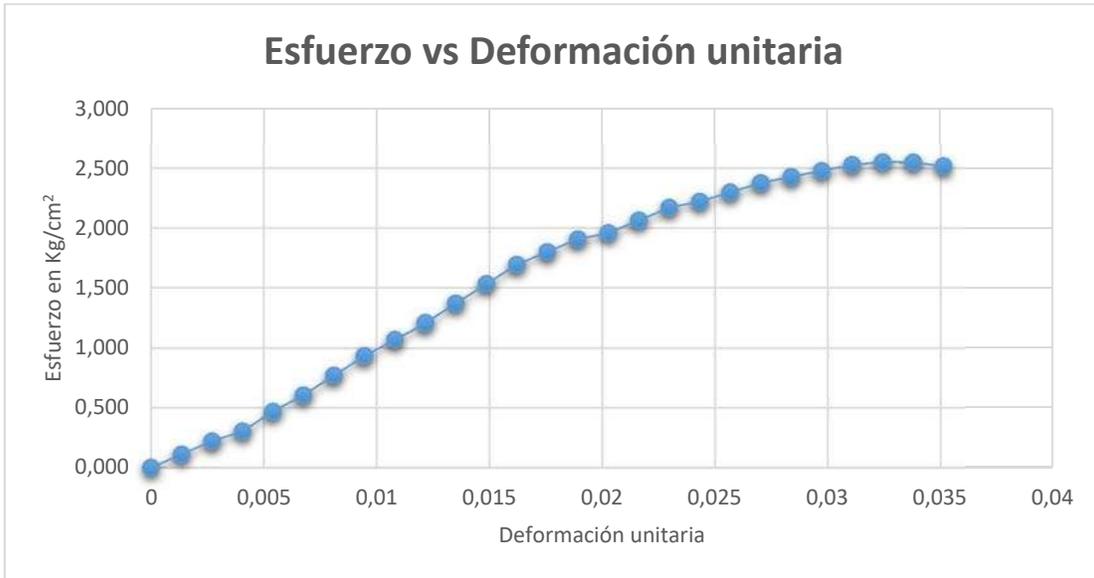
CONTENIDO DE AGUA	
<b>CAPSULA NO.</b>	1
<b>PESO CAPS. + S.H</b>	343.600 gr
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	320.900 gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	22.700 gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	201.300 gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	119.600 gr
<b>W%</b>	18.980

Tabla 32. Prueba 2, presión 0.3, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)

<b>Esfuerzo Max.</b>	1.584 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	0.792 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	1.092 kg/cm <sup>2</sup>



Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.6  
**delta**      **0.6**      **factor**      **0.63**



**Grafica 14. Prueba 2, presión 0.6, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 33 y 34**

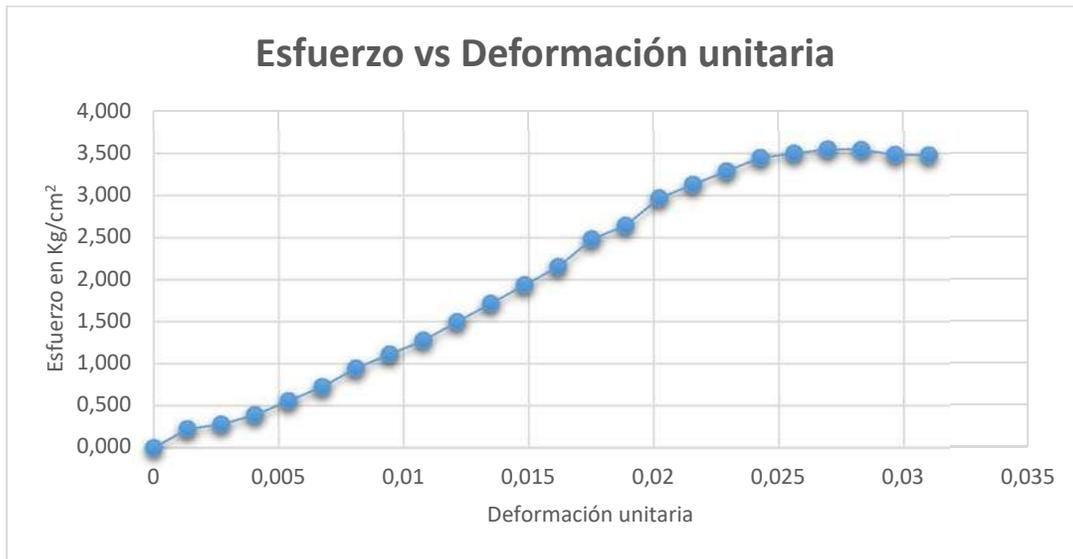
**Tabla 33. Prueba 2, presión 0.6, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida)**

CONTENIDO DE AGUA		
<b>CAPSULA NO.</b>		
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	489.000	gr
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	461.200	gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	27.800	gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	307.700	gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	153.500	gr
<b>W%</b>	18.111	

**Tabla 34. Prueba 2, presión 0.6, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)**

<b>Esfuerzo Max.</b>	2.552 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	1.276 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	1.876 kg/cm <sup>2</sup>

Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.9  
**delta**      **0.9**      **factor**      **0.63**



**Grafica 15. Prueba 2, presión 0.9, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 35 y 36**

**Tabla 35. Prueba 2, presión 0.9, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida)**

CONTENIDO DE AGUA		
<b>CAPSULA NO.</b>	3	
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	308.700	gr
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	283.800	gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	24.900	gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	145.700	gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	138.100	gr
<b>W%</b>	18.030	

**Tabla 36. Prueba 2, presión 0.9, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)**

<b>Esfuerzo Max.</b>	3.549 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	1.775 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	2.675 kg/cm <sup>2</sup>

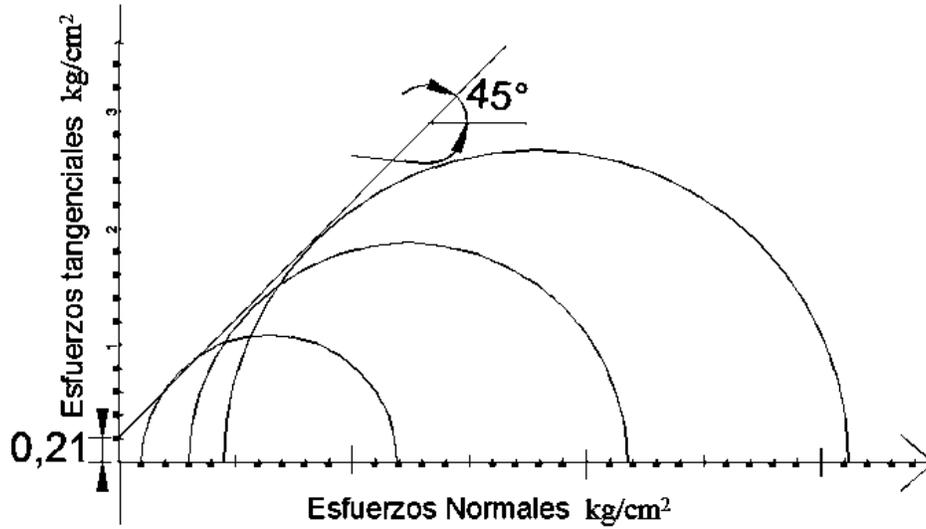


8.9.5 *Círculos de mohr prueba 2*

Tabla 37. Prueba 2, factor 0.63 reformatión de esf. Desviador con centro de círculo de mohr (triaxial rápida)

RESUMEN

ESF. DESVIADOR	CENTRO	
0.3	1.092	kg/cm <sup>2</sup>
0.6	1.876	kg/cm <sup>2</sup>
0.9	2.675	kg/cm <sup>2</sup>





**Prueba 3 maquina**

**Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.3**

delta                      0.3                      factor                      0.63

**Tabla 38. Prueba 3, presión 0.3, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida)**

CONTENIDO DE AGUA	
<b>CAPSULA NO.</b>	1
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	257.500 gr
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	230.000 gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	27.500 gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	155.000 gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	75.000 gr
<b>W%</b>	36.667

**Tabla 39. Prueba 3, presión 0.3, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)**

<b>Esfuerzo Max.</b>	2.008 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	1.004 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	1.304 kg/cm <sup>2</sup>



**Grafica 16. Prueba 3, presión 0.3, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 37 y 38**



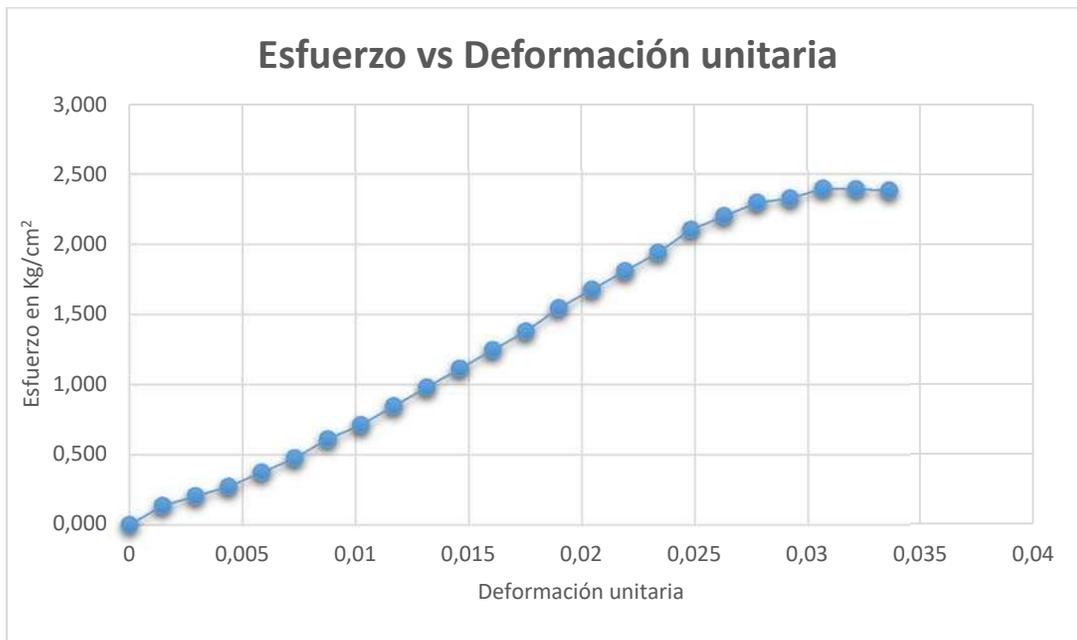
Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.6  
**delta**                      **0.6**                      **factor**                      **0.63**

**Tabla 40. Prueba 3, presión 0.6, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida)**

<b>CONTENIDO DE AGUA</b>	
<b>CAPSULA NO.</b>	2
<b>PESO CAPS. +S.H.</b>	310.100 gr
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	270.000 gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	40.100 gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	168.500 gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	101.500 gr
<b>W%</b>	39.507

**Tabla 41. Prueba 3, presión 0.6, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)**

<b>Esfuerzo Max.</b>	2.396 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	1.198 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	1.798 kg/cm <sup>2</sup>



**Grafica 17. Prueba 3, presión 0.6, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 39 y 40**



Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.9  
**delta**            **0.9**            **factor**            **0.63**

**Tabla 42. Prueba 3, presión 0.9, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida)**

CONTENIDO DE AGUA		
<b>CAPSULA NO.</b>	3	
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	249.400	gr
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	205.000	gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	44.400	gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	98.400	gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	106.600	gr
<b>W%</b>	41.651	

**Tabla 43. Prueba 3, presión 0.9, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)**

<b>Esfuerzo Max.</b>	3.625 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	1.813 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	2.713 kg/cm <sup>2</sup>



