



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDROFÓBICAS DE  
ADOBES COMPACTADOS AL INCORPORAR ESTEARATO  
DE ZINC”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Ronald Mijail Caceres Vasquez

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Caceres Vasquez, Ronald Mijail

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “**Propiedades Mecánicas e Hidrofóbicas de Adobes Compactados al Incorporar Estearato de Zinc**” para aspirar al título profesional de: **Ingeniero Civil** por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al interesado para su presentación.

---

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: **CACERES VASQUEZ, RONALD MIJAIL** para aspirar al título profesional con la tesis denominada: **“PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDROFÓBICAS DE ADOBES COMPACTADOS AL INCORPORAR ESTEARATO DE ZINC”**

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga  
Jurado  
Presidente

---

Ing. Gerson Quispe Rodríguez  
Jurado

---

Ing. Iván Mejía Díaz  
Jurado

## DEDICATORIA

A los futuros investigadores y constructores de  
viviendas de adobe.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza, compañía  
y guía en esta segunda carrera profesional.

A mis padres Máximo, Hercilia y Hermila  
que hacen posible que tenga esta segunda profesión.

A mis Hermanos Filomena, Carlos y Fredy  
que siempre me muestran y dan su apoyo incondicional.

Al Ing. Miguel Mosqueira por su paciente apoyo y guía  
en la realización de este proyecto profesional,  
y a los docentes de la Universidad Privada del Norte  
por los conocimientos dados en las aulas de clase.

## Tabla de contenidos

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....</b>	<b>2</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>16</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS .....</b>	<b>18</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>21</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>1.1. Realidad problemática .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2. Formulación del problema .....</b>	<b>38</b>
<b>1.3. Objetivos .....</b>	<b>39</b>
<b>1.3.1. Objetivo general .....</b>	<b>39</b>
<b>1.3.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>39</b>
<b>1.4. Hipótesis .....</b>	<b>39</b>
<b>1.4.1. Hipótesis general .....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>40</b>
<b>2.1. Tipo de investigación.....</b>	<b>40</b>
<b>2.2. Población y Muestra.....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.1. Unidad de estudio.....</b>	<b>40</b>

2.2.2.	<b>Población</b> .....	40
2.2.3.	<b>Muestra</b> .....	40
2.3.	<b>Técnicas y materiales</b> .....	<b>41</b>
2.4.	<b>Procedimiento de recolección de datos</b> .....	<b>44</b>
2.4.1.	<b>Obtención del material para los adobes</b> .....	44
2.4.1.1.	<b>Tierra</b> .....	44
2.4.1.2.	<b>Estearato de Zinc</b> .....	45
2.4.1.3.	<b>Agua</b> .....	46
2.4.2.	<b>Ensayos de suelo</b> .....	46
2.4.3.	<b>Ensayos de propiedades mecánicas e hidrofóbicas.</b> .....	47
2.5.	<b>Procedimiento de tratamiento de análisis de datos</b> .....	<b>47</b>
2.5.1.	<b>Análisis de datos de los ensayos de suelo</b> .....	47
2.5.2.	<b>Análisis de datos de ensayos de propiedades mecánicas e hidrofóbicas</b> .....	47
2.6.	<b>Procedimientos de ensayos practicados</b> .....	<b>48</b>
2.6.1.	<b>Ensayos de suelos</b> .....	48
2.6.1.1.	<b>Contenido de humedad</b> .....	48
2.6.1.2.	<b>Granulometría por lavado</b> .....	50
2.6.1.3.	<b>Límites de consistencia</b> .....	52
2.6.1.3.1.	<b>Límite líquido (LL)</b> .....	52
2.6.1.3.2.	<b>Límite plástico (LP)</b> .....	54
2.6.1.3.3.	<b>Índice de plasticidad (IP)</b> .....	55
2.6.1.4.	<b>Clasificación de suelos mediante sistema SUCS</b> .....	55
2.6.1.5.	<b>Proctor modificado</b> .....	56
2.6.2.	<b>Ensayos de propiedades mecánicas e hidrofóbicas</b> .....	59
2.6.2.1.	<b>Ensayos de rotura</b> .....	59
2.6.2.1.1.	<b>Ensayo de rotura para medir la resistencia a la compresión</b> 59	
2.6.2.1.2.	<b>Ensayo de rotura para medir la resistencia a la tracción.</b> 60	

2.6.2.2.	<b>Ensayo de Absorción</b> .....	61
2.7.	<b>Aspectos éticos</b> .....	61
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b> .....		<b>62</b>
3.1.	<b>Ensayos de suelos</b> .....	<b>62</b>
3.2.	<b>Ensayos de rotura</b> .....	<b>62</b>
3.2.1.	<b>Resumen de los ensayos de compresión en las unidades de adobe</b> .....	62
3.2.2.	<b>Resumen del ensayo de tracción por flexión en las unidades de adobe</b> .....	65
3.3.	<b>Resumen del ensayo de absorción</b> .....	<b>68</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....		<b>70</b>
4.1.	<b>Discusión</b> .....	<b>70</b>
4.2.	<b>Conclusiones</b> .....	<b>72</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....		<b>74</b>
<b>ANEXOS</b> .....		<b>78</b>
<b>Anexo 1: Ensayos de suelos</b> .....		<b>78</b>
	<b>Contenido de humedad</b> .....	78
	<b>Granulometría por lavado</b> .....	78
	<b>Límites de consistencia</b> .....	79
	<b>Límite líquido</b> .....	79
	<b>Límite plástico</b> .....	80
	<b>Índice de plasticidad</b> .....	80
	<b>Clasificación SUCS</b> .....	81
	<b>Proctor modificado</b> .....	82
<b>Anexo 2: Ensayo de rotura: Ensayos de compresión</b> .....		<b>83</b>
	<b>Ensayos de compresión</b> .....	83
	<b>Ensayo de compresión: muestras patrón</b> .....	83



<b>Ensayo de compresión: muestras con 1% de incorporación de estearato de zinc</b> .....	89
<b>Ensayo de compresión: muestras con 2% de incorporación de estearato de zinc</b> .....	95
<b>Ensayo de compresión: muestras con 3% de incorporación de estearato de zinc</b> .....	101
<b>Anexo 3: Ensayo de rotura: Ensayos de tracción por flexión</b> .....	<b>107</b>
<b>Ensayos de tracción por flexión</b> .....	107
<b>Ensayo de tracción por flexión: muestras patrón</b> .....	107
<b>Ensayo de tracción por flexión: muestras con 1% de incorporación de estearato de zinc</b> .....	113
<b>Ensayo de tracción por flexión: muestras con 2% de incorporación de estearato de zinc</b> .....	119
<b>Ensayo de tracción por flexión: muestras con 3% de incorporación de estearato de zinc</b> .....	125
<b>Anexo 4: Ensayo de absorción</b> .....	<b>131</b>
<b>Ensayo de absorción: muestras patrón</b> .....	131
<b>Ensayo de absorción: muestras con 1% de incorporación de estearato de zinc</b> .....	131
<b>Ensayo de absorción: muestras con 2% de incorporación de estearato de zinc</b> .....	132
<b>Ensayo de absorción: muestras con 3% de incorporación de estearato de zinc</b> .....	132
<b>Anexo 5: Fotografías de ensayos del suelo empleado</b> .....	<b>133</b>
<b>Anexo 6: Fotografías de ensayos de rotura</b> .....	<b>145</b>
<b>Anexo 7: Fotografías de ensayo de absorción</b> .....	<b>148</b>
<b>Anexo 8: Matriz de consistencia y operacionalización de variables</b> .....	<b>150</b>
<b>Anexo 9: Ficha técnica del estearato de zinc</b> .....	<b>151</b>
<b>Anexo 10: Protocolos de laboratorio empleados</b> .....	<b>153</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Reglamentos alrededor del Mundo sobre Construcciones de Tierra</i>	31
<b>Tabla 2</b> <i>Número total de muestras a ensayar</i>	41
<b>Tabla 3</b> <i>Vías de Acceso</i>	44
<b>Tabla 4</b> <i>Sistema de Clasificación de suelos</i>	56
<b>Tabla 5</b> <i>Resultados de los ensayos de suelos</i>	62
<b>Tabla 6</b> <i>Resultados del ensayo: Rotura a compresión</i>	62
<b>Tabla 7</b> <i>Resumen del ensayo: Rotura a compresión</i>	63
<b>Tabla 8</b> <i>Resultados de la carga de fluencia y esfuerzo de fluencia en el ensayo de rotura a compresión.</i>	64
<b>Tabla 9</b> <i>Resumen de los resultados de la carga de fluencia y el esfuerzo de fluencia menos la desviación estándar correspondiente en el ensayo de rotura a compresión.</i>	65
<b>Tabla 10</b> <i>Resultados del ensayo: Rotura de tracción por flexión</i>	65
<b>Tabla 11</b> <i>Resumen del ensayo: Rotura de tracción por flexión</i>	66
<b>Tabla 12</b> <i>Resultados de la carga de fluencia y esfuerzo de fluencia en el ensayo de rotura a tracción por flexión.</i>	67
<b>Tabla 13</b> <i>Resumen de los resultados de la carga de fluencia y el esfuerzo de fluencia menos la desviación estándar correspondiente en el ensayo de rotura a tracción por flexión.</i>	68
<b>Tabla 14</b> <i>Resumen del ensayo: Absorción general</i>	68
<b>Tabla 15</b> <i>Resumen del tiempo en que se disuelve el adobe</i>	69
<b>Tabla 16</b> <i>Contenido de Humedad</i>	78
<b>Tabla 17</b> <i>Granulometría por lavado</i>	78
<b>Tabla 18</b> <i>Límite líquido</i>	79
<b>Tabla 19</b> <i>Límite plástico</i>	80
<b>Tabla 20</b> <i>Índice de Plasticidad</i>	80
<b>Tabla 21</b> <i>Clasificación SUCS</i>	81
<b>Tabla 22</b> <i>Proctor Modificado</i>	82
<b>Tabla 23</b> <i>Valores Óptimos del Proctor Modificado</i>	82
<b>Tabla 24</b> <i>Datos generales: Espécimen PC-1</i>	83
<b>Tabla 25</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PC-1.</i>	83
<b>Tabla 26</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PC-1</i>	83
<b>Tabla 27</b> <i>Datos generales: Espécimen PC-2</i>	84

<b>Tabla 28</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PC-2.</i>	84
<b>Tabla 29</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PC-2</i>	84
<b>Tabla 30</b> <i>Datos generales: Espécimen PC-3</i>	85
<b>Tabla 31</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PC-3.</i>	85
<b>Tabla 32</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PC-3</i>	85
<b>Tabla 33</b> <i>Datos generales: Espécimen PC-4</i>	86
<b>Tabla 34</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PC-4.</i>	86
<b>Tabla 35</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PC-4</i>	86
<b>Tabla 36</b> <i>Datos generales: Espécimen PC-5</i>	87
<b>Tabla 37</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PC-5.</i>	87
<b>Tabla 38</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PC-5</i>	87
<b>Tabla 39</b> <i>Datos generales: Espécimen PC-6</i>	88
<b>Tabla 40</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PC-6.</i>	88
<b>Tabla 41</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PC-6</i>	88
<b>Tabla 42</b> <i>Datos generales: Espécimen 1%QC-1</i>	89
<b>Tabla 43</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 1%QC-1.</i>	89
<b>Tabla 44</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 1%QC-1</i>	89
<b>Tabla 45</b> <i>Datos generales: Espécimen 1%QC-2</i>	90
<b>Tabla 46</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 1%QC-2.</i>	90
<b>Tabla 47</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 1%QC-2</i>	90
<b>Tabla 48</b> <i>Datos generales: Espécimen 1%QC-3</i>	91
<b>Tabla 49</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 1%QC-3.</i>	91
<b>Tabla 50</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 1%QC-3</i>	91
<b>Tabla 51</b> <i>Datos generales: Espécimen 1%QC-4</i>	92
<b>Tabla 52</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 1%QC-4.</i>	92
<b>Tabla 53</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 1%QC-4</i>	92
<b>Tabla 54</b> <i>Datos generales: Espécimen 1%QC-5</i>	93
<b>Tabla 55</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 1%QC-5.</i>	93
<b>Tabla 56</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 1%QC-5</i>	93
<b>Tabla 57</b> <i>Datos generales: Espécimen 1%QC-6</i>	94
<b>Tabla 58</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 1%QC-6.</i>	94
<b>Tabla 59</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 1%QC-6</i>	94
<b>Tabla 60</b> <i>Datos generales: Espécimen 2%QC-1</i>	95

<b>Tabla 61</b>	<i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QC-1.</i>	95
<b>Tabla 62</b>	<i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QC-1</i>	95
<b>Tabla 63</b>	<i>Datos generales: Espécimen 2%QC-2</i>	96
<b>Tabla 64</b>	<i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QC-2.</i>	96
<b>Tabla 65</b>	<i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QC-2</i>	96
<b>Tabla 66</b>	<i>Datos generales: Espécimen 2%QC-3</i>	97
<b>Tabla 67</b>	<i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QC-3.</i>	97
<b>Tabla 68</b>	<i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QC-3</i>	97
<b>Tabla 69</b>	<i>Datos generales: Espécimen 2%QC-4</i>	98
<b>Tabla 70</b>	<i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QC-4.</i>	98
<b>Tabla 71</b>	<i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QC-4</i>	98
<b>Tabla 72</b>	<i>Datos generales: Espécimen 2%QC-5</i>	99
<b>Tabla 73</b>	<i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QC-5.</i>	99
<b>Tabla 74</b>	<i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QC-5</i>	99
<b>Tabla 75</b>	<i>Datos generales: Espécimen 2%QC-6</i>	100
<b>Tabla 76</b>	<i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QC-6.</i>	100
<b>Tabla 77</b>	<i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QC-6</i>	100
<b>Tabla 78</b>	<i>Datos generales: Espécimen 3%QC-1</i>	101
<b>Tabla 79</b>	<i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 3%QC-1.</i>	101
<b>Tabla 80</b>	<i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 3%QC-1</i>	101
<b>Tabla 81</b>	<i>Datos generales: Espécimen 3%QC-2</i>	102
<b>Tabla 82</b>	<i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 3%QC-2.</i>	102
<b>Tabla 83</b>	<i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 3%QC-2</i>	102
<b>Tabla 84</b>	<i>Datos generales: Espécimen 3%QC-3</i>	103
<b>Tabla 85</b>	<i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 3%QC-3.</i>	103
<b>Tabla 86</b>	<i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 3%QC-3</i>	103
<b>Tabla 87</b>	<i>Datos generales: Espécimen 3%QC-4</i>	104
<b>Tabla 88</b>	<i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 3%QC-4.</i>	104
<b>Tabla 89</b>	<i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 3%QC-4</i>	104
<b>Tabla 90</b>	<i>Datos generales: Espécimen 3%QC-5</i>	105
<b>Tabla 91</b>	<i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 3%QC-5.</i>	105
<b>Tabla 92</b>	<i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 3%QC-5</i>	105
<b>Tabla 93</b>	<i>Datos generales: Espécimen 3%QC-6</i>	106

<b>Tabla 94</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 3%QC-6.</i>	106
<b>Tabla 95</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 3%QC-6</i>	106
<b>Tabla 96</b> <i>Datos generales: Espécimen PT-1</i>	107
<b>Tabla 97</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PT-1.</i>	107
<b>Tabla 98</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PT-1</i>	107
<b>Tabla 99</b> <i>Datos generales: Espécimen PT-2</i>	108
<b>Tabla 100</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PT-2.</i>	108
<b>Tabla 101</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PT-2</i>	108
<b>Tabla 102</b> <i>Datos generales: Espécimen PT-3</i>	109
<b>Tabla 103</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PT-3.</i>	109
<b>Tabla 104</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PT-3</i>	109
<b>Tabla 105</b> <i>Datos generales: Espécimen PT-4</i>	110
<b>Tabla 106</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PT-4.</i>	110
<b>Tabla 107</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PT-4</i>	110
<b>Tabla 108</b> <i>Datos generales: Espécimen PT-5</i>	111
<b>Tabla 109</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PT-5.</i>	111
<b>Tabla 110</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PT-5</i>	111
<b>Tabla 111</b> <i>Datos generales: Espécimen PT-6</i>	112
<b>Tabla 112</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PT-6.</i>	112
<b>Tabla 113</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PT-6</i>	112
<b>Tabla 114</b> <i>Datos generales: Espécimen 1%QT-1</i>	113
<b>Tabla 115</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 1%QT-1.</i>	113
<b>Tabla 116</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 1%QT-1</i>	113
<b>Tabla 117</b> <i>Datos generales: Espécimen 1%QT-2</i>	114
<b>Tabla 118</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 1%QT-2.</i>	114
<b>Tabla 119</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 1%QT-2</i>	114
<b>Tabla 120</b> <i>Datos generales: Espécimen 1%QT-3</i>	115
<b>Tabla 121</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 1%QT-3.</i>	115
<b>Tabla 122</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 1%QT-3</i>	115
<b>Tabla 123</b> <i>Datos generales: Espécimen 1%QT-4</i>	116
<b>Tabla 124</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 1%QT-4.</i>	116
<b>Tabla 125</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 1%QT-4</i>	116
<b>Tabla 126</b> <i>Datos generales: Espécimen 1%QT-5</i>	117

<b>Tabla 127</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 1%QT-5.</i>	117
<b>Tabla 128</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 1%QT-5</i>	117
<b>Tabla 129</b> <i>Datos generales: Espécimen 1%QT-6</i>	118
<b>Tabla 130</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 1%QT-6.</i>	118
<b>Tabla 131</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 1%QT-6</i>	118
<b>Tabla 132</b> <i>Datos generales: Espécimen 2%QT-1</i>	119
<b>Tabla 133</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QT-1.</i>	119
<b>Tabla 134</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QT-1</i>	119
<b>Tabla 135</b> <i>Datos generales: Espécimen 2%QT-2</i>	120
<b>Tabla 136</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QT-2.</i>	120
<b>Tabla 137</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QT-2</i>	120
<b>Tabla 138</b> <i>Datos generales: Espécimen 2%QT-3</i>	121
<b>Tabla 139</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QT-3.</i>	121
<b>Tabla 140</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QT-3</i>	121
<b>Tabla 141</b> <i>Datos generales: Espécimen 2%QT-4</i>	122
<b>Tabla 142</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QT-4.</i>	122
<b>Tabla 143</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QT-4</i>	122
<b>Tabla 144</b> <i>Datos generales: Espécimen 2%QT-5</i>	123
<b>Tabla 145</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QT-5.</i>	123
<b>Tabla 146</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QT-5</i>	123
<b>Tabla 147</b> <i>Datos generales: Espécimen 2%QT-6</i>	124
<b>Tabla 148</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QT-6.</i>	124
<b>Tabla 149</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QT-6</i>	124
<b>Tabla 150</b> <i>Datos generales: Espécimen 3%QT-1</i>	125
<b>Tabla 151</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 3%QT-1.</i>	125
<b>Tabla 152</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 3%QT-1</i>	125
<b>Tabla 153</b> <i>Datos generales: Espécimen 3%QT-2</i>	126
<b>Tabla 154</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 3%QT-2.</i>	126
<b>Tabla 155</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 3%QT-2</i>	126
<b>Tabla 156</b> <i>Datos generales: Espécimen 3%QT-3</i>	127
<b>Tabla 157</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 3%QT-3.</i>	127
<b>Tabla 158</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 3%QT-3</i>	127
<b>Tabla 159</b> <i>Datos generales: Espécimen 3%QT-4</i>	128



<b>Tabla 160</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 3%QT-4.</i>	128
<b>Tabla 161</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 3%QT-4</i>	128
<b>Tabla 162</b> <i>Datos generales: Espécimen 3%QT-5</i>	129
<b>Tabla 163</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 3%QT-5.</i>	129
<b>Tabla 164</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 3%QT-5</i>	129
<b>Tabla 165</b> <i>Datos generales: Espécimen 3%QT-6</i>	130
<b>Tabla 166</b> <i>Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 3%QT-6.</i>	130
<b>Tabla 167</b> <i>Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 3%QT-6</i>	130
<b>Tabla 168</b> <i>Resumen del ensayo: Absorción en muestras patrón</i>	131
<b>Tabla 169</b> <i>Resumen del ensayo: Absorción en muestras con 1% de incorporación de estearato de zinc</i>	131
<b>Tabla 170</b> <i>Resumen del ensayo: Absorción en muestras con 2% de incorporación de estearato de zinc</i>	132
<b>Tabla 171</b> <i>Resumen del ensayo: Absorción en muestras con 3% de incorporación de estearato de zinc</i>	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Protocolos de laboratorio para la obtención de datos en laboratorio	42
<b>Figura 2</b>	Vista satelital de la ubicación de la extracción del suelo par adobe	45
<b>Figura 3</b>	Clasificación de riesgos del Estearato de Zinc según NFPA	46
<b>Figura 4</b>	Clasificación SUCS de los suelos	47
<b>Figura 5</b>	Esquema del ensayo de tracción indirecta en la unidad de albañilería	60
<b>Figura 6</b>	Granulometría por Lavado	79
<b>Figura 7</b>	Límite liquido	80
<b>Figura 8</b>	Clasificación del suelo en la Carta de Plasticidad.	81
<b>Figura 9</b>	Curva de Compactación	82
<b>Figura 10</b>	Obtención del suelo para los adobes.	133
<b>Figura 11</b>	Adobes fabricados en la zona.	133
<b>Figura 12</b>	Traslado del material al laboratorio.	133
<b>Figura 13</b>	Una de las taras del contenido de humedad antes de colocar en el horno.	134
<b>Figura 14</b>	Taras colocadas en el horno.	134
<b>Figura 15</b>	Tara con material pesado luego del secado al horno.	135
<b>Figura 16</b>	Inicio del cuarteo para la granulometría por lavado.	135
<b>Figura 17</b>	Cuarteo del material para la granulometría por lavado.	136
<b>Figura 18</b>	Peso de los 500 gr para el ensayo de granulometría por lavado.	136
<b>Figura 19</b>	Lavado del Material.	137
<b>Figura 20</b>	Material restante del lavado.	137
<b>Figura 21</b>	Tamizado del material restante secado al horno.	137
<b>Figura 22</b>	Tamizado del material para límites de consistencia.	138
<b>Figura 23</b>	Determinación de número de golpes con la Copa de Casagrande.	138
<b>Figura 24</b>	Material obtenido de los ensayos de límites de consistencia.	139
<b>Figura 25</b>	Material de límites de consistencia en el horno para su secado.	139
<b>Figura 26</b>	Pesado del material de límite de consistencia luego de su secado.	139
<b>Figura 27</b>	Material tamizado para el ensayo de proctor modificado.	140
<b>Figura 28</b>	Elaboración del ensayo proctor modificado.	140
<b>Figura 29</b>	Anillo inferior del cilindro que está pesando.	141
<b>Figura 30</b>	Material inferior y superior del proctor modificado.	141
<b>Figura 31</b>	Saco de 20 kg del compuesto químico Estearato de Zinc.	142



<b>Figura 32</b>	Elaboración de los adobes compactados en compañía del asesor.	142
<b>Figura 33</b>	Elaboración de adobes – Presentación de los adobes avanzados al asesor.	143
<b>Figura 34</b>	Presentación de los adobes.	143
<b>Figura 35</b>	Presentación de la totalidad de los adobes.	143
<b>Figura 36</b>	Adobes con edad de 28 días en laboratorio.	144
<b>Figura 37</b>	Inicio del ensayo de rotura a compresión de la unidad de adobe.	145
<b>Figura 38</b>	Adobe deteriorado por el ensayo a compresión.	145
<b>Figura 39</b>	(de Izquierda a Derecha): El tesista, el asesor y técnico de laboratorio en los ensayos de rotura.	146
<b>Figura 40</b>	Inicio del ensayo de rotura de tracción por flexión de la unidad de adobe.	146
<b>Figura 41</b>	Adobe deteriorado luego del ensayo de rotura de flexión por tracción.	147
<b>Figura 42</b>	Peso de las unidades antes de la absorción.	148
<b>Figura 43</b>	Sumergimiento de las unidades en agua.	148
<b>Figura 44</b>	Peso de la “Unidad en Pie” luego del ensayo de absorción.	149
<b>Figura 45</b>	Peso del material en tina luego del ensayo de absorción y drenaje.	149

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1</b> <i>Resumen de carga promedio por tipo de espécimen a compresión</i>	63
<b>Gráfica 2</b> <i>Resumen de resistencia a la compresión promedio menos la desviación estándar por tipo de espécimen</i>	63
<b>Gráfica 3</b> <i>Línea de tendencia, ecuación y ajuste lineal del ensayo de rotura a compresión</i>	64
<b>Gráfica 4</b> <i>Resumen de resultados del esfuerzo promedio de fluencia en el ensayo de rotura a compresión.</i>	65
<b>Gráfica 5</b> <i>Resumen de carga promedio por tipo de espécimen a tracción por flexión</i>	66
<b>Gráfica 6</b> <i>Resumen de resistencia a la tracción por flexión promedio menos la desviación estándar por tipo de espécimen</i>	66
<b>Gráfica 7</b> <i>Línea de tendencia, ecuación y ajuste lineal del ensayo de rotura de tracción por flexión.</i>	67
<b>Gráfica 8</b> <i>Resumen de resultados de la carga promedio de fluencia y esfuerzo de fluencia en el ensayo de rotura a tracción por flexión.</i>	68
<b>Gráfica 9</b> <i>Resumen del ensayo: % de absorción</i>	69
<b>Gráfica 10</b> <i>Línea de tendencia, ecuación y ajuste lineal del ensayo de absorción</i>	69
<b>Gráfica 11</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PC-1.</i>	83
<b>Gráfica 12</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PC-2.</i>	84
<b>Gráfica 13</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PC-3.</i>	85
<b>Gráfica 14</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PC-4.</i>	86
<b>Gráfica 15</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PC-5.</i>	87
<b>Gráfica 16</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PC-6.</i>	88
<b>Gráfica 17</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 1% QC-1.</i>	89
<b>Gráfica 18</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 1% QC-2.</i>	90
<b>Gráfica 19</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 1% QC-3.</i>	91
<b>Gráfica 20</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 1% QC-4.</i>	92
<b>Gráfica 21</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 1% QC-5.</i>	93
<b>Gráfica 22</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 1% QC-6.</i>	94
<b>Gráfica 23</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2% QC-1.</i>	95
<b>Gráfica 24</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2% QC-2.</i>	96
<b>Gráfica 25</b> <i>Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2% QC-3.</i>	97