**Grafica 18. Prueba 3, presión 0.9, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 41 y 42**

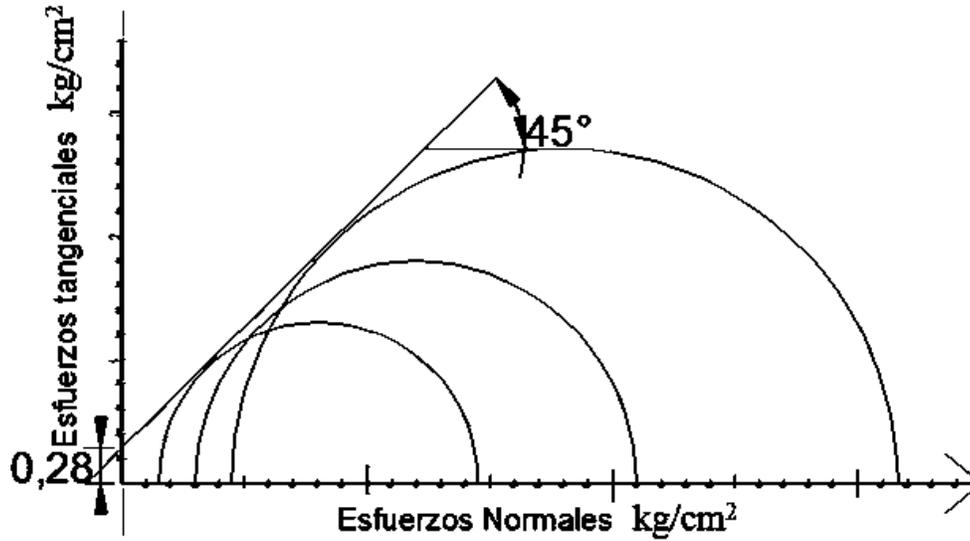


8.9.6 *Círculos de mohr prueba 3*

Tabla 44. Prueba 3, factor 0.63 reformación de esf. Desviador con centro de círculo de mohr (triaxial rápida)

**RESUMEN**

ESF. DESVIADOR	CENTRO	
0.3	1.304	kg/cm <sup>2</sup>
0.6	1.798	kg/cm <sup>2</sup>
0.9	2.713	kg/cm <sup>2</sup>





Prueba 4 maquina

Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.3

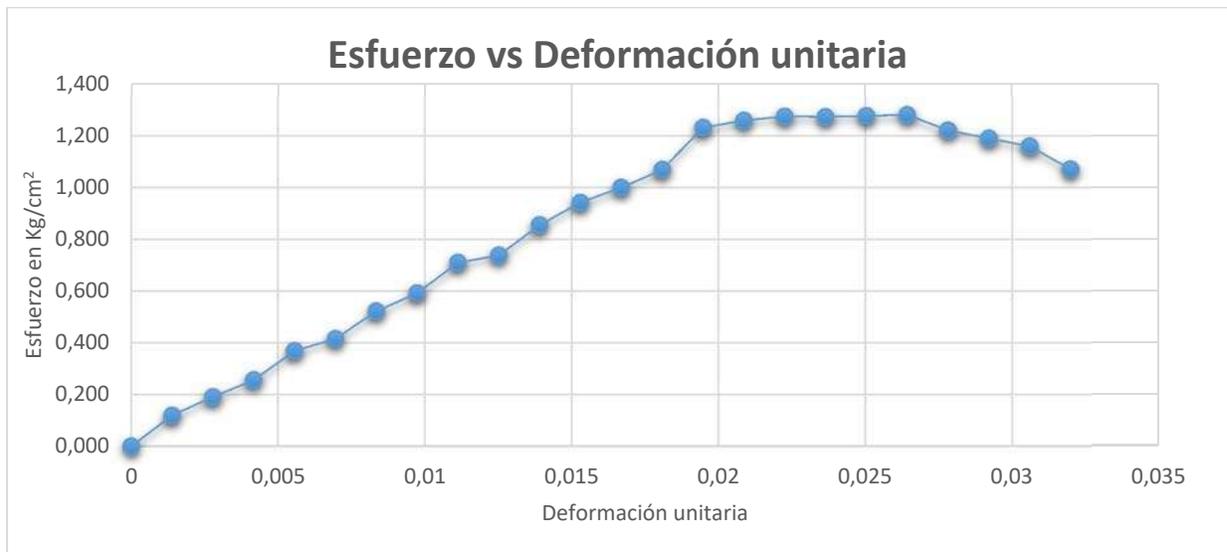
delta                      0.3                      factor                      0.63

**Tabla 45. Prueba 4, presión 0.3, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida)**

CONTENIDO DE AGUA	
<b>CAPSULA NO.</b>	1
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	313.700 gr
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	290.400 gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	23.300 gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	149.600 gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	140.800 gr
<b>W%</b>	16.548

**Tabla 46. Prueba 4, presión 0.3, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)**

<b>Esfuerzo Max.</b>	1.281 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	0.641 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	0.941 kg/cm <sup>2</sup>



**Grafica 19. Prueba 4, presión 0.3, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 43 y 44**



**Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.6**

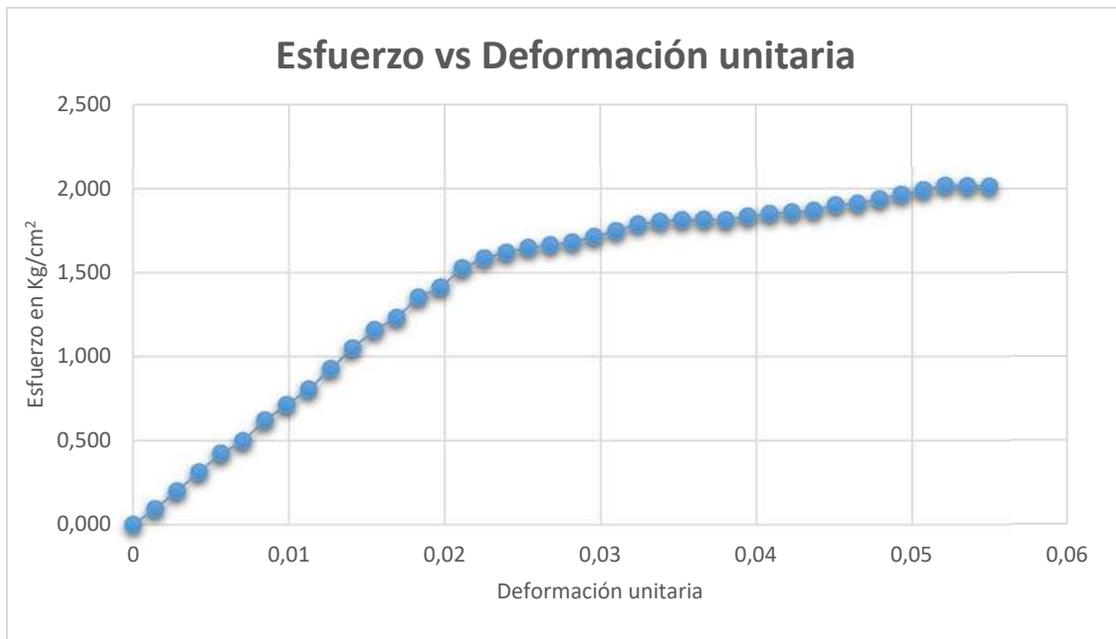
delta      0.6      factor      0.63

**Tabla 47. Prueba 4, presión 0.6, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida)**

CONTENIDO DE AGUA		
<b>CAPSULA NO.</b>	1	
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	319.500	gr
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	295.400	gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	24.100	gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	158.500	gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	136.900	gr
<b>W%</b>	17.604	

**Tabla 48. Prueba 4, presión 0.6, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)**

<b>Esfuerzo Max</b>	2.019 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	1.009 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	1.609 kg/cm <sup>2</sup>



**Grafica 20. Prueba 4, presión 0.6, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 45 y 46**



Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.9  
**delta**                    **0.9**                    **factor**                    **0.63**

**Tabla 49. Prueba 4, presión 0.9, factor 0.63 contenido de agua (triaxial rápida)**

CONTENIDO DE AGUA	
<b>CAPSULA NO.</b>	1
<b>PESO CAPS. +S.H.</b>	307.000 gr
<b>PESO CAPS. +S.S.</b>	283.000 gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	24.000 gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	133.600 gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	149.400 gr
<b>W%</b>	16.064

**Tabla 50. Prueba 4, presión 0.9, factor 0.63 características de círculo de mohr (triaxial rápida)**

<b>Esfuerzo Max.</b>	3.646 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	1.823 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	2.723 kg/cm <sup>2</sup>



**Grafica 21. Prueba 4, presión 0.9, factor 0.63 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida) tomando en cuenta anexo 47 y 48**

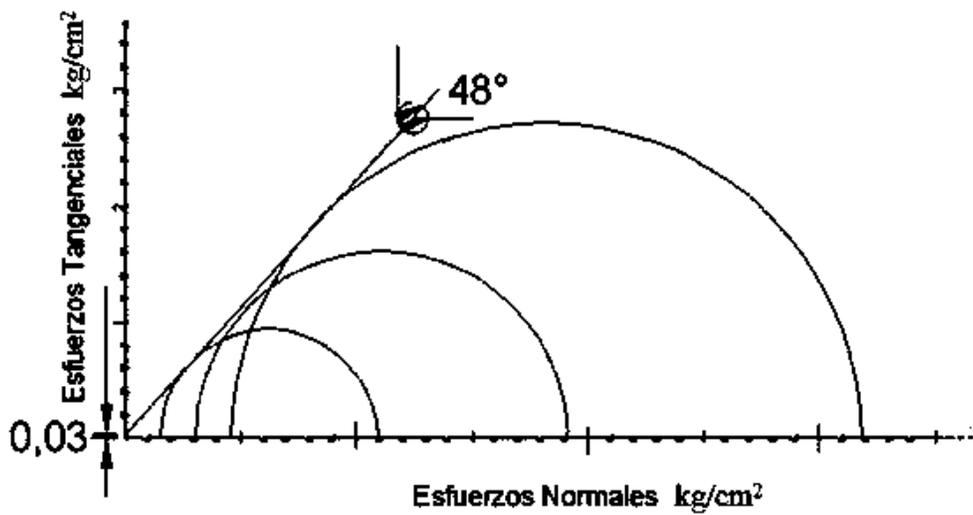


8.9.7 *Círculos de mohr prueba 4*

Tabla 51. Prueba 4, factor 0.63 reformatión de esf. Desviador con centro de círculo de mohr (triaxial rápida)

**RESUMEN**

ESF. DESVIADOR	Centro	
0.3	0.941	kg/cm <sup>2</sup>
0.6	1.609	kg/cm <sup>2</sup>
0.9	2.723	kg/cm <sup>2</sup>





## 8.10 *Triaxial En Muestra Inalterada*

### 8.10.1 *Procedimiento*

Para esta prueba se requiere probar 3 especímenes a diferente presión confinante. Los especímenes podrán obtenerse de muestras inalteradas, labrándose en el torno especial.

- Si las muestras son labradas se medirán los diámetros: superior ( $D_s$ ), central ( $D_c$ ) e inferior ( $D_i$ ).
- Se inicia con la muestra N° 1, la cual es medida y pesada, anotándose estos datos en el registro correspondiente.
- Se coloca la muestra en la base de la cámara triaxial, se le coloca el cabezal encima, se cubre la muestra con una membrana de látex, ligada perfectamente para evitar que penetre el agua que se utiliza para dar confinamiento al suelo.



**Figura 88. Preparación de muestra cilíndrica (Triaxial Rápida)**

- Se saca el vástago de carga y se coloca la cámara triaxial sobre la muestra, se ajustan los tornillos, se baja el vástago hasta que este toque el cabezal (figura 89).



**Figura 89. Muestra lista para la carga (Triaxial Rápida)**

- Se coloca la cámara en la prensa, utilizando la manivela se sube la cámara hasta que el micrómetro que indica la carga (figura 90) se mueva una unidad y enseguida se introduce el agua que dará la presión confinante, con la cual se va a ensayar el primer espécimen. Teniendo cuidado de revisar la válvula que se encuentra en la parte superior de la cámara, la cual debe estar ligeramente abierta y cuando salga poca agua, esto nos indica que la cámara se llenó completamente de agua, por lo que se procede a cerrar esta válvula.



**Figura 90. Micrómetro de carga (Triaxial Rápida).**

- Se aplica la carga, tomándose lecturas de unidades de carga y unidades de deformación a cada 30 segundos o cada minuto, hasta que se registren 2 unidades de carga iguales. También se dejan de tomar lecturas o se suspende el ensaye, si la muestra de suelo presenta una deformación del 20% con respecto a la altura inicial.



**Figura 91. Toma de tiempo (Triaxial Rápida).**

- Se elimina la presión de confinamiento y se saca el espécimen fallado (figura 92), se hace un croquis de este y se somete a secado en el horno para obtener el contenido de agua.



**Figura 92. Especimen con falla (Triaxial Rápida).**

- Para los especímenes restantes se utiliza el mismo procedimiento, lo único que se hace es variar la presión de confinamiento.



Cálculos

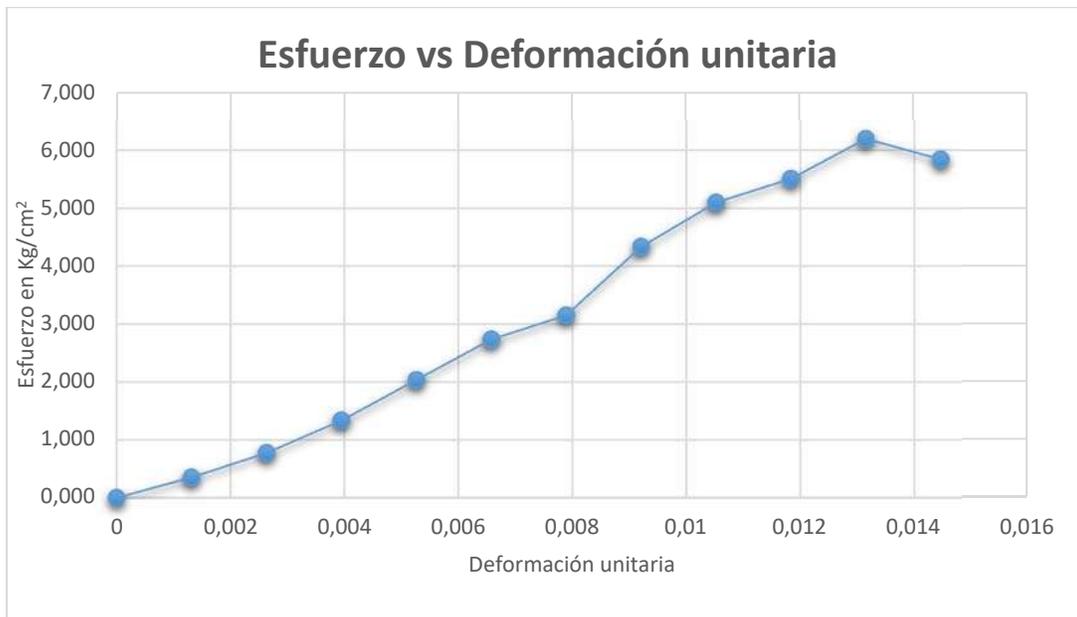
0.3 factor 8.31

Tabla 52. Presión 0.3., factor 8.31 contenido de agua (triaxial rápida inalterada)

CONTENIDO DE AGUA	
CAPSULA NO.	1
PESO CAPS. + S.H.	351.200 gr
PESO CAPS. + S.S.	338.400 gr
PESO DEL AGUA	12.800 gr
PESO DE LA CAPSULA	153.300 gr
PESO SUELO SECO	185.100 gr
W%	6.915

Tabla 53. Presión 0.3, factor 8.31 características de círculo de mohr (triaxial rápida)

Esfuerzo Max.	6.199 kg/cm <sup>2</sup>
radio	3.100 kg/cm <sup>2</sup>
centro	3.400 kg/cm <sup>2</sup>



Grafica 22. Presión 0.3 Factor 8.31 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida en muestra inalterada) tomando en cuenta anexo 49 y 50



Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.6  
 delta            0.6            factor            8.31

**Tabla 54. Presión 0.6, factor 8.31 contenido de agua (triaxial rápida inalterada)**

CONTENIDO DE AGUA	
<b>CAPSULA NO.</b>	2
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	280.800 gr
<b>PESO CAPS.+ S.S.</b>	275.800 gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	5.000 gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	116.600 gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	159.200 gr
<b>W%</b>	3.141

**Tabla 55. Presión 0.6, factor 8.31 contenido de agua (triaxial rápida inalterada)**

<b>Esfuerzo Max.</b>	7.030 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	3.515 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	4.115 kg/cm <sup>2</sup>



**Grafica 23. Presión 0.6 Factor 8.31 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida inalterada) tomando en cuenta anexo 51 y 52**



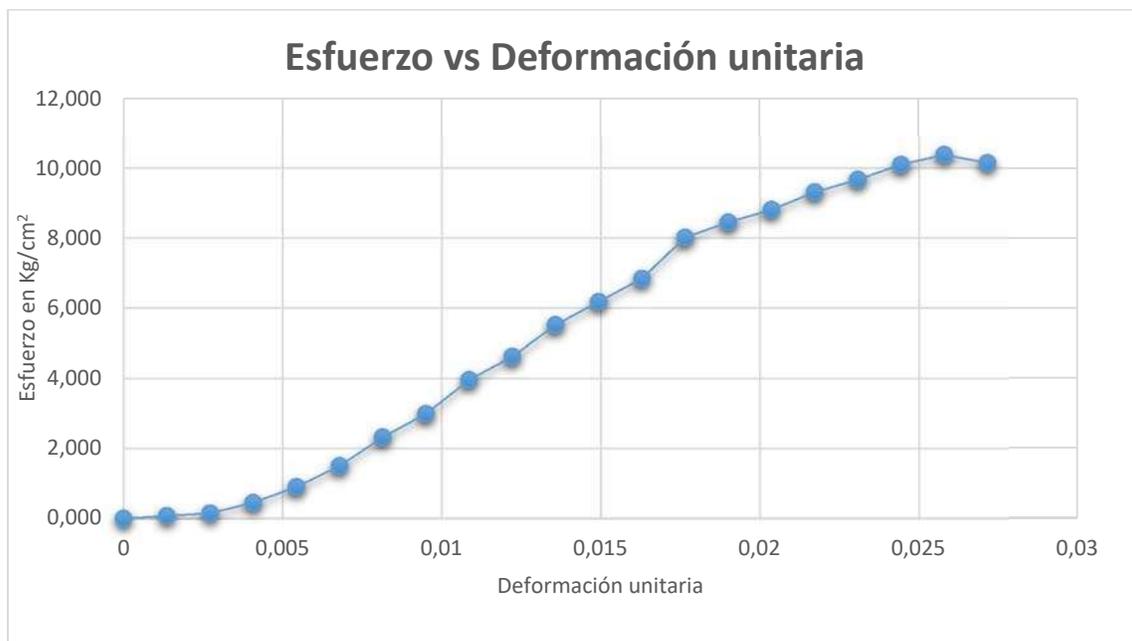
Esfuerzo normal en kg/cm<sup>2</sup> de 0.9  
 delta            0.9            factor            8.31

**Tabla 56. Presión 0.9, factor 8.31 contenido de agua (triaxial rápida inalterada)**

CONTENIDO DE AGUA		
<b>CAPSULA NO.</b>	3	
<b>PESO CAPS. + S.H.</b>	315.800	gr
<b>PESO CAPS. + S.S.</b>	299.800	gr
<b>PESO DEL AGUA</b>	16.000	gr
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	133.600	gr
<b>PESO SUELO SECO</b>	166.200	gr
<b>W%</b>	9.627	

**Tabla 57. Presión 0.9, factor 8.31 contenido de agua (triaxial rápida inalterada)**

<b>Esfuerzo Max.</b>	10.381 kg/cm <sup>2</sup>
<b>radio</b>	5.191 kg/cm <sup>2</sup>
<b>centro</b>	6.091 kg/cm <sup>2</sup>



**Grafica 24. Presión Factor 8.31 comparación esfuerzo vs deformación (triaxial rápida inalterada) tomando en cuenta anexo 53 y 54.**

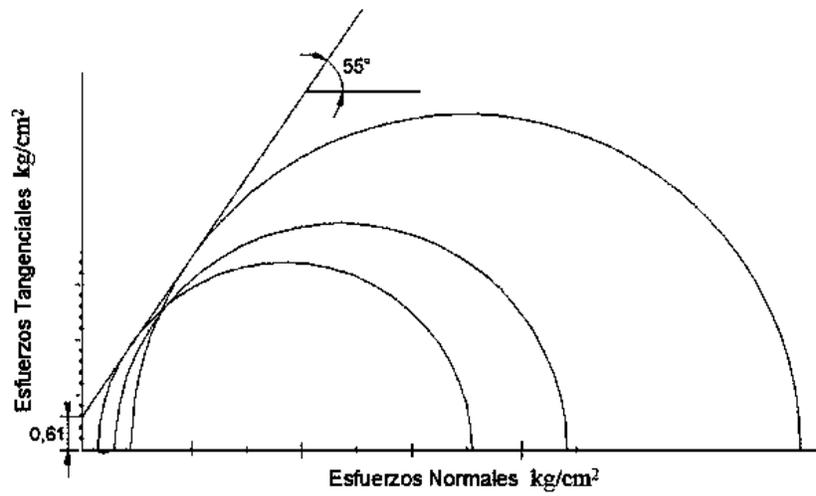


8.10.2 *Círculos de mohr muestra inalterada*

Tabla 58. Factor 0.63 reformación de esf. Desviador con centro de círculo de mohr (triaxial rápida inalterada)

**RESUMEN**

ESF. DESVIADOR	Centro	
0.3	3.400	kg/cm <sup>2</sup>
0.6	4.115	kg/cm <sup>2</sup>
0.9	6.091	kg/cm <sup>2</sup>





**9 RESUMEN DE RESULTADOS**

**Tabla 59. Resumen de composición granulométrica mediante el uso de mallas**

NUMERO DE MUESTRA	PORCENTAJE MAYOR	C. U.	C. C.	CLASIFICACIÓN
1	S-57.63	40	5.625	S. P.
2	S-70.12	22.53	1.26	S. P.
3	S-57.67	29.67	2.34	S. P.