<b>Gráfica 26</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2% QC-4.	98
<b>Gráfica 27</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2% QC-5.	99
<b>Gráfica 28</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2% QC-6.	100
<b>Gráfica 29</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 3% QC-1.	101
<b>Gráfica 30</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 3% QC-2.	102
<b>Gráfica 31</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 3% QC-3.	103
<b>Gráfica 32</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 3% QC-4.	104
<b>Gráfica 33</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 3% QC-5.	105
<b>Gráfica 34</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 3% QC-6.	106
<b>Gráfica 35</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PT-1.	107
<b>Gráfica 36</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PT-2.	108
<b>Gráfica 37</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PT-3.	109
<b>Gráfica 38</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PT-4.	110
<b>Gráfica 39</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PT-5.	111
<b>Gráfica 40</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PT-6.	112
<b>Gráfica 41</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 1% QT-1.	113
<b>Gráfica 42</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 1% QT-2.	114
<b>Gráfica 43</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 1% QT-3.	115
<b>Gráfica 44</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 1% QT-4.	116
<b>Gráfica 45</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 1% QT-5.	117
<b>Gráfica 46</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 1% QT-6.	118
<b>Gráfica 47</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2% QT-1.	119
<b>Gráfica 48</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2% QT-2.	120
<b>Gráfica 49</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2% QT-3.	121
<b>Gráfica 50</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2% QT-4.	122
<b>Gráfica 51</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2% QT-5.	123
<b>Gráfica 52</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2% QT-6.	124
<b>Gráfica 53</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 3% QT-1.	125
<b>Gráfica 54</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 3% QT-2.	126
<b>Gráfica 55</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 3% QT-3.	127
<b>Gráfica 56</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 3% QT-4.	128
<b>Gráfica 57</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 3% QT-5.	129
<b>Gráfica 58</b> Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 3% QT-6.	130

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> <i>Contenido de humedad</i>	48
<b>Ecuación 2</b> <i>Peso de muestra húmeda y tara – Contenido de humedad</i>	49
<b>Ecuación 3</b> <i>Peso de muestra seca y tara – Contenido de humedad</i>	49
<b>Ecuación 4</b> <i>Peso del agua – Contenido de humedad</i>	49
<b>Ecuación 5</b> <i>Peso muestra seca – Contenido de humedad</i>	50
<b>Ecuación 6</b> <i>Porcentaje de Peso Retenido – Granulometría por Lavado</i>	51
<b>Ecuación 7</b> <i>Porcentajes de Pesos Retenidos Acumulados – Granulometría por Lavado</i>	51
<b>Ecuación 7</b> <i>Porcentajes acumulados que pasan cada tamiz – Granulometría por Lavado</i>	52
<b>Ecuación 9</b> <i>Índice de plasticidad – Límites de consistencia</i>	55
<b>Ecuación 10</b> <i>Densidad Seca <math>D_s</math></i>	58
<b>Ecuación 11</b> <i>Resistencia a la compresión <math>C</math></i>	59
<b>Ecuación 12</b> <i>Resistencia a la tracción <math>f_{br}'</math></i>	60
<b>Ecuación 13</b> <i>Absorción <math>Abs</math></i>	61

## RESUMEN

En esta investigación se ha realizado con la finalidad de determinar la variación de las propiedades mecánicas e hidrofóbicas de los adobes compactados al incorporar estearato de zinc con dosis entre el 1%, 2% y 3% del peso de la tierra a utilizar, mediante ensayos de laboratorio en las que se determinó las propiedades físicas del suelo como también los ensayos de rotura para determinar la resistencia a compresión que aumenta en 26%, aumenta en 3% y disminuye en 14% con la incorporación de 1%, 2% y 3% respectivamente referente a la resistencia obtenida del patrón que es de 30.14 kg/cm<sup>2</sup>. Y la resistencia a tracción se nota que disminuye en 17%, 24% y 29% con la incorporación de 1%, 2%, 3% respectivamente referente a la resistencia a la tracción obtenida del patrón que es de 27.91 kg/cm<sup>2</sup>. Y en cuanto a la absorción se obtuvo que disminuye en 6.31%, 12.64% y 20.56% con la incorporación de 1%, 2%, 3% respectivamente referente a la absorción obtenida del patrón que es de 32.70%, evidenciándose que superó lo establecido en la hipótesis del 5% de variación, superando los valores establecidos en la norma E.080 que son de 10.2 kg/cm<sup>2</sup> y 0.81 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión y a tracción respectivamente.

**Palabras Clave:** Adobe compactado, estearato de zinc, adobe hidrofóbico.

### ABSTRACT

In this research has been carried out with the purpose of determining the variation of the mechanical and hydrophobic properties of the compacted adobes when incorporating zinc stearate with doses between 1%, 2% and 3% of the weight of the earth to be used, through tests of laboratory in which the physical properties of the soil were determined as well as the fracture tests to determine the resistance to compression that increases by 26%, increases by 3% and decreases by 14% with the incorporation of 1%, 2% and 3% respectively referring to the resistance obtained from the pattern that is  $30.14 \text{ kg / cm}^2$ . And the tensile strength is noticeable that it decreases by 17%, 24% and 29% with the incorporation of 1%, 2%, 3% respectively regarding the tensile strength obtained from the pattern which is  $27.91 \text{ kg / cm}^2$ . And as for the absorption was obtained that it decreases in 6.31%, 12.64% and 20.56% with the incorporation of 1%, 2%, 3% respectively referring to the absorption obtained from the pattern that is 32.70%, evidencing that it exceeded the established in the 5% variation hypothesis, exceeding the values established in the E.080 standard that are  $10.2 \text{ kg / cm}^2$  and  $0.81 \text{ kg / cm}^2$  of compression and tensile strength respectively.

**Key words:** Adobe compacted, zinc stearate, hydrophobic adobe.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Uno de los principales problemas que enfrentan las construcciones de adobe en todo el mundo, es la deficiente resistencia al agua que posee esta unidad de construcción, lo cual generan costos adicionales en su mantenimiento que pueden ser desde simples reparaciones locales por rotura o desgaste ocasionado por el clima y la intemperie hasta cambios completos de muros en una construcción. Sin embargo, existen muchas instituciones que se preocupan por los mantenimientos de este tipo de construcciones ya que son de carácter histórico o monumental, como es el Instituto Nacional de Cultura en Perú (A.140 Bienes Culturales Inmuebles, 2017).

En el resto del mundo las construcciones de adobe, aparte de ser protegidas, rehabilitadas y estudiadas por ministerios u organizaciones gubernamentales de nivel operativo, son tomadas como una solución futurista y ecológica frente al cambio climático, además de hacer hincapié en que la Organización de la Naciones Unidas (ONU) menciona que la quinta parte de la población mundial viven en estructuras o edificaciones elaboradas con adobe o tapial (Rodríguez, 2017).

Ciertamente, las construcciones de adobe están presentes en todos los continentes, inclusive algunos países forman relaciones de cooperación internacional para mejorar esta técnica de construcción, siendo específico la cooperación que se tienen entre Francia e Irán, cuyas construcciones de adobe están sufriendo daños por el intemperismo y la humedad, por estas circunstancias estos países han firmado un acuerdo de cooperación en arquitectura de adobe y sus materiales, que mediante conferencias y reuniones científicas fortalecerán el intercambio de conocimientos en asuntos de mantenimiento y protección de edificios de adobe. En estas reuniones también se han tocado temas como el fortalecimiento de la arquitectura de adobe relacionado a estudios poblacionales demográficos y arqueológicos relacionados con este tipo de arquitectura (HispanTV, 2017).

Estos acuerdos de cooperación vienen aportando nuevos conocimientos y técnicas en la construcción con adobe ocasionando interés por este tipo de material y construcción,

como es el caso de España se está popularizando la construcción de viviendas con adobe, sin embargo a pesar de que este país tenga de una norma técnica sobre las construcciones de adobe, se enfrentan con el obstáculo de proveer la Impermeabilización de los muros de adobe, y es por ello que tienen que realizar muros con espesores suficientemente amplios para lograr que la estructura pueda defenderse de la humedad sin que llegue al interior de las habitaciones, dado que pueden afectar el confort de las personas que lo habitan, desde luego que en su Código Técnico de la Edificación (equivalente nuestro del Reglamento Nacional de Edificaciones) menciona el uso de materiales bituminosos como impermeabilizantes para proteger a los adobes tanto como al revestimiento de la humedad, especialmente en las zonas de la depresión de Guadalquivir y en Sierra Nevada donde la humedad es mayor que en otras partes de España (Yuste, 2016).

Así como la existencia de zonas húmedas cuasi-permanentes existen zonas que son muy secas como es el caso de África Occidental, en la Mezquita de Djinguereber en Tombuctú, en Mali se ha observado siempre que en esta parte del mundo las lluvias son escasas, en consecuencia solo se tiene la Humedad Relativa del ambiente que es muy baja, además de que esta construcción data del año 1325 y mantiene su forma estructural y arquitectónica gracias a la gran cantidad de sol que recibe teniendo solo algunas deficiencias y agrietamientos en los muros y en las torres de adobe por el accionar del viento. De esto se puede inferir que en base a poca humedad mayor durabilidad de las estructuras de adobe (Arkiplus, 2017).

Como se describió en párrafos anteriores, sobre los usos actuales del adobe y su mejoramiento de sus técnicas de construcción, se hace remembranza que con el descubrimiento de América y la llegada a América del Sur por parte de la corona española, los españoles trajeron sus costumbres y tradiciones, una de ellas en el ámbito constructivo son las edificaciones hechas con adobe que socializaron rápidamente para los construcción de sus viviendas en este continente, sin embargo mientras más exploraban y se adentraban en el corazón del continente observaron que los nativos también construían sus edificaciones con el adobe y en algunos casos con el tapial pero no muy tecnificados como ellos, estas costumbres y nuevos conocimientos permanecieron hasta el día de hoy en gran parte del continente.



Los conocimientos y costumbres se han arraigado a nuestra vida cotidiana, como es el caso de la parte centro del continente americano, como es de conocimiento en el país México, donde se encuentra al Pueblo de Taos ubicado en Nuevo México, es todo un pueblo que tiene sus construcciones de adobe de varios pisos (varían entre 2 y 3 pisos) y que esta ha sido habitada por cerca de 1000 años, emplean una tierra del tipo arcillosa llamada “caliche” para la elaboración de sus adobes y sus recubrimientos, sin embargo cada año tienen que recubrir o en algunos casos cambiar los adobes deteriorados ya que estas edificaciones se levantan a ambos lados del Río Pueblo de Taos, entonces, se habla de muy poca duración de este material utilizado ya que el tiempo de rehabilitación es de un año para los pobladores, aunque la tradición de ese pueblo radica en un tipo de ceremonia de recubrir nuevamente estas estructuras por la humedad generada al estar cerca del río (UNESCO, 2017).

En América del Sur la expresión de construcción con adobe es más latente como es en el país de Colombia, en la ciudad de Barichara, una ciudad completamente construida con adobe y tapial que ha sido considerada de Interés Cultural de Carácter Natural por poseer un grado de preservación arquitectónica de este tipo de estructuras. Estas viviendas y estructuras cuentan con muros de hasta cincuenta centímetros de espesor, formando así, viviendas estables. Sin embargo siguen utilizando los métodos de construcción tradicionales sin emplear las mejoras científicas en el campo de la construcción con adobes, por esta razón es que en el centro de la ciudad, que es lo mismo que ocurre con el departamento de Santander, en donde las construcciones de adobe presentan mayores deterioros por efectos de la intemperie y desde luego del mal mantenimiento que se le ha dado a estas estructuras, similarmente ocurre con la Casona del Colegio Guanentá en el que sufrió un colapso parcial debido al deterioro avanzado que sostuvo esta edificación por el abandono a la que estuvo sometida desde el año 1989, fue reconstruida por entes del estado y entes particulares, sin embargo no se tuvo en consideración una nueva técnica para la elaboración de los adobes, que en su procesos de elaboración siguen siendo los mismos. Esta acción estructural se centró en la recuperación de dicha estructura, pero no en el mejoramiento de las propiedades mecánicas e hidrófobas del adobe para generar una mayor duración y mejor respuesta frente a la humedad (Rivero, 2017).

Sin embargo, muy contrario a Colombia se considera a Brasil, donde las construcciones de adobe, datan desde el siglo XVI, generalmente en la actualidad estas construcciones están ubicadas en las periferias de las grandes urbes y en las zonas rurales, especialmente en regiones que son extremadamente pobres como es el caso de Jequitinhonha en el estado de Minas Gerais. En esta localidad todas las viviendas son hechas con adobe, la gran mayoría de forma muy precaria, pero que aún se mantienen en pie ya que existe una temperatura y clima propicio, donde la humedad no es un problema grave en sus edificaciones por lo que se menciona del surgimiento de nuevas entidades y profesionales que están revalorando el uso del adobe como una forma sostenible de construcción, frente a las actuales que son compuestas de acero y concreto, que solo buscan la preservación del patrimonio histórico que poseen dichas construcciones definiéndose como una “*Arquitectura de la Necesidad*”, centrándose solo en el mantenimiento ancestral o histórico de las viviendas de adobe, sin ir más allá de los nuevos métodos de elaboración de adobe porque en la academia se enseña muy poco o nada sobre este tipo de construcciones y materiales (Rodríguez, 2017).

Similarmente a Brasil, el país de Ecuador, en toda su región andina cuenta con asentamientos poblacionales con viviendas de tierra, estas edificaciones están relacionados con la pobreza económica del país. Emplean los bloques de adobe por encima de cimientos y sobrecimientos de piedra que grande que por lo menos debería de sobresalir una o dos hiladas desde el nivel del suelo esto con el fin de proteger a los adobes de la Humedad, es decir evitar que el agua ascienda por capilaridad. Los pobladores de estas zonas alto andinas consideran a la humedad como principal desventaja y se especifica que se requiere un clima seco para la fabricación de los adobes, mencionando que cuando se realice el revoque tenga buena técnica para que no exista humedad (Yepex, 2017). Sin embargo, se menciona que las principales patologías que sufren o padecen las estructuras de adobe tienen que ver con las fases de construcción y elaboración de adobes, no tomando en cuenta las condiciones climáticas como lluvia o fuerte presencia de humedad en el ambiente, considerándose que por topografía debe estar retirada de ríos (Cevallos, 2017).

Existen países en los cuales, las edificaciones de adobe no se encuentran en la periferia y no representan situación económica de pobreza, sino que muy por el contrario son

parte de su acervo histórico y cultural como es con el vecino país sureño de Bolivia, es uno de los países de la región de Sur América en la que la presencia de edificaciones con adobe en sus ciudades como Chuquisaca tiene el 11% del total de las edificaciones de la ciudad, en La Paz se tiene un 37%, en Cochabamba el 16%, entre otras. Estos porcentajes ocupan el segundo lugar en algunas ciudades, definiéndose así la importancia del adobe en la construcción para Bolivia (Escalera & Córdova, 2017). Es por ello que se ha planeado en la Ciudad de la Paz el 17° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con tierra que se llevó a cabo en el año 2017 en el mes de octubre, en la que se reunieron profesionales, técnicos y científicos interesados por el amplio potencial de este material, en la cual se discutió las innovaciones tecnológicas que se están desarrollando para mejorar este tipo de estructuras en cuanto al comportamiento de las construcciones, cimentación y el tema principal la humedad, con el fin de aumentar la resistencia a este material y prolongar su durabilidad (Facultad de Arquitectura Artes Diseño y Urbanismo, 2017) .

Del mismo modo que Bolivia, en el Perú las edificaciones de adobe también representan cultura e historia y se encuentran ubicadas en la parte centro de la gran mayoría de ciudades capitales de las regiones, teniendo un porcentaje considerable de estas viviendas, es por esta razón que existen organizaciones que brindan información del tipo de material que se han empleado en la construcción de viviendas y edificaciones en el país, uno de ellos Defensa Civil que informó el 30 de mayo del 2013, que para el año 2013 el 47.1% viviendas existentes son aquellas en las que predomina en sus paredes exteriores de adobe, tapia o quincha (INEI, 2017) . Sin embargo, esta cifra sigue aumentando como lo menciona el programa nacional “Tambos”, que nos indica que para el año 2015, la población que construye sus viviendas particulares del área de la influencia de “Tambos” son construidas con materiales propios del lugar originando un predominante uso de las paredes es adobe (59,2%) y tapia (26,6%) (INEI, 2017).

Teniendo en cuenta esta información sobre las viviendas de adobe y su gran presencia en el suelo nacional, se debe tomar en cuenta los efectos climatológicos que suceden en el país y que aportan un gran contenido de humedad en el ambiente, como es el

caso del comúnmente llamado “Niño Costero” y el “Fenómeno del Niño” que son eventos climatológicos cíclicos.

El Niño Costero que afectó el norte del país en los primeros meses del año 2017, una de las regiones principalmente afectadas fue Piura dejó un aproximado de 59 258 viviendas deterioradas en la región Piura, según Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) (TIEMPO, 2017) dentro de ellas una buena parte son de adobe o quincha que en su gran mayoría tuvieron que ser demolidas porque la humedad que presentaban era excesiva y ya se encontraban parcialmente derrumbadas ya que llovió durante 12 horas en Sullana, 6 horas en Piura superando los 100mm, ocasionando malestar en la población (Perú21, 2017).

Lo mismo ocurrió en la ciudad de Pacora en Lambayeque que luego de 14 horas de lluvia, quedó inundado cuyos adobes registraron el 90% de humedad y que podrían colapsar alrededor de 80 viviendas (RRP, 2017), notándose poca durabilidad y resistencia de los adobes a grandes cantidades de agua o en su defecto a gran presencia de la humedad en el ambiente.

Sin embargo, el Fenómeno del Niño no sólo está presente en la costa, sino también en la Sierra Norte con lluvias de gran intensidad y duración las cuales propician un aumento de la humedad y por ende más afectación de las viviendas de adobe, quincha o tapial como son los centros históricos o casonas que se han construido en las ciudades debido a los asentamientos españoles.

Es por ello que en toda sierra peruana, podemos encontrar viviendas construidas con el adobe en los centros históricos de las ciudades principales, las cuales fueron asentamientos españoles durante la conquista, virreinato y ahora en la vida republicana y que en la actualidad requieren de un mantenimiento constante por parte de Instituto Nacional de Cultura (INC), por ser Patrimonio Histórico y Cultural de la Nación ya que en toda la sierra existen temporadas de 3 a 4 meses con lluvias constantes de baja hasta alta intensidad aumentando la humedad del ambiente como se puede confirmar con la información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Estas viviendas fueron construidas con el adobe tradicional mucho antes de que existiera alguna norma técnica al respecto, como podemos observar en el centro histórico de Cuzco, específicamente en la Casona de calle San Agustín los adobes de esta casona colonial y de aquellas que se encuentran en la zona monumental son afectadas todos los años por la humedad originada por las lluvias, que provocan desmoronamientos y deterioros internos como externos a la edificación, solo se tratan de hacer apuntalamientos para evitar que se pongan en peligro vidas humanas hasta que sean resanados los desperfectos con adobes nuevos, sin embargo estos adobes no son realizados con alguna técnica que los haga hidrófoba y duradera con respecto a la humedad que los ataca (Correo, 2017).

En Cajamarca la situación no es diferente a la Cuzco, según el Subgerente de Defensa Civil de Municipalidad Provincial de Cajamarca, David Mosqueira<sup>1</sup> mencionó que más del 50% de las viviendas de adobe del centro histórico de Cajamarca estarían en peligro de colapsar por las intensas lluvias, según el SENAMHI de más de 700mm al año, que se van dando en esta parte de serranía, ya que la humedad que estas aportan a las viviendas de adobe sobrepasan todo pronóstico en su durabilidad ya que se debe a la antigüedad de estas viviendas y la falta de mantenimiento de los propietarios de estos inmuebles, desde luego también es considerado el drenaje de la lluvia dentro de estas viviendas que es deficiente en el interior, ya que algunas de estas casas de adobe poseen patios internos los cuales albergan agua y humedad, ocasionando un ataque de la humedad interna como externamente (RRP, RPP, 2017). Consecuentemente no solo las grandes casonas o centros históricos de las ciudades son afectadas por la humedad de las intensas lluvias, a pesar de que es su principal causa de colapso, sino que en las zonas alto andinas<sup>2</sup> las temperaturas bajas y la constante aparición de neblina y gran presencia de agua en la superficie hacen que los adobes de las viviendas construidas, tengan mucho menor durabilidad y se deterioren fácilmente, indicando renovación constante de revoques y de unidades de adobe. En estas zonas se logran alcanzar

---

<sup>1</sup> Fue Sub Gerente de esa área en el año 2012

<sup>2</sup> Altoandina: 2 Listas: Ciudades a partir 2500 m.s.n.m y luego a partir de los 3500 m.s.n.m Según Ley N° 29482

temperaturas por debajo de  $0^{\circ}\text{C}$ , y cuando el agua alcanza la fase sólida, aumenta su volumen, incrementando el daño estructural que reciben las estructuras de tierra.

A diferencia de la Costa y Sierra, en la parte selva del territorio nacional, no se presentan mucho esta problemática, ya que a pesar de que las lluvias son constantes y la humedad es casi permanente, la temperatura promedio que tiene es de  $27^{\circ}\text{C}$  (SENAMHI, 2017), por lo que las edificaciones de tierra son de cantidad reducida, empleando otros tipos de materiales propios de la región para la construcción de sus edificaciones y viviendas.

Como se ha visto hasta el momento, las construcciones con tierra que se dan en el mundo, en el continente americano y en el país, mantienen un gran porcentaje del total de edificaciones existen o que se construyen, sin embargo, las normas para su construcción no han tenido un crecimiento equivalente, para que de alguna manera se controle y verifique las propiedades mecánicas de las unidades de adobe de esta manera se da seguridad a las personas que habitan este tipo de construcciones. La gran mayoría de normas que veremos a continuación, se centran su contenido en el estudio de una técnica constructiva, ya sea adobe o tapial, verificando sus propiedades mecánicas para la construcción:

**Tabla 1** Reglamentos alrededor del Mundo sobre Construcciones de Tierra

País	Norma/Reglamento	Organismo	Estabilización	Adobe	BTC	Tapial	Notas
Brasil	NBR 8491, 1986.	ABNT	X		X		BTC Estabilizado con cemento específico, métodos de ensayo.
	NBR 8492, 1986.						Procedimiento fabricación BTC con prensa manual/hidráulica.
	NBR 10832, 1989.						Especificaciones y métodos de ensayo de bloques de suelo-cemento.
	NBR 10833, 1989.						
	NBR 10834, 1994.						
	NBR 10835, 1994.						
	NBR 10836, 1994.						
	NBR 12023,1992.						
	NBR 12024, 1992.						
	NBR 12025. 1990.						
	NBR 13554, 1996.						
NBR13555, 1996.							
NBR 13553,1996					X	Tapial con cemento.	
Colombia	NTC 5324, 2004.	ICONTEC	X		X		Estabilizado con cemento.
EE.UU	NMAC, 14.7.4, 2004	CID		X	X	X	Reglamento estatal de Nuevo México.
	ASTM E2392 M-10	ASTM		X		X	
España	UNE 41410:2008	AENOR			X		Primera norma Europea.
Francia	XP P13-901,2001	AFNOR			X		Norma Experimental.
India	IS 2110: 1980	BIS	X			X	Paredes de suelo-cemento
	IS 1725: 1982	BIS	X			X	
	IS 13827: 1993	BIS		X		X	Directrices resistencia a terremotos.
Italia	Ley n° 378, 2004			X	X	X	Leyes para la conservación del patrimonio de tierra.
	L.R 2/062 2006						
Kenya	KS 02-1070: 1999.	KEBS	X		X		
Nigeria	NIS 369:1997	SON	X		X		
Nueva Zelanda	NZS 4297, 1998.	SNZ		X	X	X	
	NZS 4298, 1998.						
	NZS 4299, 1999.						
Perú	NTE E.080, 2000	SENCICO		X			
	NTP 331.201, 1979.	INDECOPI	X	X			
	NTP 331.202, 1979.						
	NTP 331.203, 1979.						
Regional África	ARS 670, 1996.	ARSO			X		
	ARS 671, 1996.						
	ARS 672, 1996.						
	ARS 673, 1996.						
	ARS 674, 1996.						
	ARS 675, 1996.						
	ARS 676, 1996.						
	ARS 677, 1996.						
	ARS 678, 1996.						
	ARS 679, 1996.						
	ARS 680, 1996.						
	ARS 681, 1996.						
	ARS 682, 1996.						
	ARS 683, 1996.						
Sri Lanka	SLS 1382-1: 2009.	SLSI	X		X		Bloques de suelo comprimido estabilizados
	LSL 1382-2: 2009						
	LSL 1382-3:2009						
Túnez	NT 21.33.1996.	INNORPI			X		En francés.
	NT 21.35:1996						
Turquía	TS 537, 1985	TSE	X	X			En turco.
	TS 2514, 1985						
	TS 2515, 1985						
Zimbabue	SAZS 724, 2001	SAZ				X	

**Fuente:** Las normativas de construcción de tierra en el mundo (J.Cid, Mazarrón, & I.Cañas, 2011).

En cuanto a la propiedad de absorción, no se encuentran especificadas para construcciones de muros de adobe, actualmente para algunos ensayos este tipo se está empleando la normatividad para las unidades de ladrillo (arcilla cocida) la cual es la NTP 399.613.

Además de que existen algunas investigaciones relacionadas con las propiedades mecánicas e hidrofóbicas de los adobes existen investigaciones internacionales relacionadas.