**Tabla 60. Resumen de límites de consistencia y contracción lineal**

<b>limite liquido</b>				
<b><u>Inapreciable</u></b>				
<b>limite plástico</b>				
<b><u>Inapreciable</u></b>				
<b>humedad natural</b>				
	<b>CAPSULA NO.</b>	<b>LI(CM)</b>	<b>LF(CM)</b>	<b>%</b>
<b>C. L.</b>	2	9.99	9.83	1.62

**Tabla 61. Resumen de densidad y absorción**

<b>Densidad</b>	2.00	<b>Densidad</b>	2.06	<b>Densidad</b>	2.14	<b>Densidad</b>	2.10	<b>Densidad</b>	2.04
<b>Absorción</b>	11.84	<b>Absorción</b>	13.97	<b>Absorción</b>	10.00	<b>Absorción</b>	10.39	<b>Absorción</b>	12.24
<b>Densidad</b>	2.12	<b>Densidad</b>	2.07	<b>Densidad</b>	2.09				
<b>Absorción</b>	10.32	<b>Absorción</b>	11.38	<b>Absorción</b>	10.88				



**Tabla 62. Resumen de compactación proctor estándar**

**VDMAX(Humedad Optima) 1.65**

<b>WDPT(Peso Máximo)</b>	<b>18.4</b>
--------------------------	-------------

**Tabla 63. Resumen de compresión simple en cámara triaxial**

<b>MUESTRA</b>	<b>TIPO DE MUESTRA</b>	<b>ESFUERZO kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>MÁXIMO</b>
<b>1</b>	Alterada	1.256	
<b>2</b>	Alterada	0.821	
<b>3</b>	Alterada	0.668	
<b>4</b>	Alterada	0.73	
<b>5</b>	Inalterada	0.52	
	Promedio=	<b>0.799</b>	

**Tabla 64. Resumen de carga puntual**

<b>NO. MUESTRAS</b>	<b>PROMEDIO ESF. MPA</b>
<b>45</b>	<b>13.064</b>

**Tabla 65. Resumen compresión simple en muestra inalterada cubo**

<b>NO. DE MUESTRAS</b>	<b>PROMEDIO ESF. MPA</b>
<b>6</b>	<b>11.83</b>

**Tabla 66. Resumen de compresión simple en muestra inalterada en cubo rectangular**

<b>NO. DE MUESTRA</b>	<b>PROMEDIO ESF. MPA</b>
<b>3</b>	<b>11.63</b>



Tabla 67. Resumen de prueba triaxial rápida

MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	COEFICIENTE DE ESFUERZO TANGENCIAL KG/CM <sup>2</sup>	ANGULO DE FRICCIÓN
1	Alterada	0.35	46°
2	Alterada	0.21	45°
3	Alterada	0.28	45°
4	Alterada	0.03	48°
5	Inalterada	0.61	55°
	Promedio=	<b>0.296</b>	<b>47.8°</b>

## 10 CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados de la tabla 59 se puede observar que una vez triturado el fragmento de roca, y al hacer su granulometría se obtiene la clasificación de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos nos indican que se trata de una arena (S) ya que en promedio el porcentaje de 60% se encuentra contenido en el rango de la arena y de acuerdo a sus coeficientes de curvatura y uniformidad nos arroja que se trata de un material bien graduado, quedando su clasificación final de una arena bien graduada (SW).

Respecto a los resultados de los límites de Atterberg, (tabla 60) nos encontramos que el límite líquido y el límite plástico no se pudieron realizar debido que el material es una arena, por lo cual es inapreciable, mientras que la contracción lineal fue de 1.62% por lo cual se podría despreciar la contracción por lo cual se infiere con mayor precisión que se trata de una arena.

En cuanto a los resultados de Densidad y Absorción de acuerdo a la Tabla 61 Se obtuvieron densidades correspondientes a una Roca de consistencia natural media a Dura (2-2.5) y se observa que la Roca no presenta tanta porosidad, ya que la Absorción promedio fue de 10.5 % de acuerdo a los valores promedio Walthan (1999); esta roca de acuerdo a estos resultados en condiciones de humedad no retiene gran cantidad de agua permitiendo su paso y la densidad no disminuye considerablemente.

Su R. Max.= 1.65 y su W. Op. %= 18.4 de acuerdo a la tabla 62, la prueba Proctor indica que el material en presencia de la humedad óptima y su peso específico óptimo se compacta de una manera adecuado para resistir cargas adecuadas para el diseño de una casa habitación de un nivel o para acabados y decoración de la misma como ejemplo en cochera y patios.

De acuerdo a la tabla 63 la resistencia a la compresión simple en promedio es de 0.799 kg/cm<sup>2</sup> con esto se entiende que presenta a la resistencia a la compresión alterada y se realizaron otras dos muestras con muestras inalteradas en la tabla 65 y 66 muestra la resistencia de 11.83 y 11.63 MPA esto muestra una alta resistencia a la compresión.



En cuanto a su resistencia a carga puntual demuestra un 13.064 MPA un aumento a la carga puntual en rocas inalteradas como lo muestra en la tabla 64.

Con respecto a la muestra siendo sometida a la prueba de carga triaxial rápida una resistencia al esfuerzo tangencial de  $0.29 \text{ kg/cm}^2$  y un Angulo de fricción de 47.8 como se muestra en la tabla 67.



## 11 BIBLIOGRAFÍA

(INEGI), I. N. (2010, febrero 1).

A.Verruijt. (2001-2010). Soil mechanics. Delft university of technology.

AASHTO. (2006-2009). Compactación AASHTO (1-09/06). USA: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Ayuntamiento, H. (2017). Itinerario. Morelia: Capula.

Eleazar Arreygue, C. C. (2006). Caracterización Mecánica de las Riolitas y Andesita de Morelia. Morelia: Universidad Michoacana.

Garduño-Monroy, I.-A. (2004). Cantera en Morelia. Morelia.

Guillermo Arévalo Cervantes, C. C. (2009). Manual de mecánica de suelos II. Morelia: UMSNH (Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo).

Lacroix, A. (n.d.). La Erupción de M.T. Pelee. Nube Ardiente. St. Pierre.

Mazo, D. O. (2011). Ingeniero de Caminos. Ciudad de México: Limusa.

Núñez, G. A. (2011). Instrumentación y calibración del equipo triaxial T-500 soiltest. Morelia: Universidad Michoacana.

Olguín, D. F. (2011). Mecánica de Suelos 1. Pachuca de Soto: Universidad de Pachuca.

Ortiz, D. R. (2013). Manual de laboratorio de mecánica de suelos. Hermosillo: Facultad de estudios superiores de Hermosillo.

Palomares, I. G. (2012). La ignimbrita Alacrán, Bolaños, Jalisco. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

SCT. (2007). Densidades relativas y absorción (MMP-1-07/07) (Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales). Morelia: Secretaria de Comunicaciones y Transporte.

SCT. (2007). límites de consistencia (M-MMP-1-07/07) (Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales). Morelia: Secretaria de Comunicaciones y Transporte.

SCT. (2016). Granulometría de materiales compactable para terracerías. Morelia: Secretaria de comunicaciones y transporte.

Terzaghi. (2007). Theoretical soil mechanics.

W.Griem. (2015- 2017, Enero 1). Museo virtual, Geología.



## 12 ANEXOS

<b>PESO DE LA MUESTRA</b>	200
<b>recipiente no.</b>	1
<b>Peso recip. +suelo húmedo (gr)</b>	200
<b>Peso recip. +suelo seco(gr)</b>	153.4
<b>peso agua (gr)</b>	46.6
<b>peso recipiente(gr)</b>	121
<b>peso muestra seca (gr)</b>	153.4
<b>Contenido de humedad (%)</b>	23.3

Anexo 1. Ensaye 1. Composición Granulométrica, características de la muestra

mallá no.	abertura	peso suelo retenido	Porciento reten. Parcial	porciento que pasa
	mm	g	%	%
1"	25	0	0	100
3/4"	19.05	17.4	11.34	88.66
1/2"	12.7	15.9	10.37	78.29
3/8"	9.52	17.8	11.60	66.69
no.4	4.76	37.3	24.32	42.37
10	2	24.2	15.78	26.60
20	0.84	11.4	7.43	19.17
40	0.42	9.9	6.45	12.71
60	0.25	4.6	3.00	9.71
100	0.149	6.6	4.30	5.41
200	0.074	7.5	4.89	0.52
<b>pasa no.200</b>		0.8	0.52	
<b>suma</b>		153.4	100	

Anexo 2. Ensaye 1. Composición Granulométrica, porciento que pasa por las mallas



<b>peso de la muestra</b>	200
<b>recipiente no.</b>	2
<b>Peso recip. +suelo húmedo (gr)</b>	321
<b>Peso recip. +suelo seco(gr)</b>	254.2
<b>peso agua (gr)</b>	66.8
<b>peso recipiente(gr)</b>	121
<b>peso muestra seca (gr)</b>	133.2
<b>Contenido de humedad (%)</b>	33.4

**Anexo 3. Ensayo 2, Composición Granulométrica, características de la muestra**

<b>malla no.</b>	<b>abertura</b>	<b>peso suelo retenido</b>	<b>Por ciento reten. Parcial</b>	<b>por ciento que pasa</b>
	<b>mm</b>	<b>g</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>3/4"</b>	19.05	0	0	100
<b>1/2"</b>	12.7	0	0	100
<b>3/8"</b>	9.52	2.4	1.80	98.20
<b>no.4</b>	4.76	35.6	26.73	71.47
<b>10</b>	2	34.4	25.83	45.65
<b>20</b>	0.84	17.8	13.36	32.28
<b>40</b>	0.42	15.8	11.86	20.42
<b>60</b>	0.25	5.2	3.90	16.52
<b>100</b>	0.149	9.4	7.06	9.46
<b>200</b>	0.074	10.8	8.11	1.35
<b>pasa no.200</b>		1.8	1.35	
<b>suma</b>		133.2	100	

**Anexo 4. Ensayo 2. Composición Granulométrica, por ciento que pasa por las mallas**



<b>peso de la muestra</b>	200
<b>recipiente no.</b>	3
<b>Peso recip. +suelo húmedo (gr)</b>	323
<b>Peso recip. +suelo seco(gr)</b>	275
<b>peso agua (gr)</b>	48
<b>peso recipiente(gr)</b>	123
<b>peso muestra seca (gr)</b>	152
<b>Contenido de humedad (%)</b>	31.58

**Anexo 5. Ensaye 3 Composición Granulométrica, características de la muestra**

<b>malla no.</b>	<b>abertura</b>	<b>peso suelo retenido</b>	<b>Porciento reten. Parcial</b>	<b>Porciento que pasa</b>
	<b>mm</b>	<b>g</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>1"</b>	25	0	0	100
<b>3/4"</b>	19.05	18	11.80	88.20
<b>1/2"</b>	12.7	10	6.55	81.65
<b>3/8"</b>	9.52	26	17.04	64.61
<b>no.4</b>	4.76	34	22.28	42.33
<b>10</b>	2	22.6	14.81	27.52
<b>20</b>	0.84	12.4	8.13	19.40
<b>40</b>	0.42	10	6.55	12.84
<b>60</b>	0.25	4.6	3.01	9.83
<b>100</b>	0.149	6.6	4.33	5.50
<b>200</b>	0.074	7	4.59	0.92
<b>pasa no.200</b>		1.4	0.92	
<b>suma</b>		152.6	100	

**Anexo 6. Ensaye 3, Composición Granulométrica, porciento que pasa por las mallas**

<b>Pca.</b>	<b>1</b>								
<b>Est.</b>	<b>1</b>	<b>Est.</b>	<b>2</b>	<b>Est.</b>	<b>3</b>	<b>Est.</b>	<b>4</b>	<b>Est.</b>	<b>5</b>
<b>Ph(Kg)</b>	1.14	<b>Ph(Kg)</b>	1.36	<b>Ph(Kg)</b>	1.35	<b>Ph(Kg)</b>	1.16	<b>Ph(Kg)</b>	1.23
<b>Ps(Kg)</b>	1.01	<b>Ps(Kg)</b>	1.17	<b>Ps(Kg)</b>	1.22	<b>Ps(Kg)</b>	1.04	<b>Ps(Kg)</b>	1.08
<b>Vd(Ml)</b>	570.00	<b>Vd(Ml)</b>	660	<b>Vd(Ml)</b>	630.00	<b>Vd(Ml)</b>	550.00	<b>Vd(Ml)</b>	600.00

**Anexo 7. Densidad y absorción PH, PS, VD. EST 1 A 5**



<b>Pca.</b>	<b>1</b>	<b>Pca.</b>	<b>1</b>	<b>Pca.</b>	<b>1</b>
<b>Est.</b>	<b>1</b>	<b>Est.</b>	<b>2</b>	<b>Est.</b>	<b>3</b>
<b>Ph(Kg)</b>	0.63	<b>Ph(Kg)</b>	0.54	<b>Ph(Kg)</b>	1.70
<b>Ps(Kg)</b>	0.57	<b>Ps(Kg)</b>	0.48	<b>Ps(Kg)</b>	1.52
<b>Vd(Ml)</b>	297.00	<b>Vd(Ml)</b>	259.00	<b>Vd(Ml)</b>	815.00

### Anexo 8. Densidad y absorción PH, PS, VD. EST 6 A 8

#### PRUEBA PROCTOR

<b>TIPO DE PRUEBA:</b>	<b>proctor estándar</b>		
<b>MOLDE NO.</b>	2	<b>vol. (ml)</b>	938.44
<b>PESO MARTILLO(GR)</b>	2500	<b>altura de caída (cm)</b>	30.5
<b>NO. DE CAPAS</b>	3	<b>No. De golpes por capa</b>	25
		<b>Pesos(gr):</b>	1965
<b>PRUEBA NO.</b>	1	2	3
<b>Peso Molde +Suelo Húmedo (Gr)</b>	3765.00	3815.00	3790.00
<b>Peso Molde(Gr)</b>	1965.00	1965.00	1965.00
<b>Peso Suelo Húmedo(Gr)</b>	1800.00	1850.00	1825.00
<b>Peso Especifico Húmedo(T/M<sup>3</sup>)</b>	1.92	1.97	1.94
<b>Capsula No.</b>	42-r	200-120	42R
<b>Peso Capsula +Suelo Húmedo(Gr)</b>	333.60	350.80	334.40
<b>Peso Capsula +Suelo Seco (Gr)</b>	304.80	318.00	298.00
<b>Peso Del Agua (Gr)</b>	28.80	32.80	36.40
<b>Peso Capsula (Gr)</b>	133.40	150.80	134.40
<b>Peso Suelo Seco(Gr)</b>	171.40	167.20	163.60
<b>Contenido De Agua (%)</b>	16.80	19.62	22.25
<b>Peso Especifico Seco(T/M<sup>3</sup>)</b>	1.64	1.65	1.59

### Anexo 9. Prueba proctor estándar est. 1, 2,3

#### Medidas De La Muestra

<b>Ds(Cm)</b>	3.53	<b>As</b>	9.786	Cm <sup>2</sup>
<b>Dc(Cm)</b>	3.61	<b>Ac</b>	10.235	Cm <sup>2</sup>
<b>Di(Cm)</b>	3.36	<b>Ai</b>	8.866	Cm <sup>2</sup>
<b>Hm(Cm)</b>	8.75	<b>Am</b>	9.932	Cm <sup>2</sup>



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1 - Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
MM	kg	mm	mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0	1	9.933	0.000
10	4.22	0.5	0.254	0.0029	0.9971	9.961	0.424
20	8.44	1	0.508	0.0058	0.9942	9.991	0.845
30	12.66	1.5	0.762	0.0087	0.9913	10.020	1.263
40	12.66	1.5	1.016	0.0116	0.9884	10.049	1.260
50	12.66	1.5	1.27	0.0145	0.9855	10.079	1.256
60	4.22	0.5	1.524	0.0174	0.9826	10.109	0.417

Anexo 10. Ensaye 1 compresión simple dimensiones de la muestra

Anexo 11. Ensaye 1, compresion simple esfuerzo, deformacion

Medidas De La Muestra

Ds(cm)	3.3	As	8.553	Cm <sup>2</sup>	Wi	138.800	Gr
Dc(cm)	3.3	Ac	8.553	Cm <sup>2</sup>	Vi	72.594	Cm <sup>3</sup>
Di(cm)	3.44	Ai	9.294	Cm <sup>2</sup>	M	1.912	Gr/Cm <sup>3</sup>
Hm(cm)	8.37	Am	8.677	Cm <sup>2</sup>			

Anexo 12. Ensaye 2, compresión simple dimensiones de la muestra

Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1 - Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	1.000	8.677	0.000
5	0.945	1.5	0.127	0.002	0.998	8.690	0.109
10	1.575	2.5	0.254	0.003	0.997	8.703	0.181
15	1.89	3	0.381	0.005	0.995	8.716	0.217
20	2.835	4.5	0.508	0.006	0.994	8.730	0.325
25	3.78	6	0.635	0.008	0.992	8.743	0.432
30	4.095	6.5	0.762	0.009	0.991	8.756	0.468
35	5.04	8	0.889	0.011	0.989	8.770	0.575
40	5.67	9	1.016	0.012	0.988	8.783	0.646
45	6.3	10	1.143	0.014	0.986	8.797	0.716
50	6.93	11	1.27	0.015	0.985	8.810	0.787
55	7.245	11.5	1.397	0.017	0.983	8.824	0.821
60	7.245	11.5	1.524	0.018	0.982	8.837	0.820
65	7.245	11.5	1.651	0.020	0.980	8.851	0.819



70 | 6.615 10.5 1.778 0.021 0.979 8.865 0.746

**Anexo 13. Ensaye 2, compresión simple esfuerzo, deformación**

**Medidas De La Muestra**

<b>Ds(cm)</b>	3.61	<b>As</b>	10.235	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	171.400	Gr
<b>Dc(cm)</b>	3.57	<b>Ac</b>	10.010	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	93.193	Cm <sup>3</sup>
<b>Di(cm)</b>	3.76	<b>Ai</b>	11.104	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.839	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm(cm)</b>	9.11	<b>Am</b>	10.230	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 14. Ensaye 3, compresión simple dimensiones de la muestra**

Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1 - Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0	0	0	0	0.000	1.000	10.230	0.000
5	1.89	3	0.127	0.001	0.999	10.244	0.184
10	2.52	4	0.254	0.003	0.997	10.258	0.246
15	3.15	5	0.381	0.004	0.996	10.273	0.307
20	3.78	6	0.508	0.006	0.994	10.287	0.367
25	4.41	7	0.635	0.007	0.993	10.302	0.428
30	5.04	8	0.762	0.008	0.992	10.316	0.489
35	5.67	9	0.889	0.010	0.990	10.331	0.549
40	6.3	10	1.016	0.011	0.989	10.345	0.609
45	6.615	10.5	1.143	0.013	0.987	10.360	0.639
50	6.93	11	1.27	0.014	0.986	10.374	0.668
55	6.93	11	1.397	0.015	0.985	10.389	0.667
60	6.615	10.5	1.524	0.017	0.983	10.404	0.636

**Anexo 15. Ensaye 3, compresión simple esfuerzo, deformación**

**Medidas De La Muestra**

<b>Ds(cm)</b>	3.7	<b>As</b>	10.75	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	172.80	Gr
<b>Dc(cm)</b>	3.66	<b>Ac</b>	10.52	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	97.15	Cm <sup>3</sup>
<b>Di(cm)</b>	3.67	<b>Ai</b>	10.58	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.78	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm(cm)</b>	9.19	<b>Am</b>	10.57	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 16. Ensaye 4, compresión simple dimensiones de la muestra**



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1 - Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	1.000	10.57	0.00
5.00	1.26	2.00	0.13	0.001	0.999	10.58	0.12
10.00	1.89	3.00	0.25	0.003	0.997	10.60	0.18
15.00	2.71	4.30	0.38	0.004	0.996	10.61	0.26
20.00	3.78	6.00	0.51	0.006	0.994	10.63	0.36
25.00	4.41	7.00	0.64	0.007	0.993	10.64	0.41
30.00	5.04	8.00	0.76	0.008	0.992	10.66	0.47
35.00	6.30	10.00	0.89	0.010	0.990	10.67	0.59
40.00	6.93	11.00	1.02	0.011	0.989	10.69	0.65
45.00	7.43	11.80	1.14	0.012	0.988	10.70	0.69
50.00	7.56	12.00	1.27	0.014	0.986	10.72	0.71
55.00	7.88	12.50	1.40	0.015	0.985	10.73	0.73
60.00	7.88	12.50	1.52	0.017	0.983	10.75	0.73
65.00	7.56	12.00	1.65	0.018	0.982	10.76	0.70
70.00	6.30	10.00	1.78	0.019	0.981	10.78	0.58
75.00	4.41	7.00	1.91	0.021	0.979	10.79	0.41

**Anexo 17. Ensaye 4, compresión simple esfuerzo, deformación**

**Medidas De La Muestra**

<b>Ds(cm)</b>	3.69	<b>As</b>	10.69	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	163.40	Gr
<b>Dc(cm)</b>	3.64	<b>Ac</b>	10.41	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	93.85	Cm <sup>3</sup>
<b>Di(cm)</b>	3.54	<b>Ai</b>	9.84	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.74	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm(cm)</b>	9.06	<b>Am</b>	10.36	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 18. Compresión simple en roca tallada dimensiones de la muestra**



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1 - Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	1.000	10.36	0.00
5.00	0.69	1.10	0.13	0.001	0.999	10.37	0.07
10.00	1.32	2.10	0.25	0.003	0.997	10.39	0.13
15.00	2.14	3.40	0.38	0.004	0.996	10.40	0.21
20.00	3.09	4.90	0.51	0.006	0.994	10.42	0.30
25.00	3.72	5.90	0.64	0.007	0.993	10.43	0.36
30.00	4.73	7.50	0.76	0.008	0.992	10.45	0.45
35.00	5.04	8.00	0.89	0.010	0.990	10.46	0.48
40.00	5.17	8.20	1.02	0.011	0.989	10.48	0.49
45.00	5.42	8.60	1.14	0.013	0.987	10.49	0.52
50.00	3.78	6.00	1.27	0.014	0.986	10.51	0.36
55.00	3.40	5.40	1.40	0.015	0.985	10.52	0.32
60.00	2.52	4.00	1.52	0.017	0.983	10.54	0.24

**Anexo 19. Compresión simple en roca tallada. Esfuerzo, deformación**

TAMAÑO (MM)	C
20	17.5
30	19
40	21
50	23
54	24
60	24

**Anexo 20. Carga puntual en roca cálculo de coeficiente**



INTERPOLACIÓN		INTERPOLACIÓN	
47.4	22.48	38	20.6
49.5	22.9	50.3	23.03
60	24	32.2	19.44
49.5	22.9	41.5	21.3
64.20	24	59.50	24
47.1	22.42	34	19.8
42	21.4	43	21.6
72.8	24	31.3	19.26
62.7	24	49	22.8
58	24	47.2	22.44
53.8	23.95	26.6	18.49
50	23	55	24
36.1	20.22	32.3	19.46
67.4	24	24.4	18.16
32	19.4	24	18.1
		29.9	18.985
		47	22.4
		41.1	21.22
		32.8	19.56
		41.5	21.3
		54.8	24
		30	19
		24.7	18.205
		25.2	18.28
		33.3	19.66
		31.9	19.38
		39.6	20.92
		48.5	22.7
		39.5	20.9
		44.4	21.88

**Anexo 21. Carga puntual en roca interpolación para coeficiente**

**Compresión simple (En Cubos)**

Pca 1		Pca 1		Pca 1	
Est 1		Est 2		Est 3	
D1(Cm)	5.2	D1(Cm)	5.36	D1(Cm)	5.38
D2(Cm)	5.5	D2(Cm)	5.41	D2(Cm)	5.43
A(Cm <sup>2</sup> )	28.6	A(Cm <sup>2</sup> )	28.9976	A(Cm <sup>2</sup> )	29.2134
Lectura	50	Lectura	16	Lectura	34
Coeficiente	70.19	Coeficiente	62.27	Coeficiente	62.27
Carga(kgf)	350.95	Carga(Kgf)	99.632	Carga(Kgf)	211.718

**Anexo 22. Compresión simple en cubos características de la muestra**



**Compresión simple (En Cubos Saturados)**

Pca 1		Pca 1		Pca 1	
Est 1		Est 2		Est 3	
<b>D1(Cm)</b>	5.26	<b>D1(Cm)</b>	5.28	<b>D1(Cm)</b>	5.34
<b>D2(Cm)</b>	5.415	<b>D2(Cm)</b>	5.34	<b>D2(Cm)</b>	5.27
<b>A(Cm<sup>2</sup>)</b>	28.4829	<b>A(Cm<sup>2</sup>)</b>	28.1952	<b>A(Cm<sup>2</sup>)</b>	28.1418
<b>Lectura</b>	18	<b>Lectura</b>	20.5	<b>Lectura</b>	29
<b>Coeficiente</b>	62.27	<b>Coeficiente</b>	62.27	<b>Coeficiente</b>	62.27
<b>Carga(Kgf)</b>	112.086	<b>Carga(Kgf)</b>	127.6535	<b>Carga(Kgf)</b>	180.583