Como se menciona en el artículo titulado “Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada” que se ha realizado en Colombia, ciudad de Bogotá, analizó la vulnerabilidad sísmica en edificaciones de dos pisos, se considera que la humedad y los problemas de filtraciones de agua y líquidos vulneran las edificaciones significativamente, además se ensayó la resistencia a flexión de las unidades de adobe de dimensiones 250x40x200 mm cuyo resultado 0.49 Mpa., del mismo modo se evaluó la resistencia a la compresión cuyo resultado fue de 2.84 Mpa, entre otros ensayos. Para mejorar estos resultados en cuanto a la vulnerabilidad, proponen rehabilitaciones propuestas por Harris y Sabnis (Harris & Sabnis, 1999) . En base a estas aplicaciones para disminuir la vulnerabilidad sísmica, la resistencia incremento hasta en un 270% y la capacidad de deformación en el rango elástico se multiplicó por 4.4 con reforzamiento basado en elementos confinantes de madera los cuales tuvieron mejor desempeño sísmico (Phillips et al., 2007).

En la Investigación de Lanzón et al. titulada “Use of zinc stearate to produce highly-hydrophobic adobe materials with extended durability to water and acid-rain” [traducción: Uso de estearato de zinc para producir materiales de adobe altamente hidrofóbicos con durabilidad prolongada para el agua y la lluvia ácida] hace referencia a una solución novedosa para aumentar la durabilidad de los materiales de adobe con estearato de zinc en dosis que varían entre 0,25% y 2,00% peso / peso. En la cual se realizaron mediciones de contracción, densidad aparente y velocidad de propagación ultrasónica en las muestras curadas. Además, las características de absorción de agua y durabilidad se determinaron mediante pruebas capilares, midiéndose en tubos Karsten, inmersión en agua, ácido clorhídrico (5% peso / peso) y soluciones de ácido



sulfúrico (5% peso / peso). El estudio de durabilidad se complementó con pruebas de erosión por lluvia y erosión por lluvia ácida. La absorción de agua capilar fue comparable a la de los revoques de cemento hidrofóbico y la erosión de la lluvia ácida fue insignificante en muestras que contenían entre 1,00 y 2,00% peso / peso de estearato de zinc. Además, en el examen SEM confirmó la acción protectora del estearato de zinc frente a la lluvia ácida. Para concluir, se encontró que el estearato de zinc era una excelente opción para aumentar la durabilidad de los materiales de adobe (Lanzón et al., 2017).

En la investigación de Pineda-Piñon et al. (2017) titulada “Enhancement of mechanical and hydrophobic properties of Adobes for Building Industry by the addition of polymeric agents” [traducción: Mejora de las propiedades mecánicas e hidrofóbicas de Adobes para la industria de la construcción mediante la adición de agentes poliméricos] en la cual se menciona la disponibilidad, bajo costo y propiedades de aislamiento térmico le dan a adobe una ventaja sobre otros materiales de construcción en regiones secas. Por el contrario, su baja resistencia a la compresión y su alta absorción de agua son desventajas importantes mencionan. En esta investigación se demuestra la mejora en la resistencia a la compresión y la resistencia a la absorción de agua obtenida en este material mediante la adición de dodecilamina y asfalto emulsionado a la arcilla utilizada para su fabricación. Se caracterizan las unidades de adobes mediante difracción de rayos X, espectrometría de infrarrojos, mediciones de potencial microscopía electrónica de barrido. También se llevaron a cabo pruebas de ultravioleta acelerada, prueba de resistencia a la compresión y absorción de agua. Los resultados muestran que los adobes con amina catiónica y asfalto emulsionado mejoran su resistencia a la compresión y reducen su absorción de agua en el momento en que conservan sus propiedades bajo condiciones de intemperismo (Pineda et al., 2017).

En la Investigación de Pineda-Piñon (2017) et al. Titulada “Mechanical properties and humidity absorption measured through impedance spectroscopy in clays used for adobe production” [traducción: Propiedades mecánicas y absorción de humedad medidas a través de espectroscopía de impedancia en arcillas utilizadas para la producción de adobe] Se emplea el uso de espectroscopía de impedancia para estudiar

el desarrollo de alta resistencia a la compresión y baja absorción de agua para diferentes mezclas de arena-bentonita + copolímero (estireno) -co- (acrilato de metilo) que es una emulsión de asfalto utilizada para la producción de adobe. Los espectros de impedancia consistieron en dos arcos semicirculares relacionados con las propiedades eléctricas y la porosidad capilar de las mezclas arena-bentonita. La resistencia a la compresión de las mezclas presentó una fuerte correlación con su porosidad. Los resultados obtenidos muestran que una mezcla de arena-bentonita + copolímero (estireno) -co- (acrilato de metilo) -asfalto puede desarrollar una combinación de mayor resistencia a la compresión con una menor absorción de agua apropiada para la producción de adobes de alto rendimiento (Pineda et al., 2017).

En la Investigación de Nakamatsu Et al. Titulada “Eco-friendly modification of earthen construction with carrageenan: Water durability and mechanical assessment” [traducción: Modificación ecológica de la construcción de tierra con carragenano: durabilidad del agua y evaluación mecánica] Mencionan que el carragenano, es un polímero natural biodegradable, donde se evaluó como un bioaditivo para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las construcciones de adobe. Los resultados muestran que su incorporación en la mezcla durante la fabricación de bloques, o como un recubrimiento en construcciones de tierra existentes, modifican positivamente su comportamiento proporcionando impermeabilidad al agua y resistencia a la erosión por gotas de agua. Los resultados de las pruebas mecánicas también muestran una mejora considerable en la resistencia a la compresión y a la tracción cuando se incorpora el bioaditivo durante el proceso de fabricación de los bloques. Los resultados obtenidos muestran la viabilidad de utilizar compuestos naturales y ecológicos para modificar el comportamiento de los materiales de construcción tradicionales (Nakamatsu et al., 2017).

En el ámbito nacional, encontramos algunas tesis que se encuentran ciertamente relacionadas con el tema de investigación.

En la investigación de Cabrera & Huaynate (2018), titulada : “Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de

inundaciones”, cuyo objetivo principal fue contribuir al diseño de viviendas con adobe cuantificando el deterioro que sufren las construcciones de adobe ante la larga exposición de agua producto de inundaciones o de lluvias intensas donde se se plantearon tres soluciones de las cuales una de ellas tiene que ver con la estabilización del adobe al agregar cemento Portland tipo 1 creando un muro estabilizado que se denominó ME, la cantidad de cemento utilizada fue del 5% del peso de un adobe de dimensiones de 13cm x 25.5 cm x7.5 cm, el mismo que peso 5 kg, haciendo una integración de 250gr de cemento para cada adobe. Se desarrolló para cada tipo de solución dos ensayos, uno de ellos es succión que se realizó en una bandeja de 2 cm de profundidad, en la cual se observó un descenso de agua de aproximadamente 1 cm y el material del adobe no se desprendió. En el segundo ensayo de absorción, sometieron los adobes tipo ME, los cuales duraron sumergidos en agua por 24 horas, perdiéndose poca masa y se evidenciaron ciertos agrietamientos, sin embargo, permitió su manipulación y transporte, permitiéndose verificar que los adobes estabilizados con cemento mejoran sus propiedades en cuanto a la absorción (Cabrera & Huaynate, 2018).

En la tesis de Fiorela Cáceres (2010) titulada “Mejora del adobe a partir de su estabilización con el material confitillo” que tuvo como objetivo establecer una técnica novedosa de fabricación de unidades de adobe que a partir de su estabilización dimensional empleando material granular del tipo regular en su geometría, que permita obtener mejores resistencias y durabilidad en edificaciones nuevas tanto como en antiguas para la conservación y restauración del patrimonio que se ha edificado, logrando demostrar que el comportamiento de la unidad de adobe con estas adiciones brinda a las edificaciones cualidades térmicas incrementando la seguridad y durabilidad de las mismas (Cáceres, 2010).

Del mismo modo también existen algunos antecedentes locales, con respecto a la fabricación de adobes compactados, a continuación, se mencionan los siguientes.

En la tesis de Llanos & Jiménez (1985), titulada “Estudio del adobe fabricado en la ciudad de Cajamarca y su mejoramiento” cuyo objetivo fue de estabilizar los adobes corrientes con la incorporación de ichu, melasa, asfalto, yeso y aserrín para lograr

incrementar la resistencia a la compresión y flexión además de que mejoran su durabilidad. Presentando mejores resultados de la resistencia a la compresión, con aserrín se logró  $50.30 \text{ kg/cm}^2$  (muestra con 5%), con el yeso se logró  $29.72 \text{ kg/cm}^2$  (una combinación de 8% de yeso y 1.5% de paja) y con solo paja de refuerzo (1.5% de paja) se logró un esfuerzo de  $26.92 \text{ kg/cm}^2$ . Mientras que para el ensayo de flexión por tracción, se obtuvo un mejor resultado para la muestra con 5% de aserrín con un esfuerzo de rotura de  $11.07 \text{ kg/cm}^2$  seguidamente con el adobe con 2.5% de paja ichu con un esfuerzo de rotura de  $10.12 \text{ kg/cm}^2$  y por último para la muestra de paja de ichu con 1.5% logró un esfuerzo a la rotura de  $7.97 \text{ kg/cm}^2$  (Llanos & Jiménez, 1985).

En la tesis de Kelvin Cáceres (2017), titulada “Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas-económicas en Cajamarca” cuyo objetivo es de incrementar las propiedades mecánicas de compresión y flexión de los adobes estabilizados con cal en dosificaciones de 5%, 10%, 15% y 20%, los cuales han sido compactados a una presión de  $10 \text{ kg/cm}^2$ , en un total de 36 especímenes para cada ensayo, a una edad de 28 días obtuvieron una resistencia a compresión de 9.24%, 13.50%, 20.37% y 31.85% y una resistencia a la flexión de 6.20%, 16.93%, 23.29% y 31.45%, considerándose que son efectivamente mejores con este tipo de estabilización (Cáceres, 2017).

Para aclarar la realidad problemática referida al tema de investigación es necesario conocer los conceptos y fundamentos que dan un conocimiento básico para que se establezca un panorama claro. Así tenemos las siguientes definiciones:

*Adobe*: Un adobe es una unidad de tierra cruda (sin pasar por horno de quemado), que en algunas ocasiones se puede mezclar con arena gruesa o con paja (de arroz o quinua) mejorando su durabilidad y resistencia (E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017).

*Adobe (Técnica)*: Es la técnica de construcción que emplea la unidad de adobe seca para elaborar muros de albañilería, estos son asentados con mortero de barro (E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017).

*Arcilla:* Único material activo e indispensable del suelo con partículas menores a dos micras (0.002 mm), que en presencia y contacto con el agua permite su amasado, además de tener un comportamiento plástico puede cohesionar el resto de partículas inertes del suelo formando un barro que al secarse adquiere resistencia seca que lo convierte en un material apto para la construcción (E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017).

*Estearato de Zinc:* Es un polvo blanco de la reacción de sales de zinc y un ácido graso. Es insoluble en disolventes polares como el agua, alcohol y éter, pero soluble en los hidrocarburos aromáticos. Es el mejor agente desmoldante entre todos los estearatos (jabones) metálicos. No contiene electrolitos y tiene un efecto hidrofóbico. Gracias a sus propiedades como estabilizador y lubricante es utilizado para la industria de plásticos, hule (caucho), pinturas y barnices (Corporación Sierra Verde, 2018).

*Prueba de Campo:* Ensayo realizado sin herramientas calibradas, que se hace a pie de obra, basados en conocimientos rigurosos y que permite tomar decisiones de selección de dosificaciones y canteras (E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017), entre los cuales tenemos:

- *Prueba de resistencia seca:* Que consiste en hacer una bolita del material con suficiente agua con la palma de las manos, dejarla secar 48 horas en sombra y luego tratar de romperla con los dedos, si no se rompe el material es muy bueno.

*Prueba de Laboratorio:* Están conformados por ensayos verificados que nos permiten conocer las características físicas de la tierra y características mecánicas de las unidades de adobe, para diseñar y tomar decisiones respecto a estas obras de ingeniería, tenemos las siguientes:

- *Contenido de humedad*
- *Granulometría por lavado*
- *Límites de consistencia*
- *Ensayo proctor modificado*

Dentro de estas pruebas de laboratorio encontramos los esfuerzos de rotura mínimos para medir la resistencia a compresión y a tracción, los cuales podemos encontrarlos en el Art. 8 de la norma E.080 (E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017).

Habiendo conocido algunos de los términos usados y dada esta actual coyuntura en la fabricación de los adobes, esta investigación se pretende llenar un vacío del conocimiento existente en la elaboración de adobes, intentando mejorar lo que se ha establecido en la norma E0.80 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Cabe señalar que la durabilidad de los adobes frente a la humedad alta puede producir agrietamientos y desplomos de las estructuras hechas con este material, entonces se propone incrementar su vida útil de estas unidades de construcción mediante la incorporación del jabón metálico, que tienen propiedades hidrofóbicas por la forma química que poseen, además de que en el Perú tiene varias regionales y climas, específicamente zonas costeras y alto andinas donde la presencia de humedad, ya sea por efecto de lluvias o condición climática presente fundamenta una necesidad de tener una construcción de adobe segura que sea perdurable en tiempo y que requiera de menor intervención para su mantenimiento por la acción de la humedad, mejorando la calidad de vida de las personas que la habitan, en cierta forma reduciendo la humedad de las paredes y muros de adobe, también podemos reducir las enfermedades respiratorias de esta parte de la población.

Es por esta situación actual en la que se encuentran los estudios sobre el adobe, se ha de desarrollar esta investigación en adobes según la Norma E0.80 adicionando el jabón metálico denominado Estearato de Zinc que contribuirá al desarrollo científico y tecnológico en este tipo de construcciones, mejorando sus propiedades mecánicas e hidrófobas (resistencia a la absorción de agua) de las unidades de adobe.

## 1.2. Formulación del problema

¿En cuánto varían las propiedades mecánicas e hidrofóbicas de los adobes compactados al incorporar estearato de zinc con dosis entre el 1%, 2% y 3% del peso del suelo?

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo general

Determinar la variación de las propiedades mecánicas e hidrofóbicas de los adobes compactados al incorporar estearato de zinc con dosis entre el 1%, 2% y 3% del peso del suelo.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

Determinar las propiedades mecánicas del suelo con el que se van a realizar los adobes compactados.

Determinar las propiedades que posee el jabón metálico estearato de zinc ya que este componente químico se empleará en la fabricación de los adobes compactados.

Determinar las propiedades mecánicas e hidrofóbicas de los adobes compactados sin la incorporación del estearato de zinc.

Realizar la comparación cuantitativa de los adobes compactados sin el uso y con el uso del estearato de zinc.

### 1.4. Hipótesis

#### 1.4.1. Hipótesis general

Al incorporar Estearato de Zinc con dosis de 1%, 2% y 3% del peso del suelo, varían las propiedades mecánicas e hidrofóbicas de los adobes compactados hasta en un 5%.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

Según el propósito es una investigación aplicada, ya que se realizarán ensayos y procesos mediante normas y procedimientos de laboratorio.

Según el diseño de investigación es experimental, porque se manipulará en su totalidad la variable de la incorporación del estearato de zinc en 1%, 2% y 3% del peso del suelo.

### 2.2. Población y Muestra

#### 2.2.1. Unidad de estudio

La unidad de estudio son los bloques de adobe compactados que se realizarán con a investigación.

La unidad de adobe que se usará para el ensayo a compresión tendrá las dimensiones de 15 cm\* 15 cm\* 10 cm y teniendo en cuenta que la resistencia mínima de rotura a la compresión es de 10.2 kgf/cm<sup>2</sup>, establecido por la norma E.080.

La unidad de adobe que se usará para el ensayo de tracción por flexión tendrá las dimensiones de 30 cm \* 15 cm \* 10 cm y teniendo en cuenta que la resistencia mínima de rotura a la tracción es de 0.81 kgf/cm<sup>2</sup>, establecido por la norma E.080.

La unidad de adobe que se usará para el ensayo a absorción tendrá las dimensiones de 15 cm\* 15 cm\* 10 cm las cuales se sumergirán completamente en agua como se especifica en la norma E.070 de Albañilería.

#### 2.2.2. Población

La población es igual a la muestra ya que es intencionada y a conveniencia.

#### 2.2.3. Muestra

La muestra es no probabilística haciendo un total de 72 (setenta y dos) muestras, y se determina de acuerdo a lo establecido en la norma peruana E.080 “Diseño y Construcción con Tierra Reforzada” que en su artículo 8, menciona la cantidad de



muestras que se necesitan para cada uno de los esfuerzos de rotura mínimos para medir la resistencia del material a compresión como a tracción que son 6 especímenes o muestras, además de los valores aceptados por la norma.

En cuanto a la medición de la hidrofobia de los adobes compactados nos apoyaremos en la norma E.070 “Albañilería”, que en su capítulo 3, artículo 5, inciso 5.4 literal a, se menciona que 5 unidades se someten a la prueba de absorción determinadas por las NTP 399.604 Y 399.I613, sin embargo, para esta investigación, se someterán 6 muestras de las mismas dimensiones que para la prueba de compresión. Para mejor entendimiento de la toma del muestreo tenemos las siguientes tablas:

**Tabla 2** *Número total de muestras a ensayar*

Tipo de Ensayo	Patrón de Adobe Compactado	Adobe Compactado con Incorporación de Estearato de Zinc en % de Peso			Sub Total
		1%	2%	3%	
		Compresión	6	6	
Tracción	6	6	6	24	
Absorción	6	6	6	24	
			<b>Total</b>	<b>72</b>	

### 2.3. Técnicas y materiales

#### Técnicas

En cuanto a las técnicas, se especifica lo siguiente:

Esta investigación Aplicada-Experimental se realizará con ensayos de laboratorio únicamente en el Laboratorio de Suelos y Concreto de la Universidad Privada del Norte, con los respectivos parámetros y protocolos aprobados por la universidad y la carrera de Ingeniería Civil, además de que los datos serán validados por el profesional técnico de



En la parte “e” se aprecia un cálculo del esfuerzo de fluencia que es de 0.3% para compresión (Universidad Autónoma de Nuevo Leon, 2018) y de 0.2% para tracción (Universidad Tecnológica Nacional, 2018).

En la parte “f”, que es la parte final del documento, se encuentran las observaciones que se va a tener en la realización del ensayo y la validación mediante rúbrica de los interesados que en este caso son del investigador, técnico de laboratorio y del docente asesor.

Esta investigación se realizará sólo en la elaboración de adobes de acuerdo a la nueva norma E0.80. “Diseño y Construcción de Tierra Reforzada” que ha sido aprobada el 07 de abril de 2017.

La investigación va a generar nuevo conocimiento sobre esta nueva forma de elaborar adobe determinando la propiedad físico-química de la Hidrofobia en los adobes es añadiéndole el compuesto químico conocido como el estearato de zinc.

Esta investigación está dirigida para las zonas Alto Andinas donde la presencia de Humedad es alta y se requiere de Adobes resistentes a este efecto del clima.

Se emplearán los siguientes recursos.

**Humanos.**

- El tesista
- Técnico laboratorista.
- Docente asesor

**Materiales.**

- Tierra (Aproximadamente 750 kg)
- Gavera de Adobe (Equipo Cinva Ran)
- Agua
- Estearato de Zinc (Aproximadamente 12 kg)
- Balanzas con aproximación a 0.01g.

- Plástico.
- Tinas
- Carretillas.
- Laptop (Programas Computacionales)
- Útiles de Oficina

**Servicios.**

- Internet.
- Impresiones (Plan de Tesis, Protocolos, Anotaciones Científicas)
- Empastado
- Transporte y Flete.
- Movilidad Local.

**2.4. Procedimiento de recolección de datos**

**2.4.1. Obtención del material para los adobes**

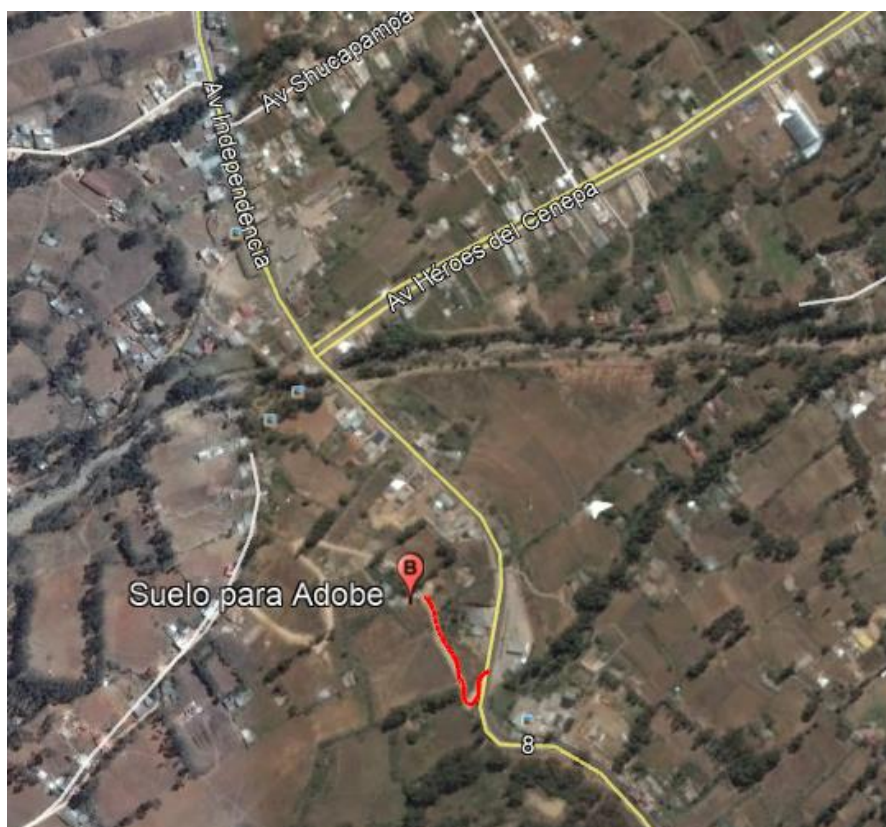
**2.4.1.1. Tierra**

La tierra a considerar para la elaboración de los adobes se ha realizado mediante excavación manual de la cantera en la cual realizan adobes, realizando el cuarteo necesario en lugar, posteriormente se realizan los ensayos del suelo de acuerdo a protocolos establecidos por laboratorio de suelos y concreto de la Universidad Privada del Norte, estos ensayos son descritos en páginas posteriores.

El suelo ha sido obtenido del lugar denominado Cruz Blanca, en la ciudad de Cajamarca, provincia de Cajamarca departamento de Cajamarca. Para llegar existe una única vía de acceso que es la Av. Independencia la cual es también llamada por los propios del lugar como “Salida a la Costa”.

**Tabla 3** *Vías de Acceso*

Provincia	Ruta	Dist. (KM)	Tiempo
<b>Cajamarca</b>	Cajamarca – Cruz Blanca	20	15 min



**Figura 2** Vista satelital de la ubicación de la extracción del suelo par adobe

**Fuente:** Google Earth

#### 2.4.1.2. Estearato de Zinc

El estearato de zinc ( $C_{36}H_{70}O_4Zn$ ) es un polvo de color blanco que se obtiene de la reacción de sales de zinc y de un ácido graso cuyo resultado es un jabón metálico, este compuesto de compra de la empresa Full S.A.C<sup>3</sup> Este compuesto químico es insoluble en disolventes polares por ejemplo el alcohol, éter y agua, de allí que brinda propiedades hidrofóbicas, sin embargo, es soluble con los hidrocarburos aromáticos como el benceno ( $C_6H_6$ ).

Este compuesto químico por sus propiedades puede actuar como estabilizador y lubricante ya que es utilizado para la industria del plásticos, barnices, hules y pinturas (Corporación Sierra Verde, 2018).

Según la clasificación de riesgos de la National Fire Protection Association (NFPA), tiene las siguientes consideraciones ilustradas en la siguiente figura:

<sup>3</sup> Página web empresarial: <http://www.fullcorporationperu.com/>



**Figura 3** Clasificación de riesgos del Estearato de Zinc según NFPA

**Fuente:** Adaptación de “Riesgos Químicos” de la web [www.cosmo.com.mx](http://www.cosmo.com.mx), 2018.

#### 2.4.1.3. Agua

El agua que se emplea en la fabricación de los adobes proviene del suministro de agua potable de la ciudad de Cajamarca, que brinda la EPS SEDACAJ. La cantidad se determina de acuerdo a lo establecido por los ensayos de laboratorio.

#### 2.4.2. Ensayos de suelo

Estos ensayos se realizarán de acuerdo a lo establecido en las normas técnicas peruanas además de seguir los protocolos establecidos por la universidad. Entre los ensayos que se van a realizar son los siguientes:

- Contenido de Humedad, según la norma NTP 339.127, 1998.
- Granulometría por lavado, según la NTP 339.128, 1999.
- Límites de consistencia, según la NTP 339.129, 1999.
  - Límite líquido
  - Límite plástico
  - Índice de plasticidad.
- Proctor modificado, según la norma NTP 339.141, 1999.



### 2.4.3. Ensayos de propiedades mecánicas e hidrofóbicas.

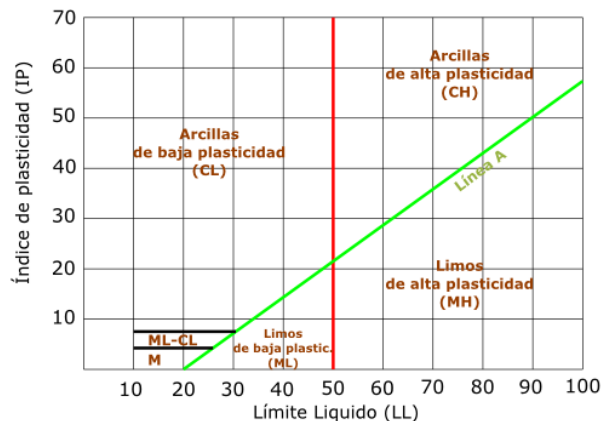
Estos ensayos se desarrollan con la finalidad de comprobar los esfuerzos máximos de rotura y de absorción que tendrán los adobes compactados que se han elaborado, teniendo en cuenta una muestra patrón y los especímenes que tienen la incorporación del estearato de zinc como se especifica en acápite 2.2.3, se desarrollarán los siguientes ensayos:

- Ensayo de rotura a compresión, según la ASTM C-67.
- Ensayo de rotura a tracción, según la ASTM C-67.
- Ensayo de absorción, según NTP 399.604 Y 399.I613.