**Anexo 23. Compresión simple en cubos saturados, características de la muestra**

**Compresión simple (En Cubos rectangular)**

Pca 1		Pca 1		Pca 1	
Est 1		Est 2		Est 3	
<b>d1(cm)</b>	5.2	<b>D1(Cm)</b>	5.36	<b>D1(Cm)</b>	5.38
<b>d2(cm)</b>	5.5	<b>D2(Cm)</b>	5.41	<b>D2(Cm)</b>	5.43
<b>a(cm<sup>2</sup>)</b>	28.6	<b>A(Cm<sup>2</sup>)</b>	28.9976	<b>A(Cm<sup>2</sup>)</b>	29.2134
<b>lectura</b>	50	<b>Lectura</b>	2	<b>Lectura</b>	34
<b>coeficiente</b>	70.19	<b>Coeficiente</b>	70.16	<b>Coeficiente</b>	62.27
<b>carga(kgf)</b>	3509.5	<b>Carga(Kgf)</b>	140.32	<b>Carga(Kgf)</b>	2117.18

**Anexo 24. Compresión simple en cubos rectangular, características de la muestra**

**Medidas De La Muestra**

<b>Ds</b>	3.36	Cm	<b>As</b>	8.867	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	150.600	Gr
<b>Dc</b>	3.52	Cm	<b>Ac</b>	9.731	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	83.026	Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.52	Cm	<b>Ai</b>	9.731	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.814	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	8.66	Cm	<b>Am</b>	9.587	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 25. Prueba 1, presión 0.3, Factor 8.44 características de la muestra, triaxial rápida**



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1- Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	9.587	0.000
10.000	9.284	1.100	0.254	0.003	0.997	9.616	0.966
20.000	12.660	1.500	0.508	0.006	0.994	9.644	1.313
30.000	16.880	2.000	0.762	0.009	0.991	9.672	1.745
40.000	19.412	2.300	1.016	0.012	0.988	9.701	2.001
50.000	21.100	2.500	1.270	0.015	0.985	9.730	2.169
60.000	21.100	2.500	1.524	0.018	0.982	9.759	2.162
70.000	21.100	2.500	1.778	0.021	0.979	9.788	2.156
80.000	21.100	2.500	2.032	0.023	0.977	9.818	2.149
90.000	21.100	2.500	2.286	0.026	0.974	9.847	2.143
100.000	16.880	2.000	2.540	0.029	0.971	9.877	1.709

**Anexo 26. Prueba 1, presión 0.3, Factor 8.44, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida**

Medidas De La Muestra						
Ds(cm)	3.46	As	9.402	Cm <sup>2</sup>	Wi	148.400 Gr
Dc(cm)	3.44	Ac	9.294	Cm <sup>2</sup>	Vi	80.692 Cm <sup>3</sup>
Di(cm)	3.47	Ai	9.457	Cm <sup>2</sup>	M	1.839 Gr/Cm <sup>3</sup>
Hm(cm)	8.64	Am	9.339	Cm <sup>2</sup>		

**Anexo 27. Prueba 1, presión 0.6, Factor 8.44 características de la muestra, triaxial rápida**

Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1- Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	9.339	0.000
10.000	4.220	0.500	0.254	0.003	0.997	9.367	0.451
20.000	8.440	1.000	0.508	0.006	0.994	9.395	0.898
30.000	12.660	1.500	0.762	0.009	0.991	9.422	1.344
40.000	16.880	2.000	1.016	0.012	0.988	9.450	1.786
50.000	21.100	2.500	1.270	0.015	0.985	9.479	2.226
60.000	24.476	2.900	1.524	0.018	0.982	9.507	2.575
70.000	26.164	3.100	1.778	0.021	0.979	9.536	2.744
80.000	32.072	3.800	2.032	0.024	0.976	9.564	3.353
90.000	33.760	4.000	2.286	0.026	0.974	9.593	3.519
100.000	33.760	4.000	2.540	0.029	0.971	9.622	3.509
110.000	34.604	4.100	2.794	0.032	0.968	9.651	3.585
120.000	34.604	4.100	3.048	0.035	0.965	9.681	3.574
130.000	33.760	4.000	3.302	0.038	0.962	9.710	3.477

**Anexo 28. Prueba 1, presión 0.6, Factor 8.44, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida**

**Medidas De La Muestra**

<b>Ds(cm)</b>	3.81	Cm <sup>2</sup>	<b>As</b>	11.401	Gr	<b>Wi</b>	176.000	Gr
<b>Dc(cm)</b>	3.64	Cm <sup>2</sup>	<b>Ac</b>	10.406	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	98.760	Cm <sup>3</sup>
<b>Di(cm)</b>	3.7	Cm <sup>2</sup>	<b>Ai</b>	10.752	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.782	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm(cm)</b>	9.291	Cm <sup>2</sup>	<b>Am</b>	10.630	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 29. Prueba 1, presión 0.9, Factor 8.44 características de la muestra, triaxial rápida**

Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1 - Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	10.630	0.000
10.000	4.220	0.500	0.254	0.003	0.997	10.659	0.396
20.000	8.440	1.000	0.508	0.005	0.995	10.688	0.790
30.000	12.660	1.500	0.762	0.008	0.992	10.718	1.181
40.000	16.880	2.000	1.016	0.011	0.989	10.747	1.571
50.000	25.320	3.000	1.270	0.014	0.986	10.777	2.349
60.000	29.540	3.500	1.524	0.016	0.984	10.807	2.733
70.000	37.980	4.500	1.778	0.019	0.981	10.837	3.505
80.000	46.420	5.500	2.032	0.022	0.978	10.867	4.272
90.000	50.640	6.000	2.286	0.025	0.975	10.898	4.647
100.000	50.640	6.000	2.540	0.027	0.973	10.928	4.634
110.000	50.640	6.000	2.794	0.030	0.970	10.959	4.621
120.000	50.640	6.000	3.048	0.033	0.967	10.990	4.608
130.000	33.760	4.000	3.302	0.036	0.964	11.021	3.063

**Anexo 30. Prueba 1, presión 0.9, Factor 8.44, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida****Medidas De La Muestra**

<b>Ds</b>	3.4	Cm	<b>As</b>	9.079	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	142.500	Gr
<b>Dc</b>	3.37	Cm	<b>Ac</b>	8.920	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	74.635	Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.3	Cm	<b>Ai</b>	8.553	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.909	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	8.4	Cm	<b>Am</b>	8.885	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 31. Prueba 2, presión 0.3, Factor 0.63, características de la muestra, triaxial rápida**



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1- Deformacion Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	8.885	0.000
5.000	1.260	2.000	0.127	0.002	0.998	8.899	0.142
10.000	2.835	4.500	0.254	0.003	0.997	8.912	0.318
15.000	4.095	6.500	0.381	0.005	0.995	8.926	0.459
20.000	5.040	8.000	0.508	0.006	0.994	8.939	0.564
25.000	5.985	9.500	0.635	0.008	0.992	8.953	0.669
30.000	7.560	12.000	0.762	0.009	0.991	8.967	0.843
35.000	8.190	13.000	0.889	0.011	0.989	8.980	0.912
40.000	8.820	14.000	1.016	0.012	0.988	8.994	0.981
45.000	9.450	15.000	1.143	0.014	0.986	9.008	1.049
50.000	10.710	17.000	1.270	0.015	0.985	9.022	1.187
55.000	11.340	18.000	1.397	0.017	0.983	9.035	1.255
60.000	11.970	19.000	1.524	0.018	0.982	9.049	1.323
65.000	12.600	20.000	1.651	0.020	0.980	9.063	1.390
70.000	13.230	21.000	1.778	0.021	0.979	9.077	1.457
75.000	13.860	22.000	1.905	0.023	0.977	9.091	1.525
80.000	13.860	22.000	2.032	0.024	0.976	9.105	1.522
85.000	14.175	22.500	2.159	0.026	0.974	9.120	1.554
90.000	14.238	22.600	2.286	0.027	0.973	9.134	1.559
95.000	14.490	23.000	2.413	0.029	0.971	9.148	1.584
100.000	14.490	23.000	2.540	0.030	0.970	9.162	1.581
105.000	14.175	22.500	2.667	0.032	0.968	9.177	1.545
110.000	13.860	22.000	2.794	0.033	0.967	9.191	1.508
115.000	13.545	21.500	2.921	0.035	0.965	9.205	1.471

**Anexo 32. Prueba 2, presión 0.3, Factor 0.63, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida**

Medidas De La Muestra							
<b>Ds</b>	3.68	Cm	<b>As</b>	10.636	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	182.000 Gr
<b>Dc</b>	3.84	Cm	<b>Ac</b>	11.581	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	106.635 Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.76	Cm	<b>Ai</b>	11.104	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.707 Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	9.4	Cm	<b>Am</b>	11.344	Cm <sup>2</sup>		

**Anexo 33. Prueba 2, presión 0.6, Factor 0.63, características de la muestra, triaxial rápida**



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1-Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	11.344	0.000
5.000	1.260	2.000	0.127	0.001	0.999	11.359	0.111
10.000	2.520	4.000	0.254	0.003	0.997	11.375	0.222
15.000	3.465	5.500	0.381	0.004	0.996	11.390	0.304
20.000	5.355	8.500	0.508	0.005	0.995	11.406	0.470
25.000	6.930	11.000	0.635	0.007	0.993	11.421	0.607
30.000	8.820	14.000	0.762	0.008	0.992	11.437	0.771
35.000	10.710	17.000	0.889	0.009	0.991	11.452	0.935
40.000	12.285	19.500	1.016	0.011	0.989	11.468	1.071
45.000	13.860	22.000	1.143	0.012	0.988	11.484	1.207
50.000	15.750	25.000	1.270	0.014	0.986	11.499	1.370
55.000	17.640	28.000	1.397	0.015	0.985	11.515	1.532
60.000	19.530	31.000	1.524	0.016	0.984	11.531	1.694
65.000	20.790	33.000	1.651	0.018	0.982	11.547	1.800
70.000	22.050	35.000	1.778	0.019	0.981	11.563	1.907
75.000	22.680	36.000	1.905	0.020	0.980	11.579	1.959
80.000	23.940	38.000	2.032	0.022	0.978	11.595	2.065
85.000	25.200	40.000	2.159	0.023	0.977	11.611	2.170
90.000	25.830	41.000	2.286	0.024	0.976	11.627	2.222
95.000	26.775	42.500	2.413	0.026	0.974	11.643	2.300
100.000	27.720	44.000	2.540	0.027	0.973	11.659	2.378
105.000	28.350	45.000	2.667	0.028	0.972	11.675	2.428
110.000	28.980	46.000	2.794	0.030	0.970	11.692	2.479
115.000	29.610	47.000	2.921	0.031	0.969	11.708	2.529
120.000	29.925	47.500	3.048	0.032	0.968	11.724	2.552
125.000	29.925	47.500	3.175	0.034	0.966	11.741	2.549
130.000	29.610	47.000	3.302	0.035	0.965	11.757	2.518

**Anexo 34. Prueba 2, presión 0.6, Factor 0.63, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida**

Medidas De La Muestra							
<b>Ds</b>	3.640	Cm	<b>As</b>	10.406	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	167.100 Gr
<b>Dc</b>	3.790	Cm	<b>Ac</b>	11.282	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	105.805 Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.880	Cm	<b>Ai</b>	11.824	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.579 Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	9.425	Cm	<b>Am</b>	11.226	Cm <sup>2</sup>		