## 2.5. Procedimiento de tratamiento de análisis de datos

### 2.5.1. Análisis de datos de los ensayos de suelo

Una vez obtenidos los datos, se procederá a identificar que tipo de suelo es según la clasificación SUCS, utilizando los parámetros obtenidos de los Límites de Consistencia.



**Figura 4** Clasificación SUCS de los suelos

**Fuente:** Sistema SUCS California (California Departement Transportation, 2018)

El ensayo de Proctor modificado, nos dará como resultado el contenido óptimo de agua que deberá tener la tierra para la fabricación de los adobes compactados, de esa manera se podrá calcular el volumen de agua a utilizar para la investigación.

### 2.5.2. Análisis de datos de ensayos de propiedades mecánicas e hidrofóbicas

En cuanto a las propiedades mecánicas, estas se obtendrán al someter a los especímenes de adobe en la máquina de compresión para determinar el esfuerzo máximo de rotura que pueden soportar. De los resultados obtenidos, según la norma

E0.80 “Construcciones con tierra” en su artículo 8, se tomarán los 4 mejores resultados para determinar el esfuerzo de rotura máximo de las unidades ensayadas, tanto en compresión como en tracción.

En cuanto a las propiedades hidrofóbicas, se realizará la prueba de absorción de los especímenes sumergiéndolos completamente en agua alrededor de 24 horas pesados previamente, luego de ello, se pesarán y se secarán al aire por 24 horas para medir el peso del agua que ha absorbido, todo esto de acuerdo a la norma E.070 “Albañilería”, que en su capítulo 3, artículo 5, inciso 5.4 literal a, se menciona que 5 unidades se someten a la prueba de absorción determinadas por las NTP 399.604 Y 399.I613.

## 2.6. Procedimientos de ensayos practicados

### 2.6.1. Ensayos de suelos

#### 2.6.1.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad de un suelo está dado por la relación que existe entre el peso de agua que existe en una porción de peso del suelo en fase sólida (NTP 339.127,1999, 2018). La relación generalmente se expresa en porcentaje:

**Ecuación 1** *Contenido de humedad*

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \dots (1)$$

**Donde:**

**W:** *Contenido de humedad (%)*

**W<sub>w</sub>:** *Peso del agua presente (gr)*

**W<sub>s</sub>:** *Peso de la muestra seca*

**Fuente:** NTP 339.127, 1999

Para especificar el material, equipo y procedimiento para encontrar el Contenido de humedad se ha empleado el “Manual de laboratorio de Mecánica de Suelos” (Llique Mondragón, 2003)

#### **Material**

- Muestra alterada extraída del estrato de estudio



### Equipo

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura
- Taras

### Procedimiento

- Pesarse la tara ( $W_t$ )
- Pesarse la muestra húmeda en la tara ( $W_{h+t}$ ):

**Ecuación 2** *Peso de muestra húmeda y tara – Contenido de humedad*

$$W_{h+t} = W_h + W_t \dots (2)$$

*Donde:  $W_{h+t}$  → Peso de la muestra húmeda más tara*

*$W_h$  → Peso de la muestra húmeda*

*$W_t$  → Peso de la tara*

**Fuente:** Adaptación Propia

- Secar la muestra en la estufa, durante 24 horas a 105 °C
- Pesarse la muestra seca en la tara ( $W_{s+t}$ )

**Ecuación 3** *Peso de muestra seca y tara – Contenido de humedad*

$$W_{s+t} = W_s + W_t \dots (3)$$

*Donde:  $W_{s+t}$  → Peso de la muestra seca más tara*

*$W_s$  → Peso de la muestra seca.*

*$W_t$  → Peso de la tara*

**Fuente:** Adaptación Propia

- Determinar el peso del agua ( $W_w$ )

**Ecuación 4** *Peso del agua – Contenido de humedad*

$$W_w = W_{h+t} - W_{s+t} \dots (4)$$

*Donde:  $W_w$  → Peso del Agua*

*$W_{h+t}$  → Peso de la muestra húmeda más tara*

*$W_{s+t}$  → Peso de la muestra seca más tara*

**Fuente:** Adaptación Propia

- Determinar el peso de la muestra seca ( $W_s$ )

**Ecuación 5** *Peso muestra seca – Contenido de humedad*

$$W_s = W_{s+t} - W_t \dots (5)$$

*Donde:*  $W_s \rightarrow$  *Peso de la muestra seca*

$W_{s+t} \rightarrow$  *Peso de la muestra seca más tara*

$W_t \rightarrow$  *Peso de la tara*

- Determinar el contenido de humedad ( $W(\%)$ )

**Ecuación 1** *Contenido de humedad*

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \dots (1)$$

**Donde:**

$W$ : *Contenido de humedad (%)*

$W_w$ : *Peso del agua presente (gr)*

$W_s$ : *Peso de la muestra seca*

**Fuente:** NTP 339.127, 1999

### 2.6.1.2. Granulometría por lavado

Este ensayo consiste en determinar cuantitativamente la distribución de tamaño de partícula que contiene el suelo que es investigado. Se determina que la clasificación de las partículas que son mayores a  $75 \mu m$  ( lo que se ha retenido en el tamiz N° 200) se efectúa por tamizado, mientras que las partículas aún mucho más finas que  $75 \mu m$  su clasificación se realiza mediante un proceso de sedimentación basado en la ley de Stokes, que para ello se emplea un densímetro apropiado (NTP 339.128, 1999, 2018).

Los tamaños de partículas que contiene un suelo, nos dan conocer un criterio general para realizar una clasificación descriptiva del suelo que estamos investigando, anteriormente los procedimientos de clasificación eran extensos y complicados, pero con el hecho de realizar la técnica de tamizado se hizo posible la formulación de curvas granulométricas, con las cuales se hace mucho más fácil realizar una clasificación de los suelos a partir de los tamaños de partículas que poseen (Juárez & Rico, 2005).

#### **Material**

- Muestra seca aproximadamente 200 gr si es material arcillo limoso y 500 gr si es material granular que contiene finos

### Equipo

- Juego de tamices.
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura
- Taras identificadas

### Procedimiento

- Secar la muestra.
- Pesar la muestra seca ( $W_s$ )
- Colocar la muestra en un recipiente, cubrir con agua y dejar algunas horas dependiendo del tipo de material.
- Tamizar la muestra por la malla N°200 mediante chorro de agua.
- La muestra retenida en la malla N°200 se retira en un recipiente y se deja secar en la estufa.
- Pasar la muestra seca por el juego de tamices (N° 4,10,20,30,40,60,100,200) agitando de forma manual o por medio de tamizador.
- Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz. (%RP)

#### **Ecuación 6** *Porcentaje de Peso Retenido – Granulometría por Lavado*

$$\%RP_{N^{\circ}i} = \frac{PRP}{W_s} * 100 \dots (6)$$

**Donde:**  $\%RP_{N^{\circ}i}$  → *Porcentaje Retenido de Peso en el tamiz N° i.*

**PRP** → *Peso Retenido de Partículas*

$W_s$  → *Peso de la Muestra Seca*

**Fuente:** NTP 339.128, 1999.

- Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz (%RA), para lo cual se sumarán en forma progresiva los %RP:

#### **Ecuación 7** *Porcentajes de Pesos Retenidos Acumulados – Granulometría por Lavado*

$$\%RA_{N^{\circ}4} = \%RP_{N^{\circ}4} \dots (7)$$

$$\%RA_{N^{\circ}10} = \%RP_{N^{\circ}4} + \%RP_{N^{\circ}10}$$

$$\%RA_{N^{\circ}20} = \%RP_{N^{\circ}4} + \%RP_{N^{\circ}10} + \%RP_{N^{\circ}20}$$

**Donde:**  $\%RA_{N^{\circ}i}$  → Porcentaje Retenido Acumulado en el tamiz  $N^{\circ}i$

**Fuente:** NTP 339.128, 1999.

- Determinar los porcentajes acumulados que pasan cada tamiz ( $\%Pasa$ )

**Ecuación 8** Porcentajes acumulados que pasan cada tamiz –

*Granulometría por Lavado*

$$\%Pasa = 100 - \%RP_{N^{\circ}i} \dots (8)$$

**Donde:**  $\%RA_{N^{\circ}i}$  → Porcentaje Retenido Acumulado en el tamiz  $N^{\circ}i$

**Fuente:** NTP 339.128, 1999.

Finalmente se realiza la curva granulométrica en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registrará la abertura de las mallas en milímetros y en el eje de ordenadas se registrarán los porcentajes acumulados que pasan en las mallas que se utilizan.

### 2.6.1.3. Límites de consistencia

También conocido como los Límites de consistencia de Atterberg, el cual definió seis límites de consistencia de suelos que contienen grano fino los cuales son: límite superior de flujo viscoso, límite de pegajosidad, límite de cohesión, límite líquido, límite plástico y el límite de contracción. Sin embargo, en la ingeniería se emplean usualmente solo dos, las cuales son el límite líquido y el límite plástico, sin embargo, en algunas ocasiones se hace referencia al límite de contracción (NTP 399.129, 1999, 1999).

#### 2.6.1.3.1. Límite líquido (LL)

Es el contenido de humedad que se ha expresado en un porcentaje, mediante el cual el suelo se halla entre los estados líquido y plástico. De forma consensuada se define como el contenido de humedad en el cual el surco separador de las dos mitades de una pasta (en la copa de Casagrande) se cierra en su fondo con una distancia de 13 mm (similar a ½ pulgada) cuando se deja caer la copa 25 veces en una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

### **Material**

- Suelo seco que pasa la malla N° 40.

### **Equipo**

- Malla N° 40.
- Copa de Casagrande.
- Ranurador o acanalador.
- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Espátula.
- Probeta de 100 ml.
- Cápsula de porcelana.
- Taras identificadas.

### **Procedimiento**

- En una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme.
- Colocar una porción de pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.
- En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra quede dividida en dos partes.
- Elevar y dejar caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm. Registrar el número de golpes.
- Mediante la espátula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad.
- Retirar el suelo remanente de la copa de Casagrande y colocar en la cápsula de porcelana. Agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido

alto. O agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. (El número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35)

- Lavar y secar la copa y el acanalador.
- Repetir el ensayo mínimo 2 veces más.
- Dibujar la curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de abscisas se registrará el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.
- Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.

#### **2.6.1.3.2. Límite plástico (LP)**

Es el contenido de humedad que se ha expresado en un porcentaje, mediante el cual el suelo se halla entre los estados plástico y semisólido. De forma consensuada se define como el contenido de humedad más bajo en el suelo puede ser enrollado en pequeños hilos cilíndricos de 3.2mm de diámetro (1/8 de pulgada) sin que se rompan en pedazos.

##### **Material**

- Una porción de la mezcla preparada para el límite líquido.

##### **Equipo**

- Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Espátula.
- Cápsula de porcelana.
- Placa de vidrio.
- Taras identificadas.

##### **Procedimiento**

- El límite plástico se determina presionando y enrollando alternadamente a un hilo de 3.2 mm, de diámetro (1/4 pulgada), una porción pequeña de suelo

plástico hasta que su contenido de humedad se reduzca hasta el punto en que el hilo se quiebre y no pueda ser más presionado.

- El contenido de humedad del suelo en este punto se reporta como el límite plástico.

#### 2.6.1.3.3. Índice de plasticidad (IP)

Desde el punto de vista técnico, este índice es el rango de contenido de humedad en que el suelo se comporta plásticamente y desde el punto de vista numérico es la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP).

**Ecuación 9** *Índice de plasticidad – Límites de consistencia*

$$IP = LL - LP \dots (9)$$

**Donde:** *IP* → Índice plástico

*LL* → Límite líquido

*LP* → Límite plástico

**Fuente:** NTP 339.129, 1999

#### 2.6.1.4. Clasificación de suelos mediante sistema SUCS

La clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) es uno de los sistemas usados ampliamente en el mundo actual que fue propuesto por A. Casagrande propuesto inicialmente en 1942. El sistema clasifica a los suelos en 2 facciones claramente diferenciadas: la gruesa, en la que este tipo de suelo está formada por partículas mayores a la malla N° 200 (0.074 mm) y desde luego menores a la malla de abertura de 3” (7.62 cm) y la segunda facción es la fina, que por razones obvias este tipo de suelo se encuentra formado por las partículas que logran atravesar la malla N° 200.

Cada una de las facciones o grupos de los que se habló líneas arriba se dividen en subgrupos, para la facción gruesa se tiene una frontera que es la malla N°4 y para la facción fina se toman en cuenta las características de plasticidad, que están relacionadas íntimamente con las propiedades hidráulicas y mecánicas. Para mejor entendimiento se presenta la siguiente tabla:

**Tabla 4** Sistema de Clasificación de suelos

DIVISIONES MAYORES		SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES		
Suelos de grano grueso (mas del 50 % del material es mayor en tamaño que el tamiz No 200)	Gravas (mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No 4)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningun fino	Cu > 4 1 < Cc < 3		
		GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningun fino	No cumple todos los requisitos de gradadcion para GW		
		GM	Gravas limosas, mezcla grava- arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A o Ip < 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble simbolo	
		GC	Gravas arcillosas, mezcla gravo-arena-arcillosas	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó Ip > 7		
	Arenas (mas de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No 4)	Arenas Limpias (poco o ningun fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino	Cu > 6 1 < Cc < 3	
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningun fino	No cumple todos los requisitos de gradadcion para SW	
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atteberg por debajo de la línea A ó Ip < 4	Si el material está en la zona sombreada con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble simbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atteberg por encima de la línea A ó Ip > 7	
Suelos de grano fino (mas del 50 % del material pasa el tamiz No 200)	limos y arcillas (Límite líquido wL<50)	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1, Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2, Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Mas del		
		CL	Arcillas inorganicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.			
		OL	Limos organicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
	limos y arcillas (Límite líquido wL>50)	MH	Limos inorganicos, suelos limosos o arenosos finos micaceos o diatomaceos, suelos elasticos.			
		CH	Arcillas organicas de alta plasticidad, arcillas grasas.			
		OH	Arcillas organicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
	Suelos Altamente orgánicos	Pt	Turba o otros suelos altamente organicos			

**Fuente:** Adaptación de “Mecánica de Suelos”, de la Universidad Libre de Colombia, 2018.

### 2.6.1.5. Proctor modificado

El objetivo de este ensayo es determinar la razón matemática que existe entre el contenido de humedad y el peso unitario seco compactado que se origina con una energía de compactación determinada, lo que es equivalente a decir que es encontrar el contenido de humedad para el cual el suelo alcanza su máxima densidad seca.



Cabe mencionar que este ensayo busca mejorar artificialmente las propiedades del suelo por medios energético-mecánicos, con los cuales se reducen considerablemente los vacíos, además de que aumenta la resistencia y disminuye formidablemente la capacidad de deformación del suelo compactado (Llique Mondragón, 2003).

Este ensayo solo aplica para suelos que tienen hasta el 30% o menos en peso de las partículas retenidas por el tamiz de  $\frac{3}{4}$ ” (19.0 mm) (INACAL, NTP 399.141,1999, 2018)

### Parámetros

- **Ec**= Energía de Compactación=12 400 lb-pie/pie<sup>3</sup>
- **W**: Peso del Martillo=5.5 lbf (24.4 N)
- **h**= Altura de caída del martillo= 12” (305 mm)
- **N**=Número de golpes por capas
- **n**= Número de capas=3
- **V**= Volumen del molde cm<sup>3</sup>
- **Método A**  
Material: Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).  
Molde: 4 pulgadas de diámetro.  
Volumen del molde: 1/30 pie<sup>3</sup>.  
Número de golpes por capa: 25 golpes/capa.
- **Método B**  
Material: Se emplea el que pasa por el tamiz de  $\frac{3}{8}$ ” (9,5 mm).  
Molde: 4 pulgadas de diámetro.  
Volumen del molde: 1/30 pie<sup>3</sup>.  
Número de golpes por capa: 25 golpes/capa.
- **Método C**  
Material: Se emplea el que pasa por el tamiz de  $\frac{3}{4}$ ” (19,0 mm).  
Molde: 6 pulgadas de diámetro.  
Volumen del molde: 1/13.3 pie<sup>3</sup>.  
Número de golpes por capa: 56 golpes/capa.

### Material

- Muestra alterada seca.
- Papel filtro.

### Equipos

- Equipo Proctor Modificado (anillo de extensión, molde cilíndrico y placa de base)
- Pisón Proctor Modificado.
- Balanza con precisión de 1 gr.
- Estufa con control de temperatura.
- Probeta de 1000 ml.
- Recipiente de 6 kg. De capacidad.
- Espátula.
- Taras identificadas.

### Procedimiento

- Obtener la muestra seca para el ensayo, de acuerdo al método a utilizar (método A, B o C).
- Preparar 5 muestras con una determinada cantidad de agua, de tal manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varíe aproximadamente en  $1\frac{1}{2}$  en ellas.
- Ensamblar el molde cilíndrico con la placa de base y el collar de extensión y el papel filtro.
- Compactar cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 o 56 golpes (depende del método A, B o C), al terminar de compactar la última capa, se retira el collar de extensión, se enrasa con la espátula y se determina la densidad húmeda ( $D_h$ ).
- Determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada ( $w\%$ ), utilizando muestras representativas de la parte superior e inferior.
- Determinar la densidad seca de cada muestra compactada ( $D_s$ )

#### **Ecuación 10** *Densidad Seca ( $D_s$ )*

$$D_s = \frac{Dh}{1 + \frac{w\%}{100}} \dots (10)$$

**Donde:**  $D_s \rightarrow$  Densidad Seca

$W\% \rightarrow$  Contenido de humedad de la muestra

**Fuente:** NTP 339.141, 1999

- Graficar la curva de compactación en escala natural los datos del contenido de humedad se registran en el eje de las abscisas y los datos de densidad seca en el eje de las ordenadas.
- Determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad

## 2.6.2. Ensayos de propiedades mecánicas e hidrofóbicas

### 2.6.2.1. Ensayos de rotura

Según la norma E.080 “Diseño y construcción con tierra reforzada” en su Artículo número 8, y en los acápites 8.1 y en 8.2 mencionan las características básicas que debe de tener cada uno de los ensayos. Cada uno de los ensayos de rotura se realizan con unidades secas (E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017).

#### 2.6.2.1.1. Ensayo de rotura para medir la resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión ( $f'_b$ ) para las unidades de ensayo está determinada por la carga de rotura ( $P_u$ ) sobre el área de contacto bruta ( $A$ ) de la unidad. Se considera el área bruta para evitar errores de cálculo y comprar las resistencias directamente (Gallegos & Casabonne, 2005).

**Ecuación 11** Resistencia a la compresión ( $C$ )

$$f'_b = \frac{P_u}{A} \dots (11)$$

**Donde:**  $f'_b \rightarrow$  Resistencia a la Compresión ( $kg/cm^2$ )

$P_u \rightarrow$  Carga Aplicada en ( $kg$ )

$A \rightarrow$  Área de aplicación de la carga ( $cm^2$ )

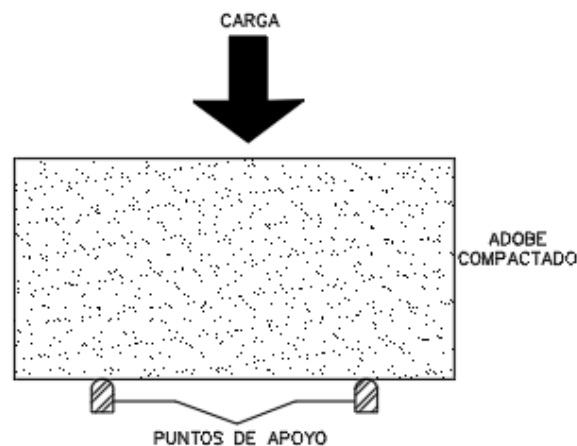
**Fuente:** Gallegos & Casabone

Donde las características mínimas que debe tener la unidad seca, según la norma E0.80 son las siguientes:

- La resistencia última se calcula conforme a la siguiente expresión  $f_0 = 1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$ .
- Los especímenes deben de cumplir con que el promedio de las cuatro mejores de seis muestras, sean iguales o mayores a lo establecido en la resistencia última indicada.

### 2.6.2.1.2. Ensayo de rotura para medir la resistencia a la tracción

La norma E.080 especifica que se debe de medir esta resistencia mediante el ensayo brasileño a tracción, sin embargo, esta se realizará mediante el ensayo de tracción por flexión, la cual se efectúa en la misma máquina sobre la unidad entera, la cual se ha fijado con precisión debajo y arriba del plano de rotura, sobre apoyos con una luz no mayor a 18 cm para luego comenzar a cargar en el centro (Gallegos & Casabonne, 2005).



**Figura 5** Esquema del ensayo de tracción indirecta en la unidad de albañilería

**Fuente:** Adaptación de la ASTM C293 (Google Imágenes).

El resultado del ensayo de este módulo de ruptura ( $f'_{br}$ ) se obtiene de la siguiente fórmula:

**Ecuación 12** Resistencia a la tracción ( $f'_{br}$ )

$$f'_b = \frac{3 * P_u * l}{2 * b * t_b^2} \dots (12)$$

**Donde:**  $f'_{br} \rightarrow$  Resistencia a la Tracción ( $\text{kg/cm}^2$ )

$P_u \rightarrow$  Carga Aplicada en (kg)

$l \rightarrow$  Luz entre ejes de apoyos (cm)

$b \rightarrow$  el ancho de la unidad (cm)

$t_b \rightarrow$  altura de la unidad (cm)

**Fuente:** Gallegos & Casabonne

Donde las características mínimas que debe tener la unidad seca, según la norma E0.80 son las siguientes:

- La resistencia última se calcula conforme a la siguiente expresión  $f_0 = 0.08 \text{ MPa} = 0.81 \text{ kgf/cm}^2$ .
- Los especímenes deben de cumplir con que el promedio de las cuatro mejores de seis muestras, sean iguales o mayores a lo establecido en la resistencia última indicada.

### 2.6.2.2. Ensayo de Absorción

Para el ensayo de absorción, se tiene que sumergir a la unidad en agua fría por veinticuatro horas. Para efectuar este ensayo, se tiene que pesar la unidad seca, luego se sumerge en el agua, pasados las veinticuatro horas se vuelven a pesar, siempre y cuando la unidad no se haya deshecho durante el tiempo estimado (Gallegos & Casabonne, 2005).

Para calcular la absorción de las unidades ensayadas, se emplea la siguiente fórmula:

**Ecuación 13** Absorción (Abs)

$$\text{Abs}(\%) = \frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100 \dots (13)$$

**Donde:** Abs  $\rightarrow$  Absorción (%)

$P_2 \rightarrow$  Peso de la Unidad Saturada (kg)

$P_1 \rightarrow$  Peso de la Unidad Seca(kg)

**Fuente:** Gallegos & Casabonne

## 2.7. Aspectos éticos

Para mantener esta investigación responsable, verificable y repetible se han establecido criterios importantes como:

- Verificación y validación de los datos obtenido en laboratorio por el técnico laboratorista o ingeniero de laboratorio.
- Pesos de materiales usados con la mayor precisión posible para la obtención de resultados óptimos.
- Firma de validación de la investigación por parte de asesor.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

#### 3.1. Ensayos de suelos

**Tabla 5** Resultados de los ensayos de suelos

Nro.	Nombre del Ensayo	Resultado	Unidad de Medida	Anotación
1	<b>Contenido de Humedad</b>	6.66	%	-
2	<b>Granulometría por Lavado</b>	198.80 39.76	gr %	Pérdida por Lavado % pasa el Tamiz # 200
3	<b>Límites de Consistencia</b>			
3.1	Límite Líquido (LL)	30.75	%	Contenido de Humedad a 25 golpes
3.2	Límite Plástico (LP)	19.60	%	Promedio de Contenido de Humedad del Límite Plástico
3.3	Índice de Plasticidad (LL-LP)	11.15	%	Contenido de Humedad
3.4	Clasificación SUCS	SP-SC	SP SC	Arena Pobremente Graduada Con Arcilla de Baja Plasticidad
4	<b>Proctor Modificado</b>	12.60 1.963	% gr/cm <sup>3</sup>	Contenido de Humedad Óptimo Densidad Seca Óptima

#### 3.2. Ensayos de rotura

##### 3.2.1. Resumen de los ensayos de compresión en las unidades de adobe

**Tabla 6** Resultados del ensayo: Rotura a compresión

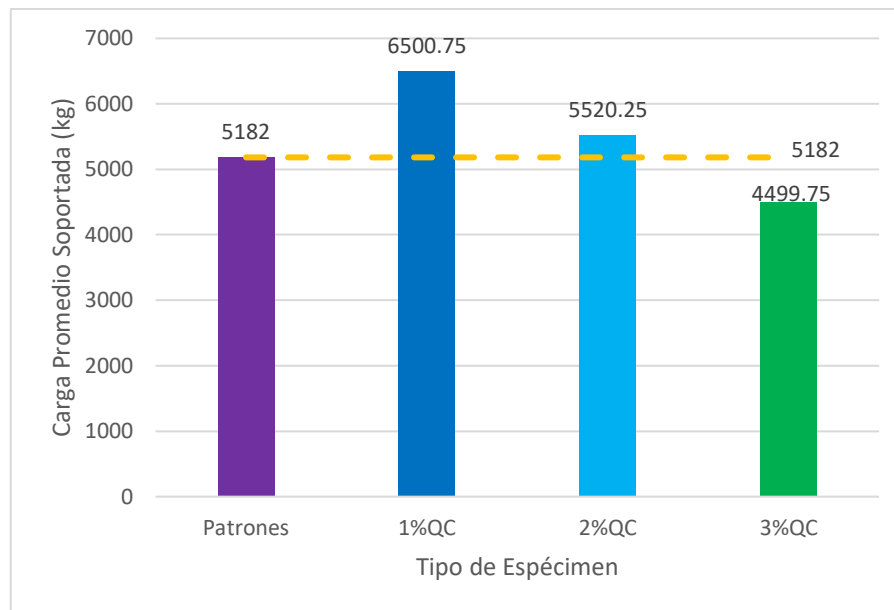
NRO- ESPÉCIMEN	PATRONES		1% QC		2% QC		3% QC	
	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>
1	4845	22.46	<u>5381</u>	<u>25.61</u>	<u>4368</u>	<u>19.06</u>	<u>3097</u>	<u>13.94</u>
2	5084	23.73	<u>5763</u>	<u>25.29</u>	<u>4410</u>	<u>20.04</u>	<u>3126</u>	<u>14.30</u>
3	5309	25.06	5840	25.51	5251	24.16	4023	17.76
4	5490	24.56	6464	32.95	5475	24.78	4404	20.13
5	<u>6905</u>	<u>32.42</u>	6750	29.42	5591	25.19	4698	21.53
6	<u>7768</u>	<u>36.77</u>	6949	32.67	5764	24.90	4874	23.01
<b>PROMEDIO</b>	<b>5182</b>	<b>23.95</b>	<b>6500.75</b>	<b>30.14</b>	<b>5520.25</b>	<b>24.76</b>	<b>4499.75</b>	<b>20.61</b>
<b>DESVIACION ESTANDAR REPRESENTA</b>	<b>279.38</b>	<b>1.14</b>	<b>483.39</b>	<b>3.48</b>	<b>215.22</b>	<b>0.43</b>	<b>372.30</b>	<b>2.23</b>
VARIACIÓN (%) (Respecto del Patrón)			125%	126%	107%	103%	87%	86%
VARIACIÓN (Significativa)			+	+	+	+	-	-

Nota: Los valores que se encuentran en rojo y subrayados, no se han tomado en cuenta para la realización del promedio de cada una de las columnas, siguiendo una apreciación de menor dispersión en los resultados obtenidos.

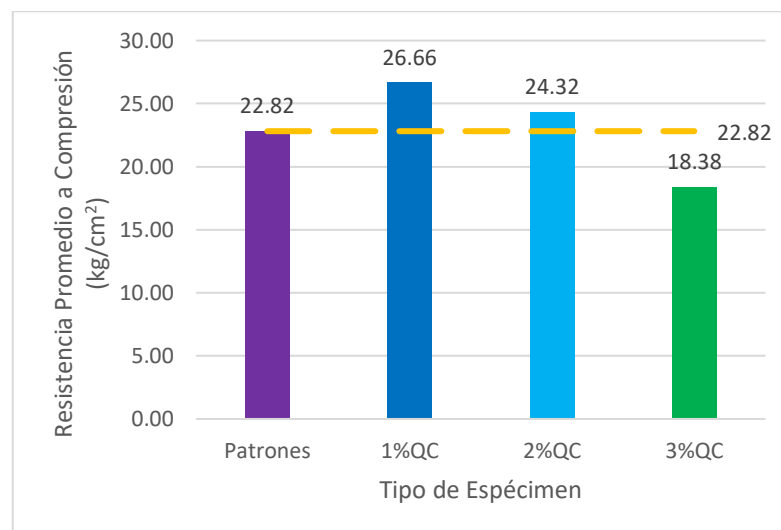
**Tabla 7** Resumen del ensayo: Rotura a compresión

TIPO	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	% (kgf)	Var % (kgf)	% (kg/cm <sup>2</sup> )	Var % (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrones	5182	23.95	100%	--	100%	--
1%QC	6500.75	30.14	125%	25%	126%	26%
2%QC	5520.25	24.76	107%	7%	103%	3%
3%QC	4499.75	20.61	87%	-13%	86%	-14%

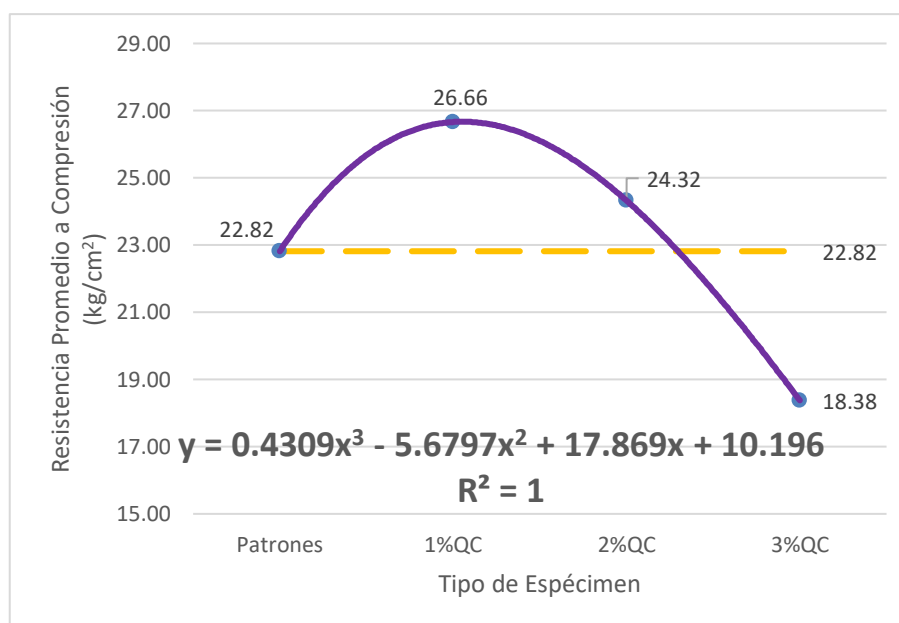
**Gráfica 1** Resumen de carga promedio por tipo de espécimen a compresión



**Gráfica 2** Resumen de resistencia a la compresión promedio menos la desviación estándar por tipo de espécimen



**Gráfica 3** Línea de tendencia, ecuación y ajuste lineal del ensayo de rotura a compresión



**Tabla 8** Resultados de la carga de fluencia y esfuerzo de fluencia en el ensayo de rotura a compresión.

NRO- ESPÉCIMEN	PATRONES		1%QC		2%QC		3%QC	
	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>
1	3118.75	14.46	<u>3496.47</u>	16.64	<u>1701.74</u>	7.42	<u>2626.74</u>	<u>11.83</u>
2	4180.75	19.51	<u>3276.69</u>	14.38	<u>1669.93</u>	7.59	<u>1563.54</u>	<u>7.15</u>
3	2802.75	13.23	639.50	2.79	3582.70	16.40	1985.39	8.77
4	2778.92	12.43	4556.11	23.23	2040.78	9.24	1657.14	7.58
5	<u>4488.07</u>	<u>21.07</u>	4620.76	20.14	3959.23	17.84	1962.71	9.00
6	<u>4202.85</u>	<u>19.89</u>	1268.06	5.96	4290.50	18.54	2811.11	13.27
<b>PROMEDIO (P)</b>	<b>3220.29</b>	<b>14.91</b>	<b>2771.11</b>	<b>13.03</b>	<b>3468.30</b>	<b>15.51</b>	<b>2104.09</b>	<b>9.66</b>
<b>DESV. ESTANDAR (D)</b>	<b>658.77</b>	<b>3.18</b>	<b>1831.01</b>	<b>8.80</b>	<b>861.38</b>	<b>3.70</b>	<b>428.29</b>	<b>2.16</b>
<b>P-D</b>	<b>2561.52</b>	<b>11.73</b>	<b>940.10</b>	<b>4.23</b>	<b>2606.92</b>	<b>11.81</b>	<b>1675.80</b>	<b>7.50</b>

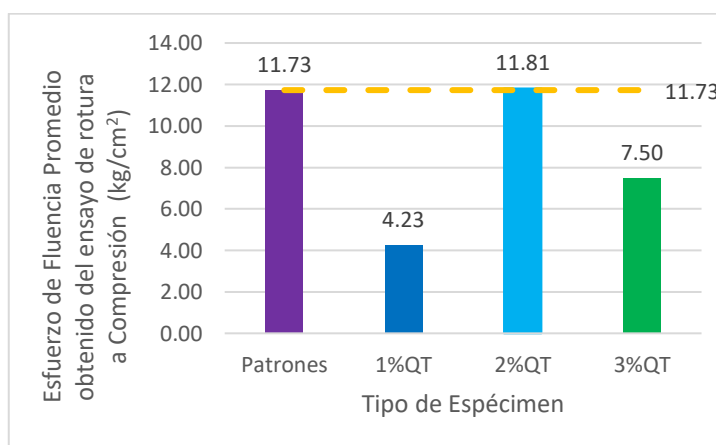
Nota: Los valores que se encuentran en rojo y subrayados, pertenecen a las unidades adobes que se han separado del cálculo promedio para determinar la resistencia de la rotura a compresión.



**Tabla 9** Resumen de los resultados de la carga de fluencia y el esfuerzo de fluencia menos la desviación estándar correspondiente en el ensayo de rotura a compresión.

TIPO	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	% (kgf)	Var % (kgf)	% (kg/cm <sup>2</sup> )	Var % (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrones	2561.52	11.73	100%	--	100%	--
1%QT	940.10	4.23	37%	-63%	36%	-64%
2%QT	2606.92	11.81	102%	2%	101%	1%
3%QT	1675.80	7.50	65%	-35%	64%	-36%

**Gráfica 4** Resumen de resultados del esfuerzo promedio de fluencia en el ensayo de rotura a compresión.



### 3.2.2. Resumen del ensayo de tracción por flexión en las unidades de adobe

**Tabla 10** Resultados del ensayo: Rotura de tracción por flexión

NRO- ESPÉCIMEN	PATRONES		1%QC		2%QC		3%QC	
	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>
1	<u>1114</u>	<u>20.12</u>	<u>1168</u>	<u>19.88</u>	<u>1006</u>	<u>16.71</u>	<u>841</u>	<u>14.72</u>
2	<u>1418</u>	<u>24.41</u>	<u>1204</u>	<u>21.63</u>	<u>1085</u>	<u>19.08</u>	<u>898</u>	<u>15.79</u>
3	1530	26.74	1280	21.56	1122	20.14	1080	18.83
4	1627	28.23	1364	23.51	1145	19.92	1105	19.33
5	1643	27.44	1390	23.49	1304	22.66	1211	20.89
6	1728	29.23	1419	24.08	1311	22.08	1242	20.19
<b>PROMEDIO</b>	1632	27.91	1363.25	23.16	1220.50	21.20	1159.50	19.81
<b>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</b>	81.17	1.07	59.87	1.10	100.94	1.37	79.05	0.91
<b>REPRESENTA</b>	100%	100%	84%	83%	75%	76%	71%	71%

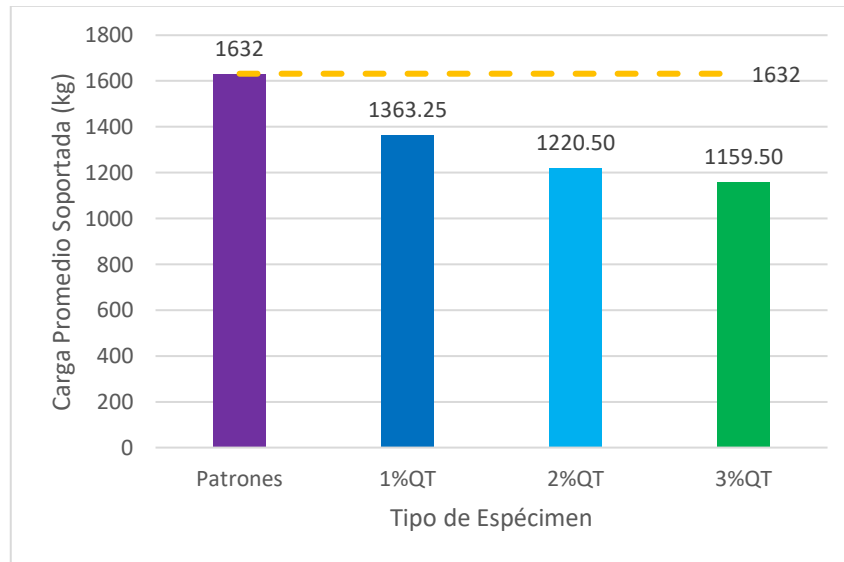
Nota: Los valores que se encuentran en rojo y subrayados, no se han tomado en cuenta para la realización del promedio de cada una de las columnas, siguiendo una apreciación de menor dispersión en los resultados obtenidos.

VARIACIÓN (%) (Respecto del Patrón)	-16%	-17%	-25%	-24%	-29%	-29%
VARIACIÓN (Significativa)	-	-	-	-	-	-

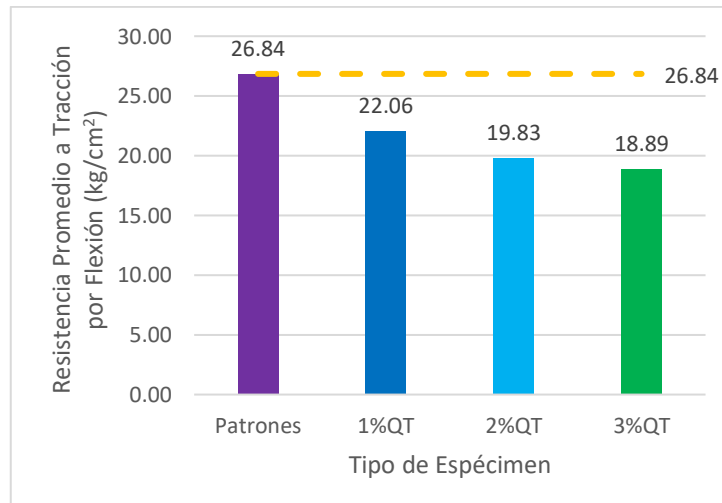
**Tabla 11** Resumen del ensayo: Rotura de tracción por flexión

TIPO	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	% (kgf)	Var % (kgf)	% (kg/cm <sup>2</sup> )	Var % (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrones	1632	27.91	100%	--	100%	--
1%QT	1363.25	23.16	84%	-16%	83%	-17%
2%QT	1220.50	21.20	75%	-25%	76%	-24%
3%QT	1159.50	19.81	71%	-29%	71%	-29%

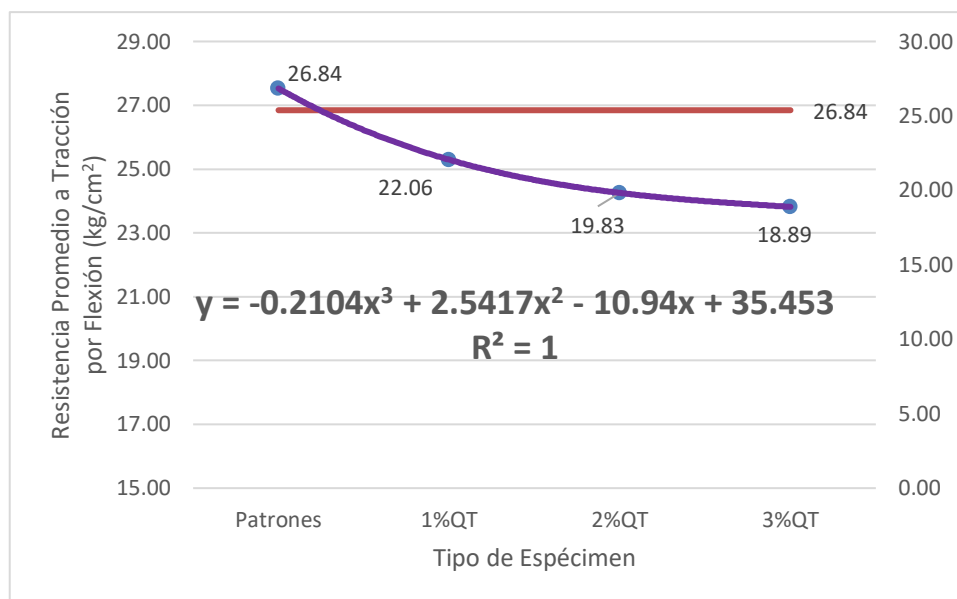
**Gráfica 5** Resumen de carga promedio por tipo de espécimen a tracción por flexión



**Gráfica 6** Resumen de resistencia a la tracción por flexión promedio menos la desviación estándar por tipo de espécimen



**Gráfica 7** Línea de tendencia, ecuación y ajuste lineal del ensayo de rotura de tracción por flexión.



**Tabla 12** Resultados de la carga de fluencia y esfuerzo de fluencia en el ensayo de rotura a tracción por flexión.

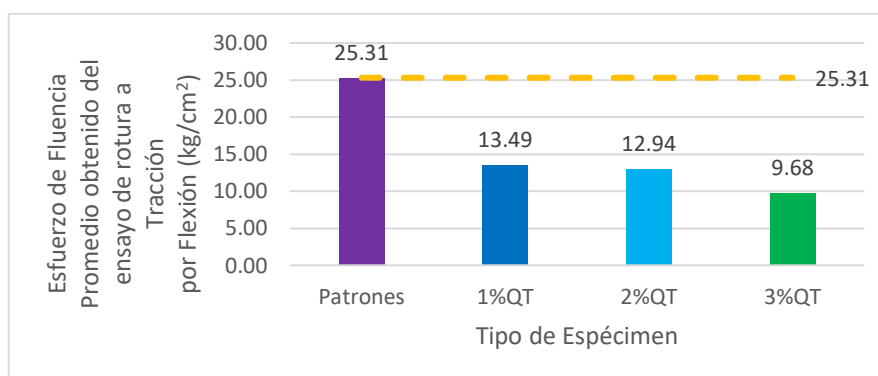
NRO- ESPÉCIMEN	PATRONES		1%QC		2%QC		3%QC	
	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	kgf	kg/cm <sup>2</sup>
1	829.82	14.99	<u>1101.89</u>	18.76	<u>720.43</u>	11.96	<u>809.79</u>	<u>14.17</u>
2	1092.64	18.81	<u>566.57</u>	10.18	<u>1060.92</u>	18.65	<u>788.00</u>	<u>13.86</u>
3	1495.58	26.14	654.24	11.02	1005.23	18.04	1065.91	18.58
4	1557.47	27.03	979.83	16.89	894.73	15.57	1082.14	18.93
5	<u>1561.75</u>	<u>26.09</u>	1337.85	22.61	659.88	11.46	307.24	5.30
6	<u>1485.29</u>	<u>25.12</u>	1374.66	23.32	1308.18	22.03	1236.18	20.10
<b>PROMEDIO (P)</b>	<b>1525.02</b>	<b>26.10</b>	<b>1086.65</b>	<b>18.46</b>	<b>967.01</b>	<b>16.78</b>	<b>922.87</b>	<b>15.73</b>
<b>DESV. ESTANDAR (D)</b>	<b>40.20</b>	<b>0.78</b>	<b>293.45</b>	<b>4.97</b>	<b>233.14</b>	<b>3.84</b>	<b>361.59</b>	<b>6.05</b>
<b>P-D</b>	<b>1484.83</b>	<b>25.31</b>	<b>793.20</b>	<b>13.49</b>	<b>733.87</b>	<b>12.94</b>	<b>561.28</b>	<b>9.68</b>

Nota: Los valores que se encuentran en rojo y subrayados, pertenecen a las unidades adobes que se han separado del cálculo promedio para determinar la resistencia de la rotura a tracción por flexión.

**Tabla 13** Resumen de los resultados de la carga de fluencia y el esfuerzo de fluencia menos la desviación estándar correspondiente en el ensayo de rotura a tracción por flexión.

TIPO	kgf	kg/cm <sup>2</sup>	% (kgf)	Var % (kgf)	% (kg/cm <sup>2</sup> )	Var % (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrones	1484.83	25.31	100%	--	100%	--
1%QT	793.20	13.49	53%	-47%	115%	15%
2%QT	733.87	12.94	49%	-51%	110%	10%
3%QT	561.28	9.68	38%	-62%	83%	-17%

**Gráfica 8** Resumen de resultados de la carga promedio de fluencia y esfuerzo de fluencia en el ensayo de rotura a tracción por flexión.

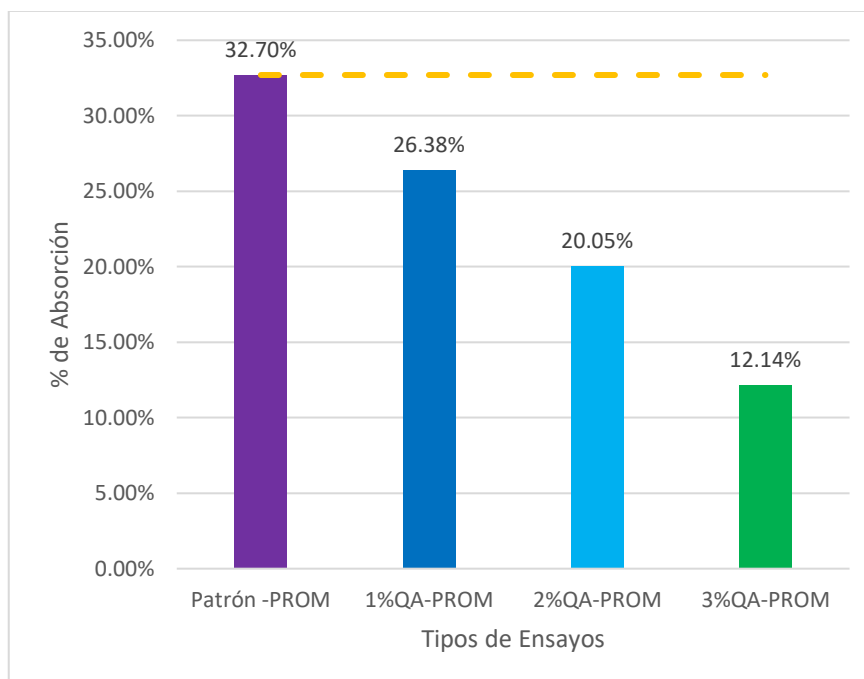


### 3.3. Resumen del ensayo de absorción

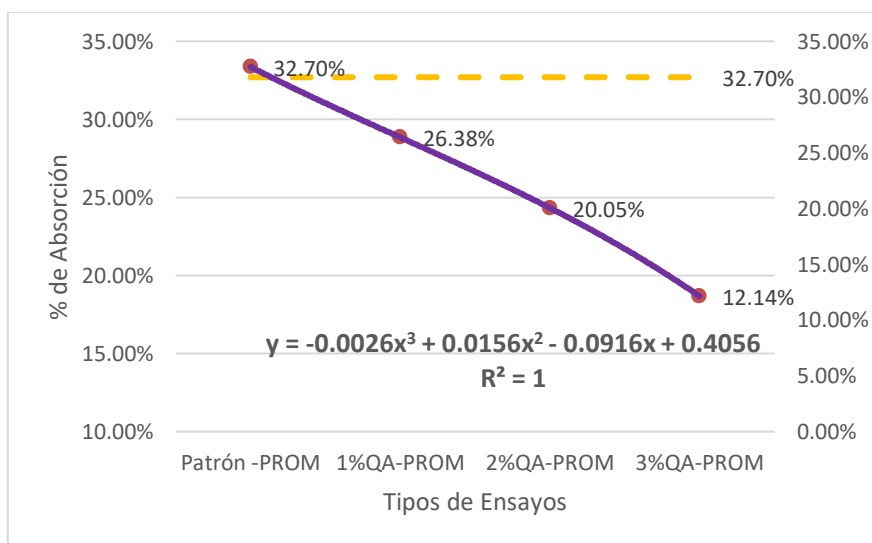
**Tabla 14** Resumen del ensayo: Absorción general

Descripción	%Abs	Var %Abs
Patrón -PROM	32.70%	--
1%QA-PROM	26.38%	6.31%
2%QA-PROM	20.05%	12.64%
3%QA-PROM	12.14%	20.56%

**Gráfica 9** Resumen del ensayo: % de absorción



**Gráfica 10** Línea de tendencia, ecuación y ajuste lineal del ensayo de absorción



**Tabla 15** Resumen del tiempo en que se fractura el adobe

Descripción	Tiempo
Patrón -PROM	10 horas
1%QA-PROM	12 horas 25 minutos
2%QA-PROM	15 horas 17 minutos
3%QA-PROM	18 horas 46 minutos
Promedio	15 horas 29 minutos

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Hay que tener presente que la norma E.080 “Diseño y Construcción con tierra Reforzada” no contempla la elaboración de adobes compactados, sino por el contrario de adobes hechos de forma artesanal, cuyos valores de rotura mínima de resistencia a la compresión y a la tracción nos sirve de referencia para la comparación de la información obtenida del procesamiento de los datos de los ensayos realizados en laboratorio tanto en compresión como tracción por flexión.

En esta investigación realizada con la incorporación de estearato de zinc, también logro una mayor resistencia tanto a compresión como tracción (empleando el método de tracción por flexión).

Como se puede observar en la “**Tabla 7 Resumen del ensayo: Rotura a compresión**” para la muestra patrón se tiene un promedio de resistencia a compresión de  $23.95 \text{ kg/cm}^2$  por encima del valor establecido por la norma E0.80 que es de  $10.2 \text{ kg/cm}^2$ , de igual forma para el tipo de 1% de incorporación de estearato de zinc tiene una resistencia a la compresión de  $30.14 \text{ kg/cm}^2$ , para 2% de incorporación de estearato de disminuye la resistencia a la compresión de  $24.76 \text{ kg/cm}^2$  y por último para el 3% de incorporación de estearato de zinc tiene una resistencia a la compresión de  $20.61 \text{ kg/cm}^2$  que es menor que la resistencia a la compresión del patrón, pero aun así sigue siendo mayor al valor que nos sugiere la norma E0.80.