**Anexo 35. Prueba 2, presión 0.9, Factor 0.63, características de la muestra, triaxial rápida**



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1-Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	11.226	0.000
5.000	2.520	4.000	0.127	0.001	0.999	11.241	0.224
10.000	3.150	5.000	0.254	0.003	0.997	11.256	0.280
15.000	4.410	7.000	0.381	0.004	0.996	11.272	0.391
20.000	6.300	10.000	0.508	0.005	0.995	11.287	0.558
25.000	8.190	13.000	0.635	0.007	0.993	11.302	0.725
30.000	10.710	17.000	0.762	0.008	0.992	11.318	0.946
35.000	12.600	20.000	0.889	0.009	0.991	11.333	1.112
40.000	14.490	23.000	1.016	0.011	0.989	11.348	1.277
45.000	17.010	27.000	1.143	0.012	0.988	11.364	1.497
50.000	19.530	31.000	1.270	0.013	0.987	11.379	1.716
55.000	22.050	35.000	1.397	0.015	0.985	11.395	1.935
60.000	24.570	39.000	1.524	0.016	0.984	11.411	2.153
65.000	28.350	45.000	1.651	0.018	0.982	11.426	2.481
70.000	30.240	48.000	1.778	0.019	0.981	11.442	2.643
75.000	34.020	54.000	1.905	0.020	0.980	11.458	2.969
80.000	35.910	57.000	2.032	0.022	0.978	11.473	3.130
85.000	37.800	60.000	2.159	0.023	0.977	11.489	3.290
90.000	39.690	63.000	2.286	0.024	0.976	11.505	3.450
95.000	40.320	64.000	2.413	0.026	0.974	11.521	3.500
100.000	40.950	65.000	2.540	0.027	0.973	11.537	3.549
105.000	40.950	65.000	2.667	0.028	0.972	11.553	3.545
110.000	40.320	64.000	2.794	0.030	0.970	11.569	3.485
115.000	40.320	64.000	2.921	0.031	0.969	11.585	3.480

**Anexo 36. Prueba 2, presión 0.9, Factor 0.63, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida**

**Medidas De La Muestra**

<b>Ds</b>	3.560	Cm	<b>As</b>	9.954	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	164.700	Gr
<b>Dc</b>	3.840	Cm	<b>Ac</b>	11.581	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	100.467	Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.540	Cm	<b>Ai</b>	9.842	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.639	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	9.117	Cm	<b>Am</b>	11.020	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 37. Prueba 3, presión 0.3, Factor 0.63, características de la muestra, triaxial rápida**



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1- Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	11.020	0.000
5.000	0.315	0.500	0.127	0.001	0.999	11.036	0.029
10.000	0.315	0.500	0.254	0.003	0.997	11.051	0.029
15.000	0.630	1.000	0.381	0.004	0.996	11.066	0.057
20.000	0.945	1.500	0.508	0.006	0.994	11.082	0.085
25.000	1.575	2.500	0.635	0.007	0.993	11.097	0.142
30.000	2.205	3.500	0.762	0.008	0.992	11.113	0.198
35.000	3.150	5.000	0.889	0.010	0.990	11.129	0.283
40.000	4.095	6.500	1.016	0.011	0.989	11.144	0.367
45.000	4.410	7.000	1.143	0.013	0.987	11.160	0.395
50.000	5.985	9.500	1.270	0.014	0.986	11.176	0.536
55.000	6.615	10.500	1.397	0.015	0.985	11.192	0.591
60.000	6.930	11.000	1.524	0.017	0.983	11.208	0.618
65.000	8.820	14.000	1.651	0.018	0.982	11.223	0.786
70.000	10.710	17.000	1.778	0.020	0.980	11.239	0.953
75.000	11.340	18.000	1.905	0.021	0.979	11.255	1.008
80.000	12.600	20.000	2.032	0.022	0.978	11.271	1.118
85.000	13.230	21.000	2.159	0.024	0.976	11.287	1.172
90.000	14.805	23.500	2.286	0.025	0.975	11.304	1.310
95.000	15.750	25.000	2.413	0.026	0.974	11.320	1.391
100.000	17.325	27.500	2.540	0.028	0.972	11.336	1.528
105.000	18.585	29.500	2.667	0.029	0.971	11.352	1.637
110.000	19.530	31.000	2.794	0.031	0.969	11.369	1.718
115.000	19.845	31.500	2.921	0.032	0.968	11.385	1.743
120.000	21.420	34.000	3.048	0.033	0.967	11.401	1.879
125.000	22.050	35.000	3.175	0.035	0.965	11.418	1.931
130.000	22.680	36.000	3.302	0.036	0.964	11.434	1.984
135.000	22.995	36.500	3.429	0.038	0.962	11.451	2.008
140.000	22.995	36.500	3.556	0.039	0.961	11.467	2.005
145.000	22.680	36.000	3.683	0.040	0.960	11.484	1.975

**Anexo 38. Prueba 3, presión 0.3, Factor 0.63, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida**

**Medidas De La Muestra**

<b>Ds</b>	3.710	Cm	<b>As</b>	10.810	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	146.700	Gr
<b>Dc</b>	3.360	Cm	<b>Ac</b>	8.867	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	80.036	Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.370	Cm	<b>Ai</b>	8.920	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.833	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	8.700	Cm	<b>Am</b>	9.200	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 39. Prueba 3, presión 0.6, Factor 0.63, características de la muestra, triaxial rápida**



Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1- Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	9.200	0.000
1.260	2.000	0.127	0.001	0.999	9.213	0.137
1.890	3.000	0.254	0.003	0.997	9.227	0.205
2.520	4.000	0.381	0.004	0.996	9.240	0.273
3.465	5.500	0.508	0.006	0.994	9.254	0.374
4.410	7.000	0.635	0.007	0.993	9.267	0.476
5.670	9.000	0.762	0.009	0.991	9.281	0.611
6.615	10.500	0.889	0.010	0.990	9.295	0.712
7.875	12.500	1.016	0.012	0.988	9.308	0.846
9.135	14.500	1.143	0.013	0.987	9.322	0.980
10.395	16.500	1.270	0.015	0.985	9.336	1.113
11.655	18.500	1.397	0.016	0.984	9.350	1.247
12.915	20.500	1.524	0.018	0.982	9.364	1.379
14.490	23.000	1.651	0.019	0.981	9.378	1.545
15.750	25.000	1.778	0.020	0.980	9.392	1.677
17.010	27.000	1.905	0.022	0.978	9.406	1.809
18.270	29.000	2.032	0.023	0.977	9.420	1.940
19.845	31.500	2.159	0.025	0.975	9.434	2.104
20.790	33.000	2.286	0.026	0.974	9.448	2.201
21.735	34.500	2.413	0.028	0.972	9.462	2.297
22.050	35.000	2.540	0.029	0.971	9.476	2.327
22.743	36.100	2.667	0.031	0.969	9.491	2.396
22.743	36.100	2.794	0.032	0.968	9.505	2.393
22.680	36.000	2.921	0.034	0.966	9.519	2.383

**Anexo 40. Prueba 3, presión 0.6, Factor 0.63, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida**

**Medidas De La Muestra**

<b>Ds</b>	3.44	Cm	<b>As</b>	9.294	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	151.300	Gr
<b>Dc</b>	3.46	Cm	<b>Ac</b>	9.402	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	83.507	Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.62	Cm	<b>Ai</b>	10.292	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.812	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	8.76	Cm	<b>Am</b>	9.533	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 41. Prueba 3, presión 0.9, Factor 0.63, características de la muestra, triaxial rápida**



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1- Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	9.533	0.000
5.000	0.630	1.000	0.127	0.001	0.999	9.547	0.066
10.000	0.693	1.100	0.254	0.003	0.997	9.560	0.072
15.000	0.945	1.500	0.381	0.004	0.996	9.574	0.099
20.000	1.449	2.300	0.508	0.006	0.994	9.588	0.151
25.000	2.520	4.000	0.635	0.007	0.993	9.602	0.262
30.000	3.780	6.000	0.762	0.009	0.991	9.616	0.393
35.000	5.355	8.500	0.889	0.010	0.990	9.630	0.556
40.000	6.930	11.000	1.016	0.012	0.988	9.645	0.719
45.000	8.820	14.000	1.143	0.013	0.987	9.659	0.913
50.000	10.395	16.500	1.270	0.014	0.986	9.673	1.075
55.000	11.970	19.000	1.397	0.016	0.984	9.687	1.236
60.000	13.860	22.000	1.524	0.017	0.983	9.701	1.429
65.000	15.435	24.500	1.651	0.019	0.981	9.716	1.589
70.000	16.065	25.500	1.778	0.020	0.980	9.730	1.651
75.000	18.900	30.000	1.905	0.022	0.978	9.745	1.940
80.000	20.475	32.500	2.032	0.023	0.977	9.759	2.098
85.000	22.365	35.500	2.159	0.025	0.975	9.774	2.288
90.000	24.255	38.500	2.286	0.026	0.974	9.788	2.478
95.000	26.145	41.500	2.413	0.028	0.972	9.803	2.667
100.000	28.035	44.500	2.540	0.029	0.971	9.817	2.856
105.000	30.240	48.000	2.667	0.030	0.970	9.832	3.076
110.000	32.445	51.500	2.794	0.032	0.968	9.847	3.295
115.000	34.020	54.000	2.921	0.033	0.967	9.862	3.450
120.000	34.965	55.500	3.048	0.035	0.965	9.876	3.540
125.000	35.595	56.500	3.175	0.036	0.964	9.891	3.599
130.000	35.910	57.000	3.302	0.038	0.962	9.906	3.625
135.000	35.910	57.000	3.429	0.039	0.961	9.921	3.620
140.000	35.595	56.500	3.556	0.041	0.959	9.936	3.582

**Anexo 42. Prueba 3, presión 0.9, Factor 0.63, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida**

Medidas De La Muestra							
<b>Ds</b>	3.560	Cm	<b>As</b>	9.954	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	165.000 Gr
<b>Dc</b>	3.670	Cm	<b>Ac</b>	10.578	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	96.197 Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.730	Cm	<b>Ai</b>	10.927	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.715 Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	9.133	Cm	<b>Am</b>	10.532	Cm <sup>2</sup>		

**Anexo 43. Prueba 4, presión 0.3, Factor 0.63, características de la muestra, triaxial rápida**



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1- Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	10.532	0.000
5.000	1.260	2.000	0.127	0.001	0.999	10.547	0.119
10.000	2.016	3.200	0.254	0.003	0.997	10.562	0.191
15.000	2.709	4.300	0.381	0.004	0.996	10.577	0.256
20.000	3.906	6.200	0.508	0.006	0.994	10.591	0.369
25.000	4.410	7.000	0.635	0.007	0.993	10.606	0.416
30.000	5.544	8.800	0.762	0.008	0.992	10.621	0.522
35.000	6.300	10.000	0.889	0.010	0.990	10.636	0.592
40.000	7.560	12.000	1.016	0.011	0.989	10.651	0.710
45.000	7.875	12.500	1.143	0.013	0.987	10.666	0.738
50.000	9.135	14.500	1.270	0.014	0.986	10.681	0.855
55.000	10.080	16.000	1.397	0.015	0.985	10.696	0.942
60.000	10.710	17.000	1.524	0.017	0.983	10.711	1.000
65.000	11.466	18.200	1.651	0.018	0.982	10.726	1.069
70.000	13.230	21.000	1.778	0.019	0.981	10.742	1.232
75.000	13.545	21.500	1.905	0.021	0.979	10.757	1.259
80.000	13.734	21.800	2.032	0.022	0.978	10.772	1.275
85.000	13.734	21.800	2.159	0.024	0.976	10.787	1.273
90.000	13.797	21.900	2.286	0.025	0.975	10.803	1.277
95.000	13.860	22.000	2.413	0.026	0.974	10.818	1.281
100.000	13.230	21.000	2.540	0.028	0.972	10.834	1.221
105.000	12.915	20.500	2.667	0.029	0.971	10.849	1.190
110.000	12.600	20.000	2.794	0.031	0.969	10.865	1.160
115.000	11.655	18.500	2.921	0.032	0.968	10.880	1.071

**Anexo 44. Prueba 4, presión 0.3, Factor 0.63, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida**

Medidas De La Muestra								
<b>Ds</b>	3.610	Cm	<b>As</b>	10.235	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	162.100	Gr
<b>Dc</b>	3.550	Cm	<b>Ac</b>	9.898	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	90.690	Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.660	Cm	<b>Ai</b>	10.521	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.787	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	9.017	Cm	<b>Am</b>	10.058	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 45. Prueba 4, presión 0.6, Factor 0.63, características de la muestra, triaxial rápida**