Para determinar la resistencia a la tracción, se ha empleado el método de tracción por flexión en unidades prismáticas de adobe (de caras rectangulares) y como se puede observar en la “**Tabla 11 Resumen del ensayo: Rotura a tracción por flexión**” obteniendo que para la muestra patrón se tiene un promedio de resistencia a tracción de  $27.91 \text{ kg/cm}^2$  por encima del valor establecido por la norma E0.80 que es de  $0.81 \text{ kg/cm}^2$  (sin embargo la norma nos sugiere que se hagan en cilindros de 6” de diámetro y 12” de alto) de igual forma para el tipo de 1% de incorporación de estearato de zinc tiene una resistencia a la tracción de  $23.16 \text{ kg/cm}^2$ , para 2% de

incorporación de estearato de disminuye la resistencia a la tracción de  $21.20 \text{ kg/cm}^2$  y por último para el 3% de incorporación de estearato de zinc tiene una resistencia a la tracción de  $19.81 \text{ kg/cm}^2$  que es menor que la resistencia a la compresión del patrón, pero aun así sigue siendo mayor que lo que nos sugiere la norma E0.80.

En lo referente a prueba de absorción, tanto las muestras patrón como las que tienen la incorporación del estearato de zinc en 1%. 2% y 3% sufrieron desmoronamientos y pérdida de la forma prismática a pesar de que el estearato de zinc es altamente hidrofóbico, es por ello que, para medir la absorción de los especímenes de adobe, se tuvo que drenar el agua de los recipientes cuidadosamente teniendo la pérdida mínima de material para luego pesar su contenido, teniendo en cuenta que cada tipo de espécimen tenía su propio recipiente.

En cuanto a la absorción como se puede observar en la “**Tabla 14 Resumen del ensayo: Absorción**” de las muestras patrón tenemos un resultado de 32.70% de absorción de agua, siguiendo con los demás especímenes dada la propiedad del químico que es hidrofóbico obtenemos valores bajos de absorción promedio como son para el 1% con una absorción de 26.38%, para el 2% con una absorción de 20.05% y el mejor resultado se obtuvo con el 3% que nos indica una absorción de 12.14% que es muy cercana al valor que se obtuvo de proctor modificado para calcular la cantidad óptima de agua que necesita el material para ser compactado que es de 12.60%. Sin embargo, es de afirmar que al momento de sacarlos del agua la parte de los adobes que queda “en pie” son muy frágiles para su traslado lo cual provoca que al dejarlos en la balanza en algunos casos pierdan su forma que aún tenían y se desmoronen.

Este ensayo realizado también mostró el tiempo en que se desmoronan parcialmente los adobes, en la que el patrón tiene un tiempo en que se desmorona de 10 horas aproximadamente, para el adobe con el 1% con tiempo de 12 horas 25 minutos, para los de 2% con 15 horas 17 minutos y para los adobes que contienen el 3% es de 18 horas con 46 minutos, teniendo un promedio de 15 horas 29 minutos.

Esta experiencia tanto en la medición de las resistencias de compresión y de tracción fue muy gratificante ya que superaron ampliamente lo establecido por la norma E.080, y fue toda una sorpresa verificar el ensayo de absorción con la incorporación del químico usado que es el estearato de zinc develando una realidad diferente a lo que se ha encontrado en otras tesis de la universidad y en otras investigaciones.

#### 4.2. Conclusiones

La hipótesis de variación hasta en un 5% de la resistencia mecánica a compresión no se cumple para los especímenes que contienen el 1% y 3% del peso del suelo de incorporación del estearato de zinc, ya que poseen una resistencia a la compresión de 26.66 kg/cm<sup>2</sup> y 18.38 kg/cm<sup>2</sup> (la resistencia promedio menos la desviación estándar) es decir un 26% más y 14% menos respectivamente, Sin embargo podemos decir que los especímenes que contienen el 2% del peso del suelo de incorporación del estearato de zinc, cumplen con la hipótesis planteada ya que poseen una resistencia a la compresión de 24.32 kg/cm<sup>2</sup> es decir 3% más frente al promedio de los especímenes patrón.

Para la resistencia a la tracción por flexión, la hipótesis planteada de variación hasta en un 5% no se cumple, ya que para la incorporación del 1%, 2% y 3% de estearato de zinc de peso del suelo, tienen una resistencia de 23.16 kg/cm<sup>2</sup>, 21.20 kg/cm<sup>2</sup> y 19.81 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, es decir que son 17%, 24% y 29% menos resistentes que los especímenes patrón que poseen una resistencia promedio a la tracción por flexión de 27.91 kg/cm<sup>2</sup>.

En lo que se refiere a la absorción del adobe, no llegó a resistir las 24 horas como menciona la norma de Albañilería E.070 (ya que se tomó esta como referencia para el ensayo de absorción) la muestra patrón logró resistir 10 horas hasta ver desmoronamientos del adobe, es decir ya perdió su integridad física para considerarlo como una unidad de albañilería, lo mismo ocurrió para los patrones del 1%, 2% y 3% con tiempos de 12 horas 25 minutos, 15 horas 17 minutos y 18 horas y 46 minutos respectivamente, claro está que se está comparando el promedio obtenido que es de



15 horas con 29 minutos de los adobes que han tenido la incorporación del estearato de zinc, el resultado es alentador.

Para determinar con cierto modo el grado de absorción que han tenido las unidades, se procedió a hacer un sifón para drenar el agua de los contenedores para luego ser pesados, se define que para el patrón tiene una absorción de 32.70%, para el 1% de incorporación de estearato de zinc la absorción disminuye en un 6.31%, para el 2% de incorporación de estearato de zinc la absorción disminuye en un 12.64% y por último para el 3% de incorporación de estearato de zinc la absorción disminuye en un 20.56%, demostrándose con esto la acción hidrofóbica del estearato de zinc, ya que con el 3% de incorporación se obtiene una absorción del 12.14%. Aunque la hipótesis planteada quedo muy debajo de lo obtenido, estos resultados son alentadores para el uso de este químico en las construcciones con este tipo de adobe.

Se determinaron las propiedades mecánicas del suelo, como el contenido de humedad con el que se trajo de cantera que es de 6.66%, una granulometría por lavado que nos dejó 198.80 gramos de 500 gramos que representa un 39.76%, un límite líquido de 30.75% un límite plástico de 19.60% y un índice de plasticidad de 11.15% y una clasificación SUCS cuya tierra de la cantera de Cruz Blanca es del tipo SP-SC que es una arena pobremente graduada con arcilla de baja plasticidad y por último un resultado de compactación de proctor modificado con sus valores óptimos de 12.60% de humedad y una densidad seca de  $1.963 \text{ gr/cm}^3$ .

Se realizó la comparación entre las propiedades mecánicas hidrofóbicas de los adobes compactados con y sin la incorporación del estearato de zinc, teniendo una mejor respuesta a la rotura a compresión el adobe compactado con el 1% de incorporación de estearato de zinc con una resistencia de  $30.14 \text{ kg/cm}^2$  y en la resistencia a la tracción, ningún adobe con la incorporación de estearato de zinc logró superar a la resistencia a la tracción del espécimen patrón, sin embargo esos valores tanto de rotura a la compresión como de tracción se encuentran por encima del valor establecido por la norma E0.80.

## REFERENCIAS

1. Arkiplus. (02 de 09 de 2017). *Arkiplus*. Obtenido de <http://www.arkiplus.com/10-grandes-construcciones-con-ladrillos-de-barro>
2. Cabrera, D., & Huaynate, W. (22 de Abril de 2018). Mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones. Lima, Lima, Perú.
3. Cáceres. (2017). *Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas-económicas en Cajamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
4. Cáceres, F. I. (2010). *Mejora del adobe a partir de su estabilización con el material confitillo*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
5. California Department Transportation. (23 de Abril de 2018). *USCS UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM*. Obtenido de [www.dot.ca.gov/hq/maint/Pavement/Offices/Pavement\\_Engineering/PDF/USCS.pdf](http://www.dot.ca.gov/hq/maint/Pavement/Offices/Pavement_Engineering/PDF/USCS.pdf)
6. Cevallos, S. P. (07 de 09 de 2017). *La Construcción con Tierra en el Ecuador*. Obtenido de CRICYT: <http://www.cricyt.edu.ar/secprensa/siacot/cdenlinea/conferencias/Cevallos,%20Patricio/PO-%20Patricio%20Cevallos.pdf>
7. Corporación Sierra Verde. (15 de Abril de 2018). Obtenido de <https://corpsierramadre.com/estearatos/estearato-de-zinc/>
8. Correo. (10 de 09 de 2017). *Diario Correo*. Obtenido de Intervienen casona afectada por humedad: <http://diariocorreo.pe/ciudad/intervienen-casona-afectada-por-humedad-561379/>
9. Escalera, N. N., & Córdova, O. P. (06 de 09 de 2017). *Déficit Habitacional Cualitativo: Una aproximación para el caso boliviano*. Obtenido de SCIELO: [http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v2n16/v1n16\\_a06.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v2n16/v1n16_a06.pdf)
10. Facultad de Arquitectura Artes Diseño y Urbanismo, U. M. (06 de 09 de 2017). *FAADU*. Obtenido de <http://portal.faadu.edu.bo/faadu/index.php/portada>
11. Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural*. En H. Gallegos, & C. Casabonne. Lima: Fondo Editorial de la PUCP.

12. Harris, H., & Sabnis, G. (1999). *Structural modeling and experimental technique*. Florida: crc Press.
13. HispanTV. (02 de 09 de 2017). *HispanTV Nexo Latino*. Obtenido de <http://www.hispantv.com/noticias/cultura/26535/iran-y-francia-colaboraran-en-arquitectura-de-adobe>
14. INACAL. (15 de Diciembre de 1999). NTP 399.129, 1999. Lima, Lima, Perú.
15. INACAL. (18 de Abril de 2018). NTP 339.127,1999. Lima, Lima, Perú.
16. INACAL. (18 de 04 de 2018). NTP 339.128, 1999. Lima, Lima, Perú.
17. INACAL. (19 de Mayo de 2018). NTP 399.141,1999. Lima, Lima, Lima.
18. INEI. (08 de 09 de 2017). *INEI*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/en-mas-de-3-millones-de-viviendas-predominan-paredes-de-materiales-vulnerables-a-movimientos-teluricos-7583/imprimir/>
19. INEI. (10 de 10 de 2017). *INEI*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/inei-presento-los-principales-resultados-del-empadronamiento-de-poblacion-y-vivienda-en-el-ambito-de-influencia-de-los-tambos-2015-8974/>
20. J.Cid, Mazarrón, F., & I.Cañas. (2011). Las normativas de construcción con tierra en. *Informes de la Construcción*, 159-169.
21. Juárez, E., & Rico, A. (2005). Mecánica de Suelos -TOMO 1 Fundamentos de la Mecánica de Suelos. En *V.2 Sistemas de clasificación de suelos basados en criterios de granulometría*. (págs. 98-100). México D.F: Editorial Limusa S.A.
22. Lanzón et al. (14 de 11 de 2017). Obtenido de Science Direct: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817302416>
23. Llanos, R., & Jiménez, D. (1985). *Estudio del adobe fabricado en la ciudad de Cajamarca y su mejoramiento*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
24. Llique Mondragón, R. H. (2003). *Manual del Laboratorio de Mecánica de Suelos*. Cajamarca: Editorial Universitaria de la UNC.
25. Ministerio de Vivienda, C. y. (07 de Abril de 2017). A.140 Bienes Culturales Inmuebles. Lima, Lima, Perú.

26. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (07 de Abril de 2017). E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Lima, Lima, Perú.
27. Nakamatsu et al. (14 de 11 de 2017). *Science Direct*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817302477>
28. Perú21. (08 de 09 de 2017). *PERU21*. Obtenido de PERU21: <https://peru21.pe/lima/intensas-lluvias-provocaron-colapso-30-casas-piura-tumbes-fotos-211788>
29. Phillips et al. (2007). Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casa en adobe y tapia pisada. *APUNTES*, 286-303.
30. Pineda et al. (14 de 11 de 2017). *Science Direct*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132305004373>
31. Pineda et al. (14 de 11 de 2017). *Science Direct*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131707001299>
32. Rivero, S. (02 de 09 de 2017). *SCIELO*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/apun/v20n2/v20n2a15.pdf>
33. Rodríguez, F. R. (02 de 09 de 2017). *REVISTAS JAVERIANA*. Obtenido de [revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/download/8979/7278](http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/download/8979/7278)
34. RRP. (01 de 02 de 2017). *Radio Programas del Perú*. Obtenido de <http://rpp.pe/peru/lambayeque/la-humedad-hara-colapsar-mas-casas-alerta-alcalde-del-distrito-de-pacora-noticia-1027802>
35. RRP. (10 de 09 de 2017). *RPP*. Obtenido de Cajamarca: Casonas del centro histórico en riesgo de colapsar: <http://rpp.pe/peru/actualidad/cajamarca-casonas-del-centro-historico-en-riesgo-de-colapsar-noticia-449965>
36. SENAMHI. (10 de 09 de 2017). *Senamhi*. Obtenido de Mapa Climático del Perú: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>
37. TIEMPO, E. (08 de 09 de 2017). *EL TIEMPO PIURA*. Obtenido de EL TIEMPO PIURA: <http://eltiempo.pe/puedo-volver-habitar-casa-afectada-la-inundacion/>
38. UNESCO. (20 de 11 de 2017). *UNESCO*. Obtenido de <http://whc.unesco.org/es/list/492>
39. Universidad Autónoma de Nuevo Leon. (03 de Junio de 2018). Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/18/1/1020070556.PDF>

40. Universidad Tecnológica Nacional. (14 de Mayo de 2018). *Facultad Regional Rosario Departamento de Ingeniería Civil*. Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/2\\_anio/tecno\\_materiales/files/TP%20N%C2%B011%20-%20Tensi%C3%B3n%20Sigma%200.2.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/2_anio/tecno_materiales/files/TP%20N%C2%B011%20-%20Tensi%C3%B3n%20Sigma%200.2.pdf)
41. Yepex, T. D. (07 de 09 de 2017). *Arquitectura y Sostenibilidad: Herramientas de Diseño y Técnicas de Control*. Obtenido de Repositorio de Educacion Superior Ecuador: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/829/1/T-SENESCYT-0372.pdf>
42. Yuste, B. (2016). *Arquitectura de Tierra: Caracterización de los tipos Edificatorios*. En B. Yuste. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña.

## ANEXOS

### Anexo 1: Ensayos de suelos

#### Contenido de humedad

Temperatura de Secado

60 °C / 110 °C / Ambiente

Método

Horno 110 ± 5 °C

**Tabla 16** *Contenido de Humedad*

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		TARA 1	TARA 2	TARA 3
B	Peso del recipiente	gr	143.90	144.10	145.10
C	Recipiente + suelo húmedo	gr	1801.70	2085.00	2048.20
D	Recipiente + suelo seco	gr	1691.00	1973.90	1928.00
E	Peso del agua  (Ww) C – D	gr	110.70	111.10	120.20
F	Peso Suelo Seco  (Ws) D – B	gr	1547.10	1829.80	1782.90
W %	Porcentaje de humedad  (E / F) * 100	%	7.16	6.07	6.74
G	Promedio porcentaje humedad	%	6.66		

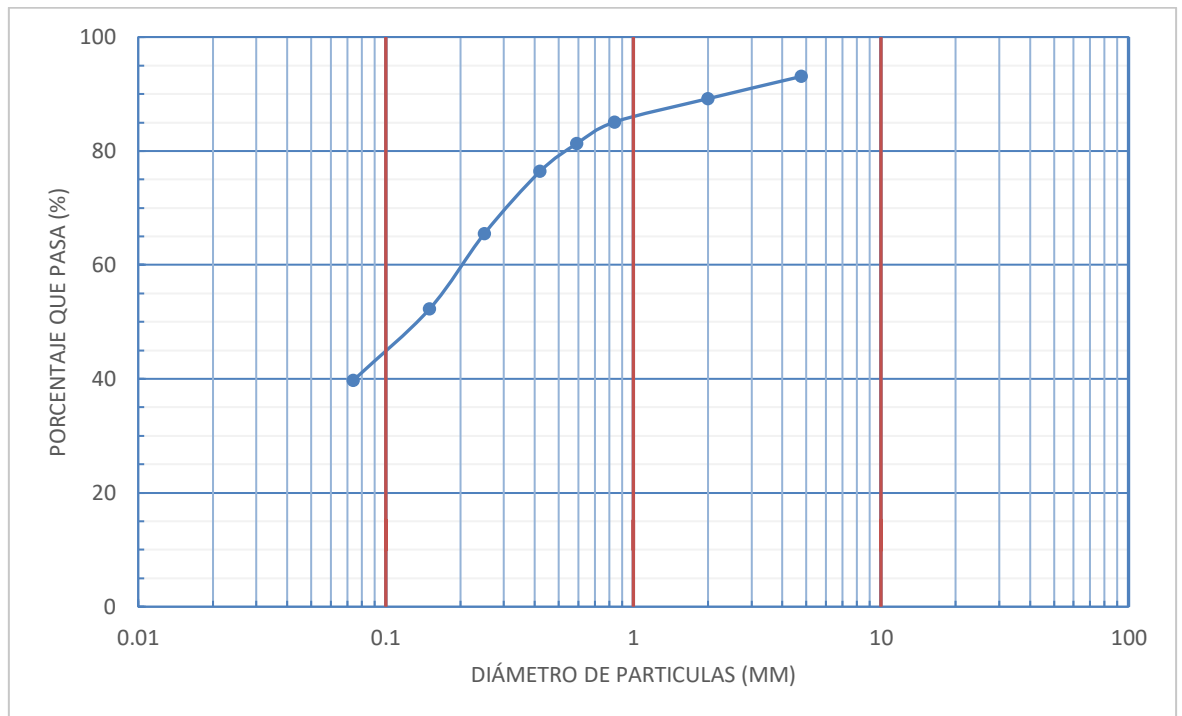
$$(W\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

#### Granulometría por lavado

Peso de muestra seca; Ws            500            gr

**Tabla 17** *Granulometría por lavado*

Tamiz	Abertura	Peso Retenido	% RP	%RA	% que pasa
Nº 4	4,76	34.60	6.92	6.92	93.08
Nº10	2	19.50	3.90	10.82	89.18
Nº20	0,84	20.50	4.10	14.92	85.08
Nº30	0,59	19.00	3.80	18.72	81.28
Nº40	0,42	24.30	4.86	23.58	76.42
Nº60	0,25	54.70	10.94	34.52	65.48
Nº100	0,15	66.20	13.24	47.76	52.24
Nº200	0,074	62.40	12.48	60.24	39.76
Perdida	Lavado	198.80	39.76	100.00	0.00
Total		500.00	100.00	-	-



**Figura 6** Granulometría por Lavado

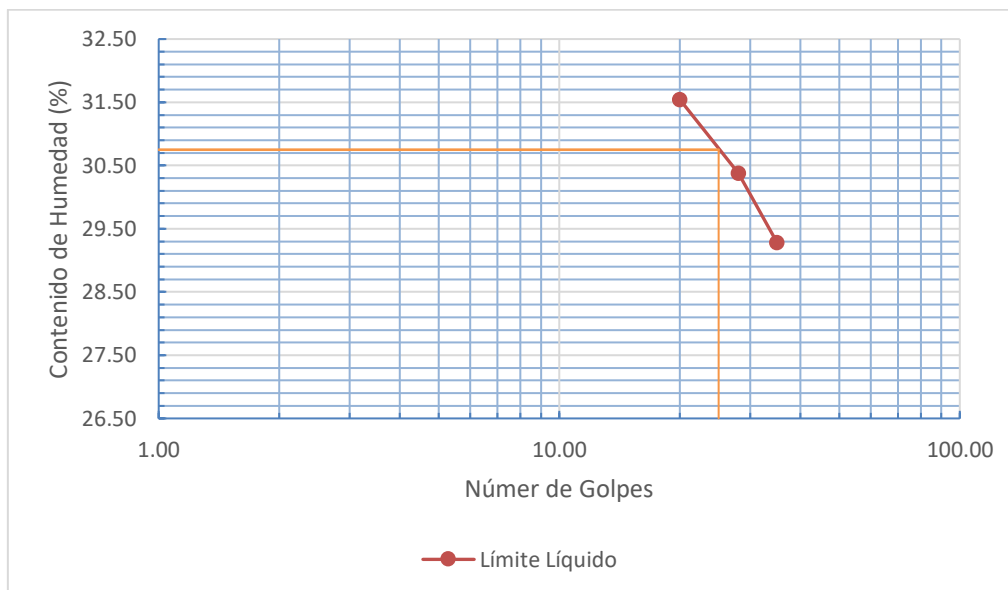
### Límites de consistencia

#### Límite líquido

**Tabla 18** Límite líquido

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3
<b>A</b>	identificación de Recipiente	Nº	T.Aux 3	T.Aux 5	T.Aux 1
<b>B</b>	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	47.00	48.40	45.20
<b>C</b>	Suelo Seco + Recipiente	gr	42.30	43.60	41.35
<b>D</b>	Peso de Recipiente	gr	27.40	27.80	28.20
<b>E</b>	Peso del Agua	gr	4.70	4.80	3.85
<b>F</b>	Peso Suelo Seco	gr	14.90	15.80	13.15
<b>G</b>	Número de Golpes	N	20	28	35
<b>H</b>	Contenido de Humedad	%	31.54	30.38	29.28

Para 25 golpes, se obtiene un contenido de humedad de 30.75%, como se indica en la siguiente gráfica.



**Figura 7** Límite líquido

### Límite plástico

**Tabla 19** Límite plástico

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de Recipiente	N°	T.Aux 4	T.Aux 2
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	37.10	38.00
C	Suelo Seco + Tara	gr	35.50	36.30
D	Peso de Tara	gr	27.70	27.20
E	Peso del Agua	gr	1.60	1.70
F	Peso Suelo Seco	gr	7.80	9.10
G	Contenido de Humedad	%	20.51	18.68
H	Promedio Limite Plástico		19.60	

### Índice de plasticidad

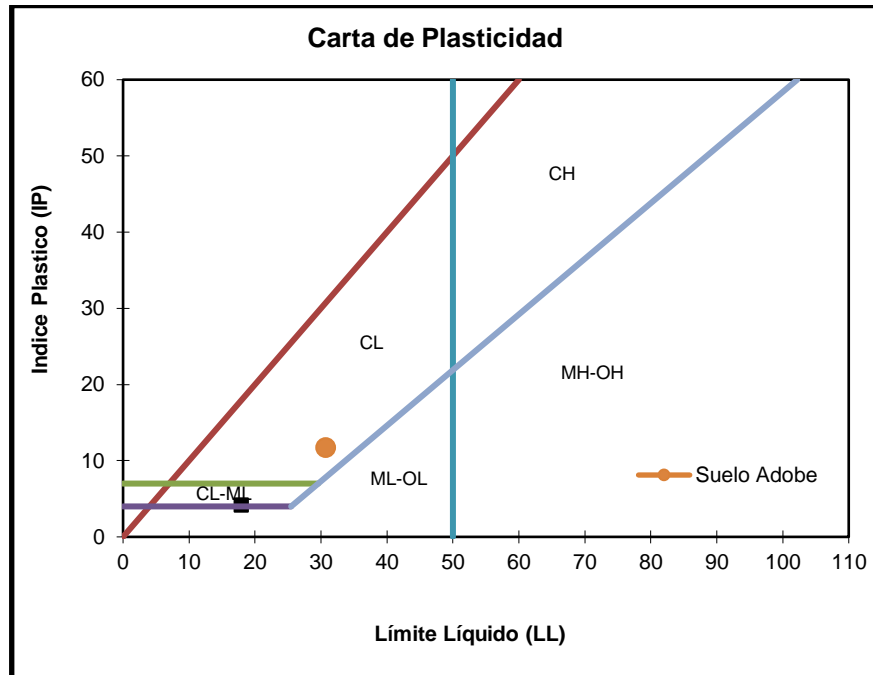
**Tabla 20** Índice de Plasticidad

Datos	Nro. Golpes	w%
LL	25	30.75
LP	-	19.60
IP	LL-LP	11.15



### Clasificación SUCS

Teniendo en cuenta el Índice Plástico obtenido, y el Límite Líquido, se clasifica en la Carta de Plasticidad, obteniendo el siguiente resultado:



**Figura 8** Clasificación del suelo en la Carta de Plasticidad.

De lo que podemos definir lo siguiente:

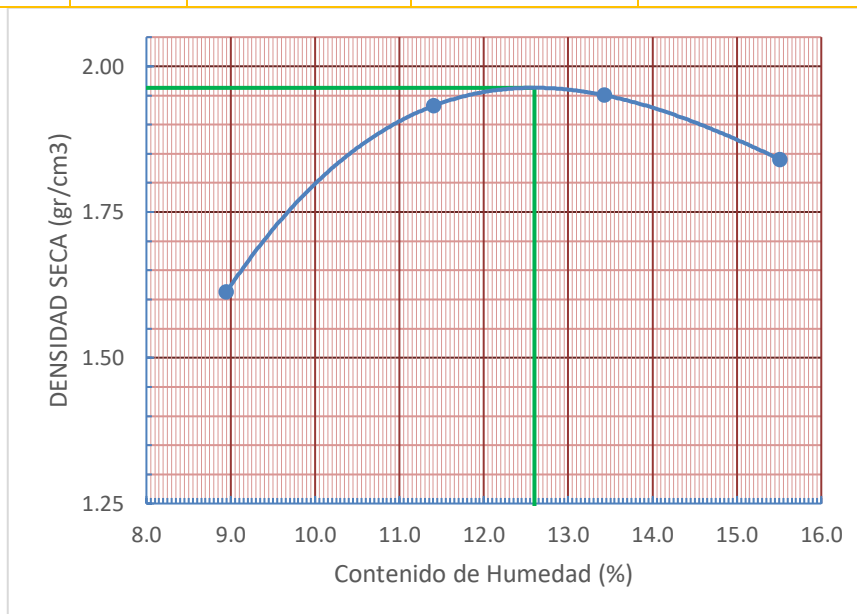
**Tabla 21** Clasificación SUCS

Conclusión:		Suelo es del tipo CL	
<b>Material:</b>		<b>Grueso</b>	
<b>Tipo:</b>		<b>S</b>	Arena
<b>Gradación</b>		<b>P</b>	Pobremente Graduada
<b>Tipo de Suelo:</b>		<b>C</b>	Arcilla
<b>Subgrupo</b>		<b>L</b>	Baja Plasticidad
<b>Finalmente</b>		<b>SP-SC</b>	Arena Pobremente graduada con Arcilla de baja Plasticidad

**Proctor modificado**

**Tabla 22 Proctor Modificado**

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3		4	
A	Peso Molde	gr	4181.90	4181.90	4181.90	4181.90	4181.90	4181.90	4181.90	4181.90
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	6206.60	6262.30	6262.30	6262.30	6180.50	6180.50	5834.40	5834.40
C	Peso Muestra Húmeda	gr	2024.70	2080.40	2080.40	2080.40	1998.60	1998.60	1652.50	1652.50
D	Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	81.07	81.07	81.07	81.07	81.07	81.07	81.07	81.07
F	Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	24.97	25.66	25.66	25.66	24.65	24.65	20.38	20.38
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.30	27.30	27.30	27.60	27.20	27.20	27.30	27.30
I	Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	228.40	235.30	221.40	248.90	230.90	211.20	213.50	210.00
J	Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	207.90	213.90	198.40	222.70	203.30	186.70	198.30	194.90
K	Peso del Agua	gr	20.50	21.40	23.00	26.20	27.60	24.50	15.20	15.10
L	Peso Muestra seca	gr	180.60	186.60	171.10	195.10	176.10	159.50	171.00	167.60
M	Contenido de Humedad W%	%	11.35	11.47	13.44	13.43	15.67	15.36	8.89	9.01
N	Promedio Contenido de humedad Óptimo	%	11.41	11.47	13.44	13.43	15.52	15.52	8.95	8.95
O	Densidad Seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	22.42	22.62	22.62	22.62	21.34	21.34	18.71	18.71



**Figura 9** Curva de Compactación

Que a partir de la gráfica anterior podemos concluir lo siguiente:

**Tabla 23** Valores Óptimos del Proctor Modificado

<b>Humedad óptima</b>	<b>12.60</b>	<b>%</b>
<b>Densidad Seca</b>	<b>1.963</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

## Anexo 2: Ensayo de rotura: Ensayos de compresión

### Ensayos de compresión

#### Ensayo de compresión: muestras patrón

Tabla 24 Datos generales: *Espécimen PC-1*

CÓDIGO DEL ESPECÍMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PC-1</b>	14.4	14.98	9.93	215.712	4845	22.46

Tabla 25 Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen PC-1*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0.00	0.000
500	2.32	0.78	0.008
1000	4.64	1.36	0.014
1500	6.95	1.74	0.018
2000	9.27	2.09	0.021
2500	11.59	2.49	0.025
3000	13.91	2.86	0.029
3500	16.23	3.21	0.032
4000	18.54	3.68	0.037
4500	20.86	4.38	0.044
4845	22.46	5.68	0.057

Gráfica 11 Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen PC-1*.