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1-Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	10.058	0.000
5.000	0.945	1.500	0.127	0.001	0.999	10.072	0.094
10.000	2.016	3.200	0.254	0.003	0.997	10.086	0.200
15.000	3.150	5.000	0.381	0.004	0.996	10.101	0.312
20.000	4.284	6.800	0.508	0.006	0.994	10.115	0.424
25.000	5.040	8.000	0.635	0.007	0.993	10.129	0.498
30.000	6.300	10.000	0.762	0.008	0.992	10.144	0.621
35.000	7.245	11.500	0.889	0.010	0.990	10.158	0.713
40.000	8.190	13.000	1.016	0.011	0.989	10.173	0.805
45.000	9.450	15.000	1.143	0.013	0.987	10.187	0.928
50.000	10.710	17.000	1.270	0.014	0.986	10.202	1.050
55.000	11.844	18.800	1.397	0.015	0.985	10.216	1.159
60.000	12.600	20.000	1.524	0.017	0.983	10.231	1.232
65.000	13.860	22.000	1.651	0.018	0.982	10.246	1.353
70.000	14.490	23.000	1.778	0.020	0.980	10.260	1.412
75.000	15.687	24.900	1.905	0.021	0.979	10.275	1.527
80.000	16.317	25.900	2.032	0.023	0.977	10.290	1.586
85.000	16.695	26.500	2.159	0.024	0.976	10.305	1.620
90.000	17.010	27.000	2.286	0.025	0.975	10.320	1.648
95.000	17.199	27.300	2.413	0.027	0.973	10.335	1.664
100.000	17.388	27.600	2.540	0.028	0.972	10.350	1.680
105.000	17.766	28.200	2.667	0.030	0.970	10.365	1.714
110.000	18.144	28.800	2.794	0.031	0.969	10.380	1.748
115.000	18.585	29.500	2.921	0.032	0.968	10.395	1.788
120.000	18.774	29.800	3.048	0.034	0.966	10.410	1.803
125.000	18.900	30.000	3.175	0.035	0.965	10.425	1.813
130.000	18.963	30.100	3.302	0.037	0.963	10.440	1.816
135.000	18.963	30.100	3.429	0.038	0.962	10.456	1.814
140.000	19.215	30.500	3.556	0.039	0.961	10.471	1.835
145.000	19.404	30.800	3.683	0.041	0.959	10.486	1.850
150.000	19.530	31.000	3.810	0.042	0.958	10.502	1.860
155.000	19.656	31.200	3.937	0.044	0.956	10.517	1.869
160.000	20.034	31.800	4.064	0.045	0.955	10.533	1.902
165.000	20.160	32.000	4.191	0.046	0.954	10.548	1.911
170.000	20.475	32.500	4.318	0.048	0.952	10.564	1.938
175.000	20.790	33.000	4.445	0.049	0.951	10.580	1.965
180.000	21.105	33.500	4.572	0.051	0.949	10.595	1.992
185.000	21.420	34.000	4.699	0.052	0.948	10.611	2.019
190.000	21.420	34.000	4.826	0.054	0.946	10.627	2.016
195.000	21.420	34.000	4.953	0.055	0.945	10.643	2.013

**Anexo 46. Prueba 4, presión 0.6, Factor 0.63, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida**



**Medidas De La Muestra**

<b>Ds</b>	3.670	Cm	<b>As</b>	10.578	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	176.800	Gr
<b>Dc</b>	3.710	Cm	<b>Ac</b>	10.810	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	100.089	Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.740	Cm	<b>Ai</b>	10.986	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.766	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	9.267	Cm	<b>Am</b>	10.801	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 47. Prueba 4, presión 0.9, Factor 0.63, características de la muestra, triaxial rápida**

Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1-Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	10.801	0.000
5.000	0.315	0.500	0.127	0.001	0.999	10.816	0.029
10.000	0.945	1.500	0.254	0.003	0.997	10.831	0.087
15.000	2.205	3.500	0.381	0.004	0.996	10.846	0.203
20.000	4.725	7.500	0.508	0.005	0.995	10.860	0.435
25.000	6.930	11.000	0.635	0.007	0.993	10.875	0.637
30.000	10.080	16.000	0.762	0.008	0.992	10.890	0.926
35.000	11.340	18.000	0.889	0.010	0.990	10.906	1.040
40.000	13.230	21.000	1.016	0.011	0.989	10.921	1.211
45.000	15.120	24.000	1.143	0.012	0.988	10.936	1.383
50.000	17.010	27.000	1.270	0.014	0.986	10.951	1.553
55.000	18.270	29.000	1.397	0.015	0.985	10.966	1.666
60.000	18.900	30.000	1.524	0.016	0.984	10.982	1.721
65.000	19.530	31.000	1.651	0.018	0.982	10.997	1.776
70.000	20.160	32.000	1.778	0.019	0.981	11.012	1.831
75.000	22.050	35.000	1.905	0.021	0.979	11.028	2.000
80.000	23.940	38.000	2.032	0.022	0.978	11.043	2.168
85.000	25.200	40.000	2.159	0.023	0.977	11.059	2.279
90.000	25.830	41.000	2.286	0.025	0.975	11.074	2.332
95.000	27.720	44.000	2.413	0.026	0.974	11.090	2.500
100.000	28.980	46.000	2.540	0.027	0.973	11.105	2.610
105.000	31.500	50.000	2.667	0.029	0.971	11.121	2.832
110.000	33.390	53.000	2.794	0.030	0.970	11.137	2.998
115.000	34.020	54.000	2.921	0.032	0.968	11.152	3.050
120.000	36.540	58.000	3.048	0.033	0.967	11.168	3.272
125.000	38.430	61.000	3.175	0.034	0.966	11.184	3.436
130.000	39.690	63.000	3.302	0.036	0.964	11.200	3.544
135.000	40.320	64.000	3.429	0.037	0.963	11.216	3.595
140.000	40.950	65.000	3.556	0.038	0.962	11.232	3.646
145.000	41.076	65.200	3.683	0.040	0.960	11.248	3.652
150.000	41.076	65.200	3.810	0.041	0.959	11.264	3.647
155.000	39.060	62.000	3.937	0.042	0.958	11.280	3.463

**Anexo 48. Prueba 4, presión 0.9, Factor 0.63, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida**



**Medidas De La Muestra**

<b>Ds</b>	3.800	Cm	<b>As</b>	11.341	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	186.900	Gr
<b>Dc</b>	3.880	Cm	<b>Ac</b>	11.824	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	113.716	Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.910	Cm	<b>Ai</b>	12.007	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.644	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	9.658	Cm	<b>Am</b>	11.774	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 49. Presión 0.3, Factor 8.31, características de la muestra, triaxial rápida muestra inalterada**

Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1-Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	11.774	0.000
5.00	4.155	0.500	0.127	0.001	0.999	11.789	0.352
10.00	9.141	1.100	0.254	0.003	0.997	11.805	0.774
15.00	15.789	1.900	0.381	0.004	0.996	11.821	1.336
20.00	24.099	2.900	0.508	0.005	0.995	11.836	2.036
25.00	32.409	3.900	0.635	0.007	0.993	11.852	2.735
30.00	37.395	4.500	0.762	0.008	0.992	11.868	3.151
35.00	51.522	6.200	0.889	0.009	0.991	11.883	4.336
40.00	60.663	7.300	1.016	0.011	0.989	11.899	5.098
45.00	65.649	7.900	1.143	0.012	0.988	11.915	5.510
50.00	73.959	8.900	1.270	0.013	0.987	11.931	6.199
55.00	69.804	8.400	1.397	0.014	0.986	11.947	5.843

**Anexo 50. Presión 0.3, Factor 8.31, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida inalterada**

**Medidas De La Muestra**

<b>Ds</b>	3.750	Cm	<b>As</b>	11.045	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	161.700	Gr
<b>Dc</b>	3.710	Cm	<b>Ac</b>	10.810	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	101.171	Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.720	Cm	<b>Ai</b>	10.869	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.598	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	9.317	Cm	<b>Am</b>	10.859	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 51. Presión 0.6, Factor 8.31, características de la muestra, triaxial rápida muestra inalterada**



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1-Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	10.859	0.000
5.000	4.571	0.550	0.127	0.001	0.999	10.874	0.420
10.000	19.113	2.300	0.254	0.003	0.997	10.889	1.755
15.000	19.445	2.340	0.381	0.004	0.996	10.904	1.783
20.000	37.395	4.500	0.508	0.005	0.995	10.919	3.425
25.000	54.015	6.500	0.635	0.007	0.993	10.934	4.940
30.000	59.832	7.200	0.762	0.008	0.992	10.949	5.465
35.000	67.311	8.100	0.889	0.010	0.990	10.964	6.139
40.000	70.635	8.500	1.016	0.011	0.989	10.979	6.434
45.000	77.283	9.300	1.143	0.012	0.988	10.994	7.030
50.000	73.959	8.900	1.270	0.014	0.986	11.009	6.718
55.000	73.959	8.900	1.397	0.015	0.985	11.024	6.709

**Anexo 52. Presión 0.6, Factor 8.31, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida inalterada**

**Medidas De La Muestra**

<b>Ds</b>	3.720	Cm	<b>As</b>	10.869	Cm <sup>2</sup>	<b>Wi</b>	170.800	Gr
<b>Dc</b>	3.740	Cm	<b>Ac</b>	10.986	Cm <sup>2</sup>	<b>Vi</b>	102.903	Cm <sup>3</sup>
<b>Di</b>	3.770	Cm	<b>Ai</b>	11.163	Cm <sup>2</sup>	<b>M</b>	1.660	Gr/Cm <sup>3</sup>
<b>Hm</b>	9.358	Cm	<b>Am</b>	10.996	Cm <sup>2</sup>			

**Anexo 53. Presión 0.9, Factor 8.31, características de la muestra, triaxial rápida muestra inalterada**



Tiempo Transcurrido	Carga	Lectura Micrómetro	Deformación Total	Deformación Unitaria	1-Deformación Unitaria	Área Corregida	Esfuerzo
Mm	Kg	Mm	Mm	---	---	Cm <sup>2</sup>	Kg/Cm <sup>2</sup>
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	10.996	0.000
5.000	0.831	0.100	0.127	0.001	0.999	11.011	0.075
10.000	1.662	0.200	0.254	0.003	0.997	11.026	0.151
15.000	4.986	0.600	0.381	0.004	0.996	11.041	0.452
20.000	9.972	1.200	0.508	0.005	0.995	11.056	0.902
25.000	16.620	2.000	0.635	0.007	0.993	11.071	1.501
30.000	25.761	3.100	0.762	0.008	0.992	11.086	2.324
35.000	33.240	4.000	0.889	0.009	0.991	11.101	2.994
40.000	44.043	5.300	1.016	0.011	0.989	11.117	3.962
45.000	51.522	6.200	1.143	0.012	0.988	11.132	4.628
50.000	61.494	7.400	1.270	0.014	0.986	11.147	5.517
55.000	68.973	8.300	1.397	0.015	0.985	11.162	6.179
60.000	76.452	9.200	1.524	0.016	0.984	11.178	6.840
65.000	89.748	10.800	1.651	0.018	0.982	11.193	8.018
70.000	94.734	11.400	1.778	0.019	0.981	11.209	8.452
75.000	98.889	11.900	1.905	0.020	0.980	11.224	8.810
80.000	104.706	12.600	2.032	0.022	0.978	11.240	9.316
85.000	108.861	13.100	2.159	0.023	0.977	11.255	9.672
90.000	113.847	13.700	2.286	0.024	0.976	11.271	10.101
95.000	117.171	14.100	2.413	0.026	0.974	11.287	10.381
100.000	114.678	13.800	2.540	0.027	0.973	11.303	10.146

**Anexo 54. Presión 0.9, Factor 8.31, cálculo de esfuerzo, triaxial rápida inalterada**