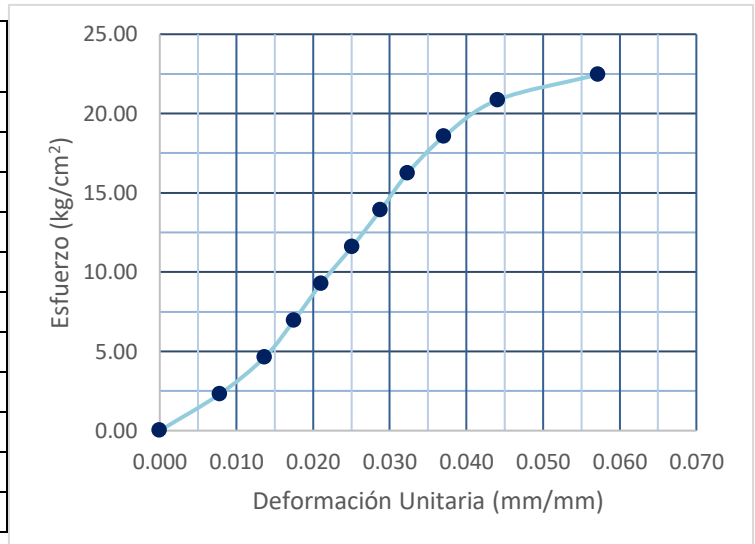


Tabla 26 Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen PC-1*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	9.93 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02979 mm
<b>Carga Inf.</b>	3000 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.029 mm
<b>Carga Sup.</b>	3500 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.032 mm
<b>Carga Fluencia</b>	3118.75 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	14.46 kg/cm <sup>2</sup>

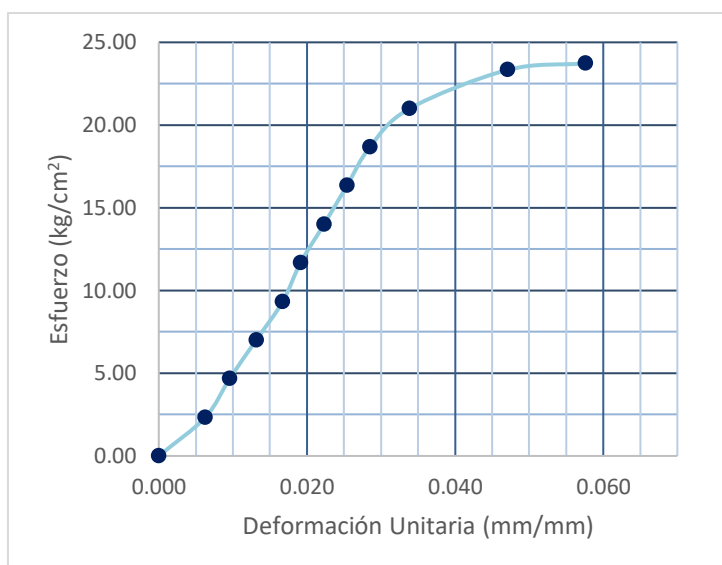
**Tabla 27** Datos generales: *Espécimen PC-2*

CÓDIGO DEL ESPECÍMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PC-2</b>	<b>14.36</b>	<b>14.92</b>	<b>10.04</b>	<b>214.2512</b>	<b>5084</b>	<b>23.73</b>

**Tabla 28** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen PC-2*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0.00	0.000
500	2.33	0.63	0.006
1000	4.67	0.96	0.010
1500	7.00	1.32	0.013
2000	9.33	1.68	0.017
2500	11.67	1.92	0.019
3000	14.00	2.24	0.022
3500	16.34	2.55	0.025
4000	18.67	2.86	0.028
4500	21.00	3.40	0.034
5000	23.34	4.73	0.047
5084	23.73	5.78	0.058

**Gráfica 12** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen PC-2*.



**Tabla 29** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen PC-2*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.04 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.03012 mm
<b>Carga Inf.</b>	4000 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.028 mm
<b>Carga Sup.</b>	4500 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.034 mm
<b>Carga Fluencia</b>	4180.75 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	19.51 kg/cm <sup>2</sup>

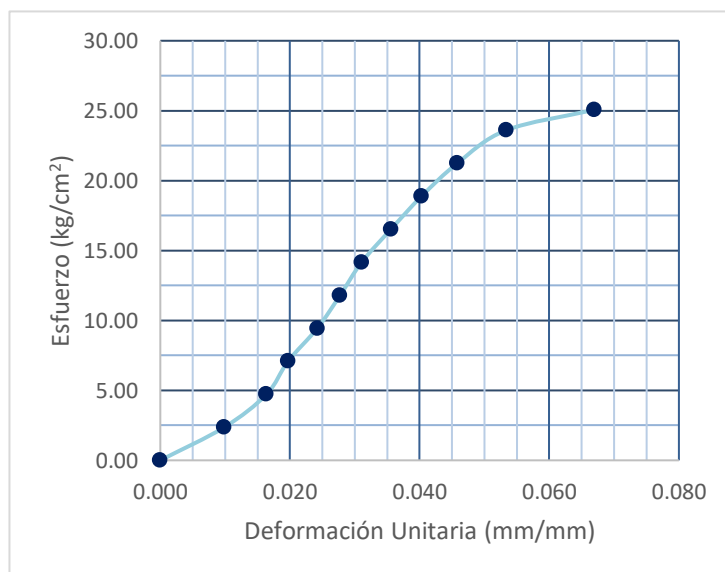
**Tabla 30** Datos generales: *Espécimen PC-3*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PC-3</b>	<b>14.17</b>	<b>14.95</b>	<b>9.95</b>	<b>211.8415</b>	<b>5309</b>	<b>25.06</b>

**Tabla 31** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen PC-3*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.36	0.98	0.010
1000	4.72	1.63	0.016
1500	7.08	1.96	0.020
2000	9.44	2.41	0.024
2500	11.80	2.76	0.028
3000	14.16	3.09	0.031
3500	16.52	3.54	0.036
4000	18.88	4.01	0.040
4500	21.24	4.56	0.046
5000	23.60	5.31	0.053
5309	25.06	6.66	0.0669

**Gráfica 13** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen PC-3*.



**Tabla 32** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen PC-3*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	9.95 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02985 mm
<b>Carga Inf.</b>	2500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.028 mm
<b>Carga Sup.</b>	3000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.031 mm
<b>Carga Fluencia</b>	2802.75 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	13.23 kg/cm <sup>2</sup>

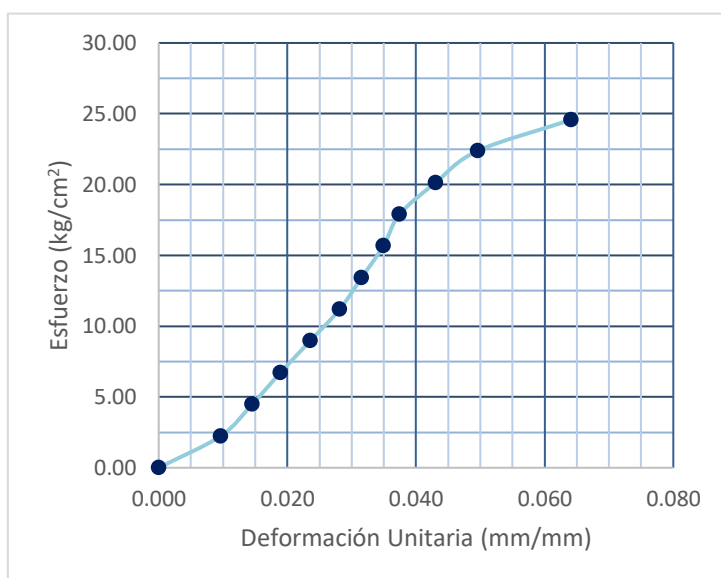
**Tabla 33** Datos generales: *Espécimen PC-4*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PC-4</b>	<b>14.97</b>	<b>14.93</b>	<b>9.99</b>	<b>223.5021</b>	<b>5490</b>	<b>24.56</b>

**Tabla 34** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen PC-4*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.24	0.96	0.010
1000	4.47	1.45	0.015
1500	6.71	1.89	0.019
2000	8.95	2.35	0.024
2500	11.19	2.81	0.028
3000	13.42	3.15	0.032
3500	15.66	3.49	0.035
4000	17.90	3.74	0.037
4500	20.13	4.3	0.043
5000	22.37	4.95	0.050
5490	24.56	6.4	0.064

**Gráfica 14** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen PC-4*.



**Tabla 35** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen PC-4*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	9.99 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02997 mm
<b>Carga Inf.</b>	2500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.028 mm
<b>Carga Sup.</b>	3000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.032 mm
<b>Carga Fluencia</b>	2778.92 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	12.43 kg/cm <sup>2</sup>

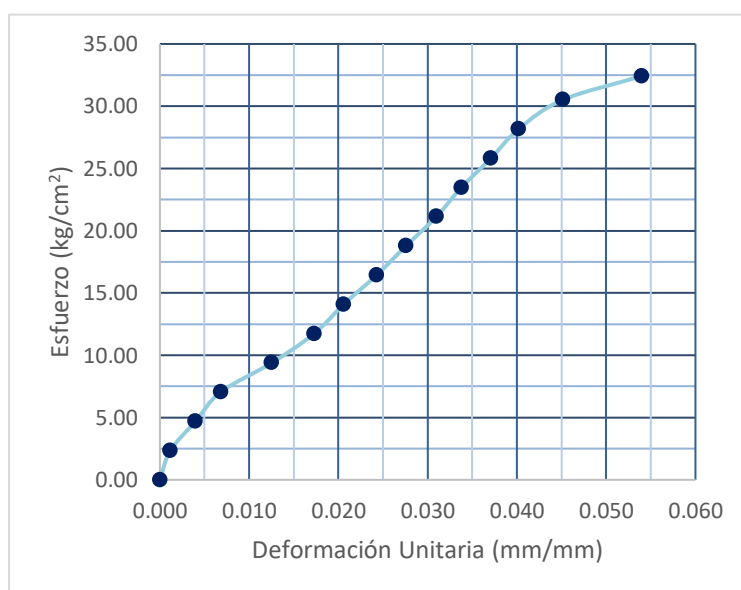
**Tabla 36** Datos generales: *Espécimen PC-5*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PC-5</b>	<b>15.00</b>	<b>14.20</b>	<b>10.30</b>	<b>213.00</b>	<b>6905.00</b>	<b>32.42</b>

**Tabla 37** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen PC-5*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0.00	0.000
500	2.35	0.12	0.001
1000	4.69	0.41	0.004
1500	7.04	0.70	0.007
2000	9.39	1.29	0.013
2500	11.74	1.78	0.017
3000	14.08	2.12	0.021
3500	16.43	2.50	0.024
4000	18.78	2.84	0.028
4500	21.13	3.19	0.031
5000	23.47	3.48	0.034
5500	25.82	3.82	0.037
6000	28.17	4.14	0.040
6500	30.52	4.65	0.045
6905	32.42	5.56	0.054

**Gráfica 15** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen PC-5*.



**Tabla 38** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen PC-5*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.3 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.0309 mm
<b>Carga Inf.</b>	4000 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.028 mm
<b>Carga Sup.</b>	4500 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.031 mm
<b>Carga Fluencia</b>	4488.07 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	21.07 kg/cm <sup>2</sup>

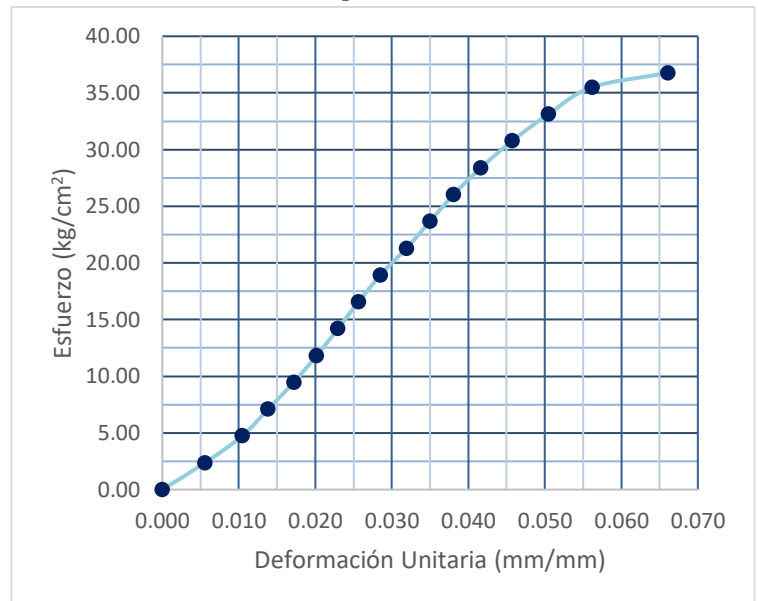
**Tabla 39** Datos generales: *Espécimen PC-6*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PC-6</b>	<b>14.15</b>	<b>14.93</b>	<b>10.06</b>	<b>211.2595</b>	<b>7768</b>	<b>36.77</b>

**Tabla 40** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen PC-6*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0.00	0.000
500	2.37	0.56	0.006
1000	4.73	1.05	0.010
1500	7.10	1.39	0.014
2000	9.47	1.73	0.017
2500	11.83	2.03	0.020
3000	14.20	2.31	0.023
3500	16.57	2.58	0.026
4000	18.93	2.87	0.029
4500	21.30	3.21	0.032
5000	23.67	3.52	0.035
5500	26.03	3.83	0.038
6000	28.40	4.19	0.042
6500	30.77	4.60	0.046
7000	33.13	5.08	0.050
7500	35.50	5.65	0.056
7768	36.77	6.65	0.066

**Gráfica 16** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen PC-6*.



**Tabla 41** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen PC-6*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.06 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.03018 mm
<b>Carga Inf.</b>	4000 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.029 mm
<b>Carga Sup.</b>	4500 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.032 mm
<b>Carga Fluencia</b>	4202.85 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	19.89 kg/cm <sup>2</sup>



**Ensayo de compresión: muestras con 1% de incorporación de estearato de zinc**

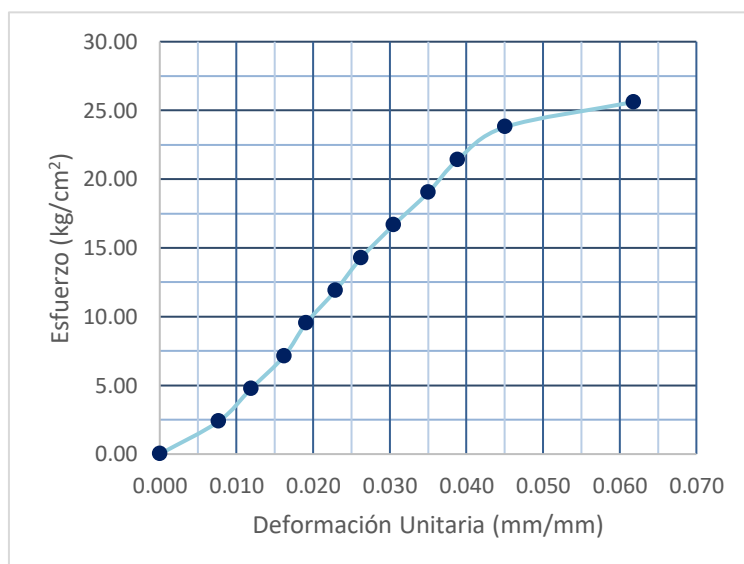
**Tabla 42** Datos generales: *Espécimen 1%QC-1*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1%QC-1</b>	<b>13.84</b>	<b>15.18</b>	<b>10.16</b>	<b>210.0912</b>	<b>5381</b>	<b>25.61</b>

**Tabla 43** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 1%QC-1*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.38	0.78	0.008
1000	4.76	1.21	0.012
1500	7.14	1.65	0.016
2000	9.52	1.94	0.019
2500	11.90	2.33	0.023
3000	14.28	2.67	0.026
3500	16.66	3.1	0.031
4000	19.04	3.56	0.035
4500	21.42	3.95	0.039
5000	23.80	4.58	0.045
5381	25.61	6.28	0.062

**Gráfica 17** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 1%QC-1*.



**Tabla 44** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 1%QC-1*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.16 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.03048 mm
<b>Carga Inf.</b>	3000 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.026 mm
<b>Carga Sup.</b>	3500 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.031 mm
<b>Carga Fluencia</b>	3496.47 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	16.64 kg/cm <sup>2</sup>

**Tabla 45** Datos generales: *Espécimen 1%QC-2*

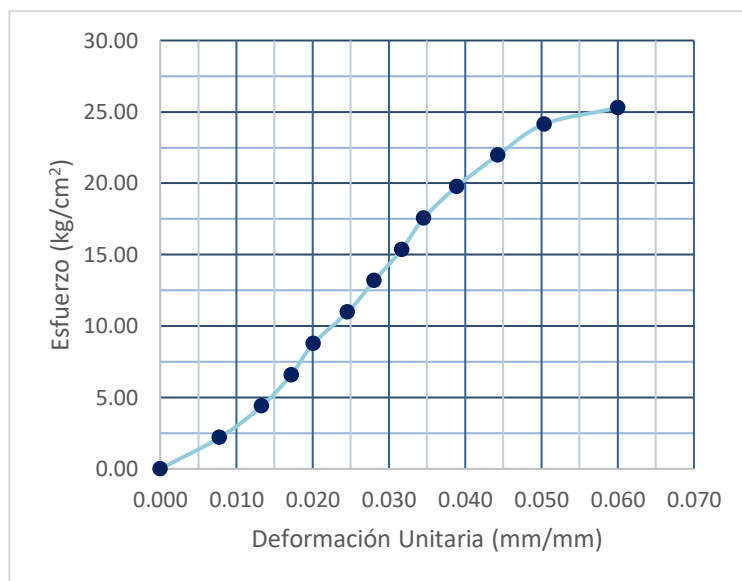
CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1%QC-2</b>	<b>15.10</b>	<b>15.09</b>	<b>10.01</b>	<b>227.859</b>	<b>5763</b>	<b>25.29</b>

**Tabla 46** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 1%QC-2*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.19	0.78	0.008
1000	4.39	1.33	0.013
1500	6.58	1.72	0.017
2000	8.78	2.01	0.020
2500	10.97	2.46	0.025
3000	13.17	2.81	0.028
3500	15.36	3.17	0.032
4000	17.55	3.46	0.035
4500	19.75	3.89	0.039
5000	21.94	4.43	0.044
5500	24.14	5.04	0.050
5763	25.29	6.01	0.060

Fuente: Elaboración propia

**Gráfica 18** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 1%QC-2*.



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 47** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 1%QC-2*

Limite Convencional de Fluencia	0.3%	Long. Grueso	10.01 cm
		Def. Fluencia	0.03003 mm
Carga Inf.	3000 kg	Deforma.Inf	0.028 mm
Carga Sup.	3500 kg	Deforma.Sup	0.032 mm
Carga Fluencia	3276.69 kg	$\sigma_y$	14.38 kg/cm <sup>2</sup>

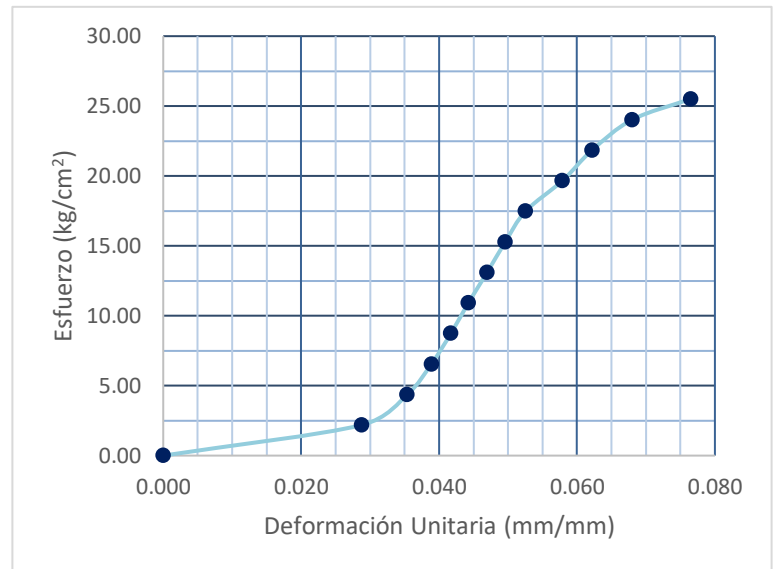
**Tabla 48** Datos generales: *Espécimen 1%QC-3*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1%QC-3</b>	<b>15.30</b>	<b>14.96</b>	<b>10.26</b>	<b>228.888</b>	<b>5840</b>	<b>25.51</b>

**Tabla 49** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 1%QC-3*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.18	2.95	0.029
1000	4.37	3.63	0.035
1500	6.55	3.99	0.039
2000	8.74	4.28	0.042
2500	10.92	4.54	0.044
3000	13.11	4.82	0.047
3500	15.29	5.09	0.050
4000	17.48	5.39	0.053
4500	19.66	5.94	0.058
5000	21.84	6.38	0.062
5500	24.03	6.98	0.068
5840	25.51	7.85	0.077

**Gráfica 19** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 1%QC-3*.



**Tabla 50** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 1%QC-3*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.26 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.03078 mm
<b>Carga Inf.</b>	500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.029 mm
<b>Carga Sup.</b>	1000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.035 mm
<b>Carga Fluencia</b>	639.5 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	2.79 kg/cm <sup>2</sup>

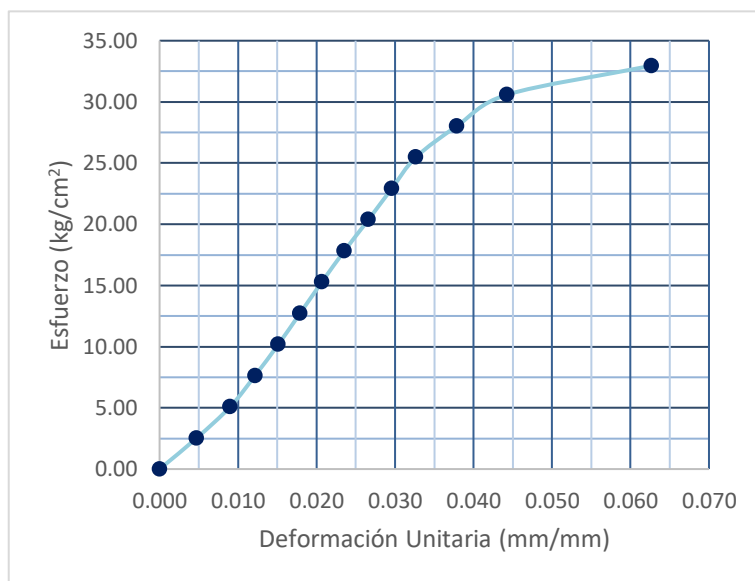
**Tabla 51** Datos generales: *Espécimen 1%QC-4*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1%QC-4</b>	<b>13.06</b>	<b>15.02</b>	<b>10.10</b>	<b>196.1612</b>	<b>6464</b>	<b>32.95</b>

**Tabla 52** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 1%QC-4*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.55	0.48	0.005
1000	5.10	0.91	0.009
1500	7.65	1.23	0.012
2000	10.20	1.53	0.015
2500	12.74	1.81	0.018
3000	15.29	2.09	0.021
3500	17.84	2.38	0.024
4000	20.39	2.69	0.027
4500	22.94	2.99	0.030
5000	25.49	3.3	0.033
5500	28.04	3.83	0.038
6000	30.59	4.47	0.044
6464	32.95	6.33	0.063

**Gráfica 20** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 1%QC-4*.



**Tabla 53** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 1%QC-4*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.1 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.0303 mm
<b>Carga Inf.</b>	4500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.03 mm
<b>Carga Sup.</b>	5000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.033 mm
<b>Carga Fluencia</b>	4556.11 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	23.23 kg/cm <sup>2</sup>

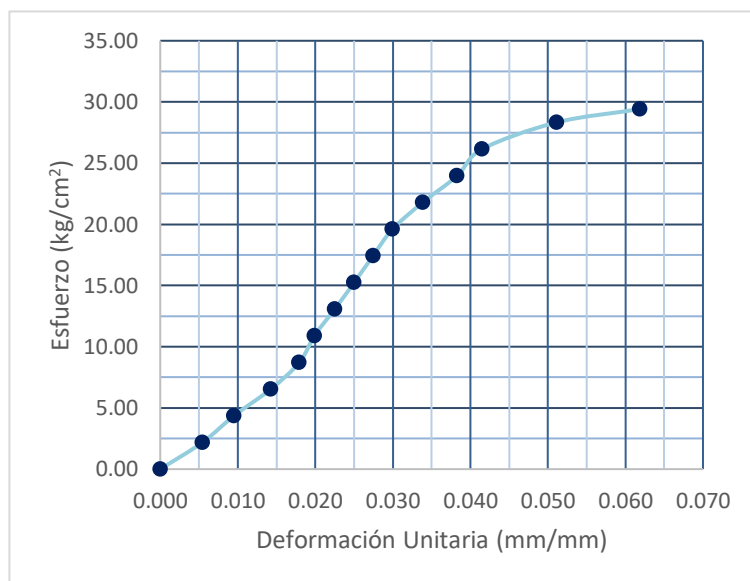
**Tabla 54** Datos generales: *Espécimen 1%QC-5*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1%QC-5</b>	<b>14.90</b>	<b>15.40</b>	<b>10.31</b>	<b>229.46</b>	<b>6750</b>	<b>29.42</b>

**Tabla 55** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 1%QC-5*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.18	0.56	0.005
1000	4.36	0.98	0.010
1500	6.54	1.47	0.014
2000	8.72	1.85	0.018
2500	10.90	2.05	0.020
3000	13.07	2.32	0.023
3500	15.25	2.58	0.025
4000	17.43	2.83	0.027
4500	19.61	3.09	0.030
5000	21.79	3.49	0.034
5500	23.97	3.95	0.038
6000	26.15	4.28	0.042
6500	28.33	5.27	0.051
6750	29.42	6.38	0.062

**Gráfica 21** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 1%QC-5*.



**Tabla 56** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 1%QC-5*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.31 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.03093 mm
<b>Carga Inf.</b>	4500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.03 mm
<b>Carga Sup.</b>	5000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.034 mm
<b>Carga Fluencia</b>	4620.76 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	20.14 kg/cm <sup>2</sup>

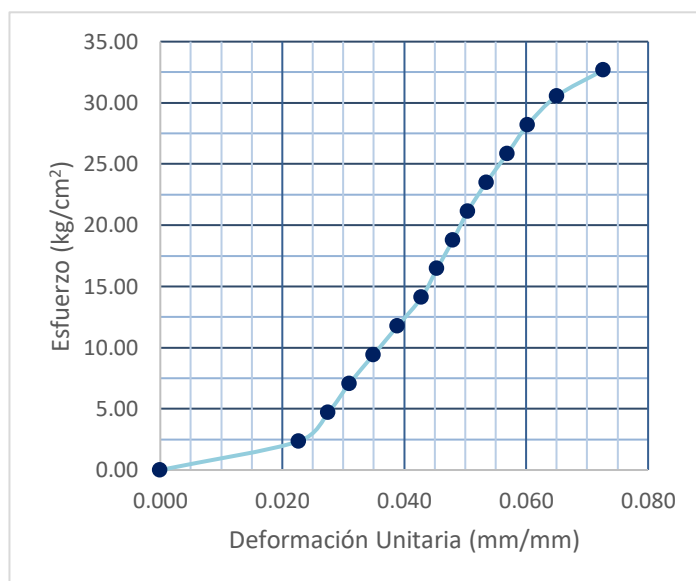
**Tabla 57** Datos generales: *Espécimen 1%QC-6*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1%QC-6</b>	<b>14.40</b>	<b>14.77</b>	<b>9.87</b>	<b>212.688</b>	<b>6949</b>	<b>32.67</b>

**Tabla 58** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 1%QC-6*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.35	2.24	0.023
1000	4.70	2.72	0.028
1500	7.05	3.06	0.031
2000	9.40	3.45	0.035
2500	11.75	3.84	0.039
3000	14.11	4.23	0.043
3500	16.46	4.48	0.045
4000	18.81	4.74	0.048
4500	21.16	4.98	0.050
5000	23.51	5.28	0.053
5500	25.86	5.62	0.057
6000	28.21	5.95	0.060
6500	30.56	6.42	0.065
6949	32.67	7.17	0.073

**Gráfica 22** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 1%QC-6*.



**Tabla 59** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 1%QC-6*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	9.87 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02961 mm
<b>Carga Inf.</b>	1000 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.028 mm
<b>Carga Sup.</b>	1500 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.031 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1268.06 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	5.96 kg/cm <sup>2</sup>

**Ensayo de compresión: muestras con 2% de incorporación de estearato de zinc**

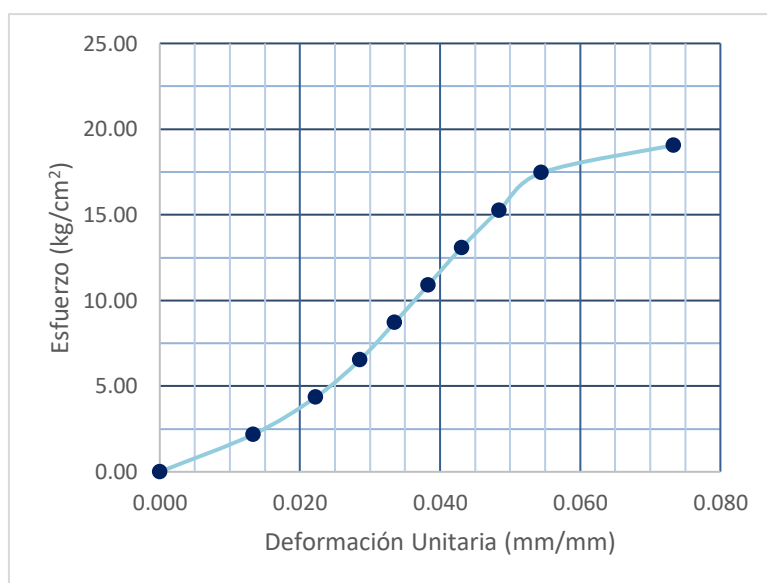
**Tabla 60** Datos generales: Espécimen 2%QC-1

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>2%QC-1</b>	15.28	15	10.28	229.2	4368	19.06

**Tabla 61** Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen 2%QC-1.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.18	1.37	0.013
1000	4.36	2.29	0.022
1500	6.54	2.94	0.029
2000	8.73	3.45	0.034
2500	10.91	3.94	0.038
3000	13.09	4.43	0.043
3500	15.27	4.98	0.048
4000	17.45	5.6	0.054
4368	19.06	7.54	0.073

**Gráfica 23** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen 2%QC-1.



**Tabla 62** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen 2%QC-1

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.28 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.03084 mm
<b>Carga Inf.</b>	1500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.029 mm
<b>Carga Sup.</b>	2000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.034 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1701.74 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	7.42 kg/cm <sup>2</sup>

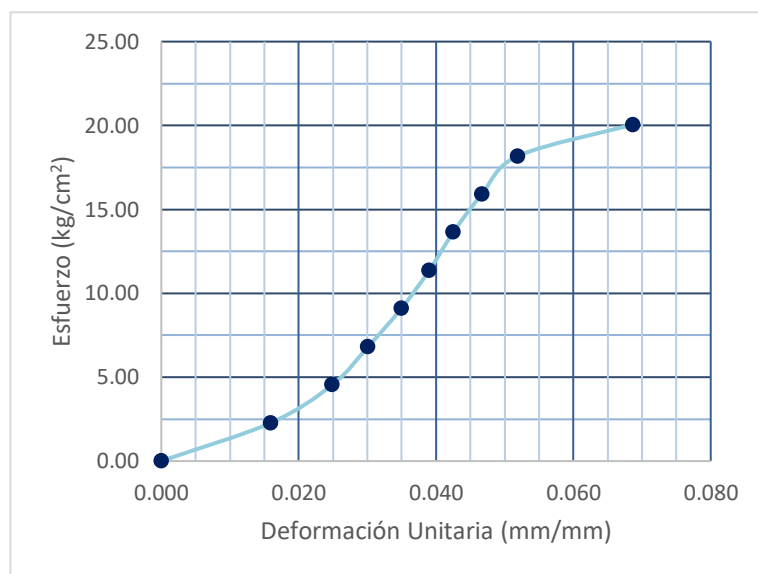
**Tabla 63** Datos generales: *Espécimen 2%QC-2*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>2%QC-2</b>	<b>14.60</b>	<b>15.07</b>	<b>10.56</b>	<b>220.022</b>	<b>4410</b>	<b>20.04</b>

**Tabla 64** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 2%QC-2*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.27	1.68	0.016
1000	4.55	2.63	0.025
1500	6.82	3.18	0.030
2000	9.09	3.69	0.035
2500	11.36	4.12	0.039
3000	13.64	4.49	0.043
3500	15.91	4.93	0.047
4000	18.18	5.48	0.052
4410	20.04	7.25	0.069

**Gráfica 24** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 2%QC-2*.



**Tabla 65** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 2%QC-2*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.56 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.03168 mm
<b>Carga Inf.</b>	1500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.03 mm
<b>Carga Sup.</b>	2000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.035 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1669.93 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	7.59 kg/cm <sup>2</sup>



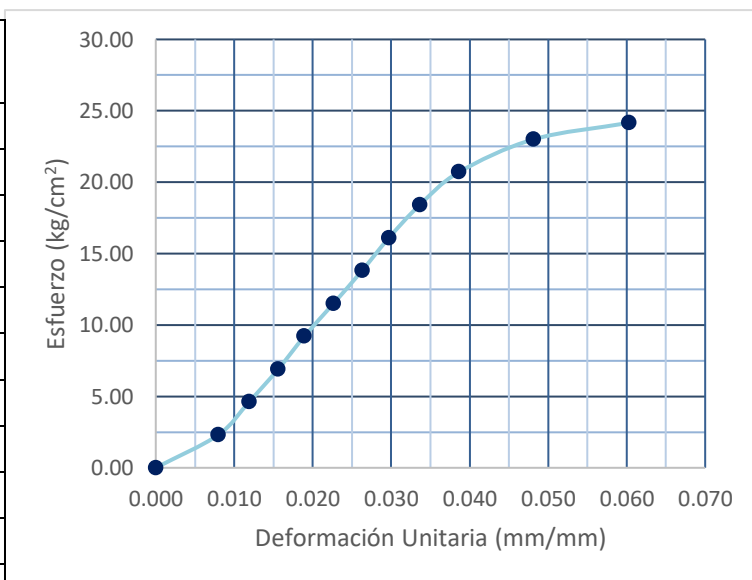
**Tabla 66** Datos generales: *Espécimen 2%QC-3*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>2%QC-3</b>	<b>15.20</b>	<b>14.30</b>	<b>10.20</b>	<b>217.36</b>	<b>5251</b>	<b>24.16</b>

**Tabla 67** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 2%QC-3*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.30	0.81	0.008
1000	4.60	1.21	0.012
1500	6.90	1.59	0.016
2000	9.20	1.93	0.019
2500	11.50	2.31	0.023
3000	13.80	2.68	0.026
3500	16.10	3.03	0.030
4000	18.40	3.43	0.034
4500	20.70	3.94	0.039
5000	23.00	4.91	0.048
5251	24.16	6.15	0.060

**Gráfica 25** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 2%QC-3*.



**Tabla 68** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 2%QC-3*

Limite Convencional de Fluencia	0.3%	Long. Grueso	10.2 cm
		Def. Fluencia	0.0306 mm
Carga Inf.	3500 kg	Deforma.Inf	0.03 mm
Carga Sup.	4000 kg	Deforma.Sup	0.034 mm
Carga Fluencia	3582.7 kg	$\sigma_y$	16.48 kg/cm <sup>2</sup>

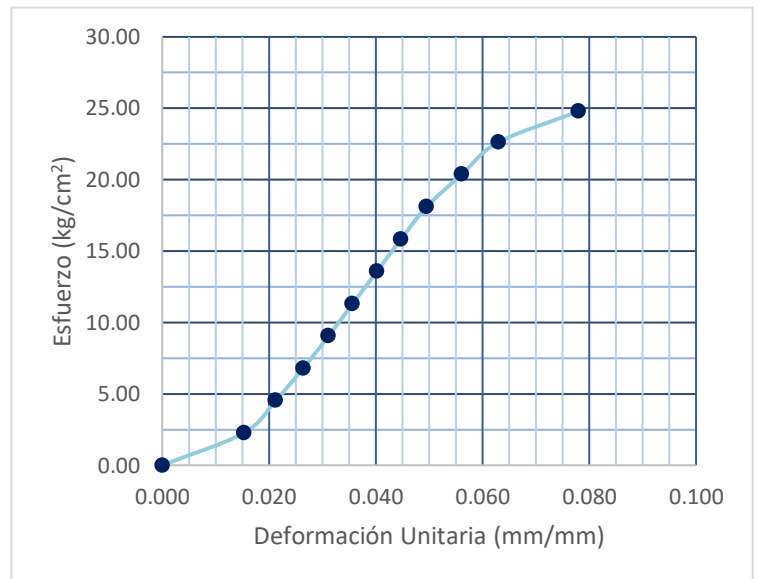
**Tabla 69** Datos generales: *Espécimen 2%QC-4*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>2%QC-4</b>	<b>14.47</b>	<b>15.27</b>	<b>10.46</b>	<b>220.9569</b>	<b>5475</b>	<b>24.78</b>

**Tabla 70** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 2%QC-4*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.26	1.6	0.015
1000	4.53	2.22	0.021
1500	6.79	2.76	0.026
2000	9.05	3.26	0.031
2500	11.31	3.73	0.036
3000	13.58	4.21	0.040
3500	15.84	4.68	0.045
4000	18.10	5.18	0.050
4500	20.37	5.87	0.056
5000	22.63	6.59	0.063
5475	24.78	8.16	0.078

**Gráfica 26** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 2%QC-4*.



**Tabla 71** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 2%QC-4*

Limite Convencional de Fluencia	0.3%	Long. Grueso	10.46 cm
		Def. Fluencia	0.03138 mm
Carga Inf.	2000 kg	Deforma.Inf	0.031 mm
Carga Sup.	2500 kg	Deforma.Sup	0.036 mm
Carga Fluencia	2040.78 kg	$\sigma_y$	9.24 kg/cm <sup>2</sup>

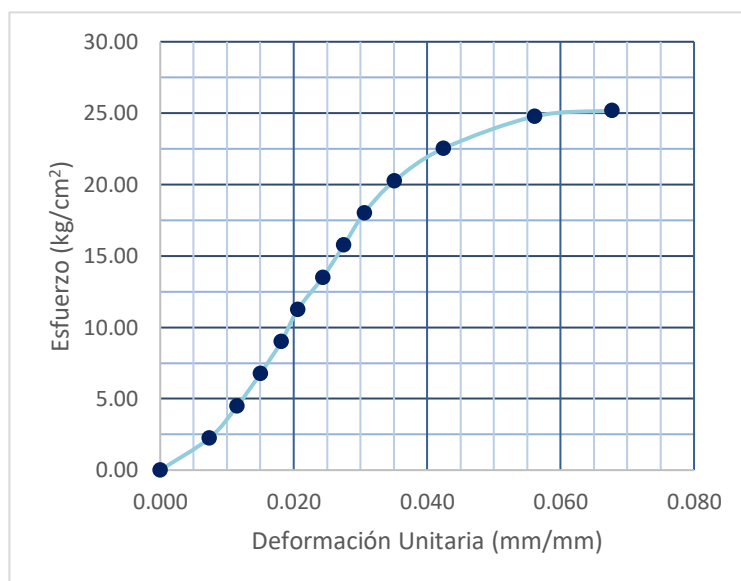
**Tabla 72** Datos generales: *Espécimen 2%QC-5*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>2%QC-5</b>	<b>15.10</b>	<b>14.70</b>	<b>10.13</b>	<b>221.97</b>	<b>5591</b>	<b>25.19</b>

**Tabla 73** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 2%QC-5*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.25	0.75	0.007
1000	4.51	1.17	0.012
1500	6.76	1.52	0.015
2000	9.01	1.84	0.018
2500	11.26	2.09	0.021
3000	13.52	2.47	0.024
3500	15.77	2.79	0.028
4000	18.02	3.1	0.031
4500	20.27	3.56	0.035
5000	22.53	4.3	0.042
5500	24.78	5.69	0.056
5591	25.19	6.86	0.068

**Gráfica 27** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 2%QC-5*.



**Tabla 74** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 2%QC-5*

Limite Convencional de Fluencia	0.3%	Long. Grueso	10.13 cm
		Def. Fluencia	0.03039 mm
Carga Inf.	3500 kg	Deforma.Inf	0.028 mm
Carga Sup.	4000 kg	Deforma.Sup	0.031 mm
Carga Fluencia	3959.23 kg	$\sigma_y$	17.84 kg/cm <sup>2</sup>

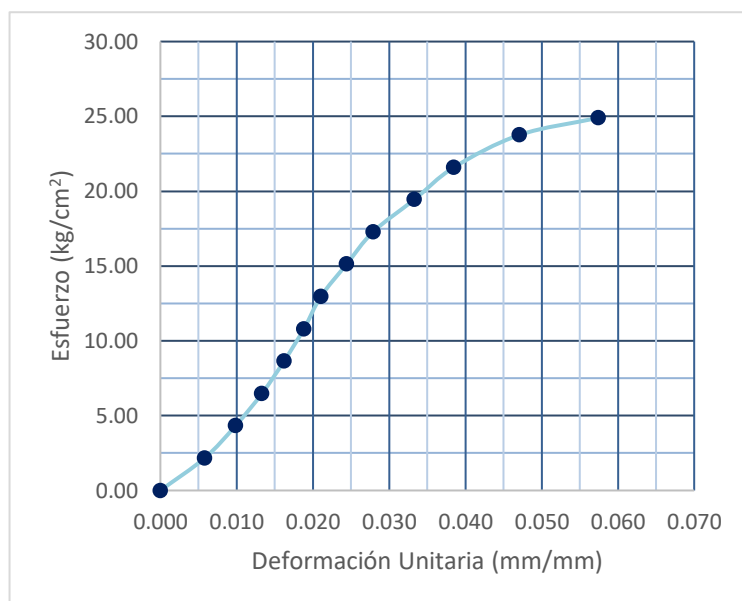
**Tabla 75** Datos generales: *Espécimen 2%QC-6*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>2%QC-6</b>	15.36	15.07	10.36	231.4752	5764	24.90

**Tabla 76** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 2%QC-6*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.16	0.6	0.006
1000	4.32	1.02	0.010
1500	6.48	1.38	0.013
2000	8.64	1.68	0.016
2500	10.80	1.95	0.019
3000	12.96	2.18	0.021
3500	15.12	2.53	0.024
4000	17.28	2.89	0.028
4500	19.44	3.45	0.033
5000	21.60	3.99	0.039
5500	23.76	4.88	0.047
5764	24.90	5.95	0.057

**Gráfica 28** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 2%QC-6*.



**Tabla 77** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 2%QC-6*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.36 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.03108 mm
<b>Carga Inf.</b>	4000 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.028 mm
<b>Carga Sup.</b>	4500 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.033 mm
<b>Carga Fluencia</b>	4290.5 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	18.54 kg/cm <sup>2</sup>

**Ensayo de compresión: muestras con 3% de incorporación de estearato de zinc**

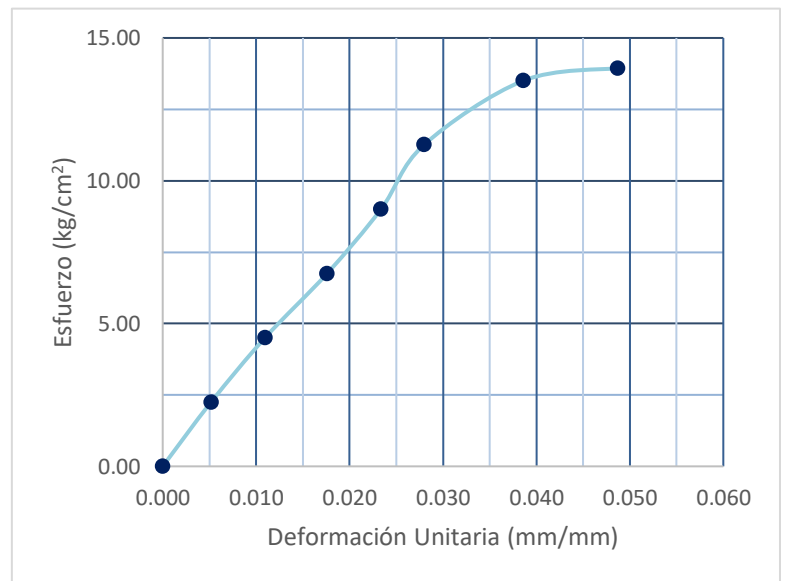
**Tabla 78** Datos generales: *Espécimen 3%QC-1*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>3%QC-1</b>	<b>15.10</b>	<b>14.71</b>	<b>10.23</b>	<b>222.12</b>	<b>3097</b>	<b>13.94</b>

**Tabla 79** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 3%QC-1*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.25	0.53	0.005
1000	4.50	1.12	0.011
1500	6.75	1.8	0.018
2000	9.00	2.39	0.023
2500	11.26	2.86	0.028
3000	13.51	3.95	0.039
3097	13.94	4.98	0.049

**Gráfica 29** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 3%QC-1*.



**Tabla 80** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 3%QC-1*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.23 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.03069 mm
<b>Carga Inf.</b>	2500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.028 mm
<b>Carga Sup.</b>	3000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.039 mm
<b>Carga Fluencia</b>	2626.74 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	11.83 kg/cm <sup>2</sup>

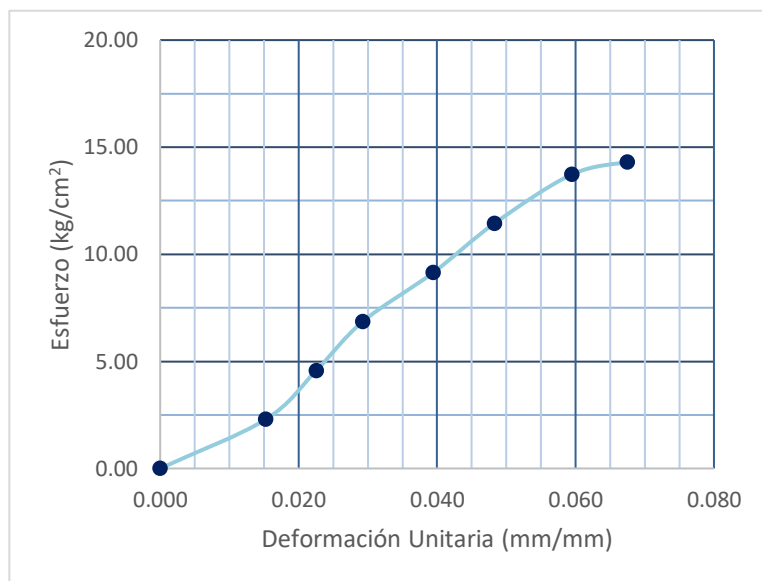
**Tabla 81** Datos generales: *Espécimen 3%QC-2*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>3%QC-2</b>	<b>14.37</b>	<b>15.21</b>	<b>10.11</b>	<b>218.57</b>	<b>3126</b>	<b>14.30</b>

**Tabla 82** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 3%QC-2*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.29	1.54	0.015
1000	4.58	2.28	0.023
1500	6.86	2.96	0.029
2000	9.15	3.99	0.039
2500	11.44	4.88	0.048
3000	13.73	6.01	0.059
3126	14.30	6.82	0.067

**Gráfica 30** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 3%QC-2*.



**Tabla 83** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 3%QC-2*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.11 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.03033 mm
<b>Carga Inf.</b>	1500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.029 mm
<b>Carga Sup.</b>	2000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.039 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1563.54 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	7.15 kg/cm <sup>2</sup>

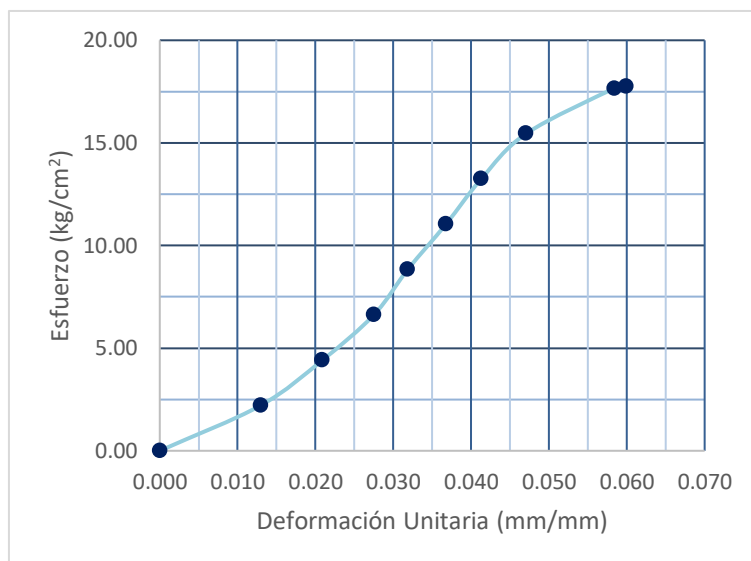
**Tabla 84** Datos generales: *Espécimen 3%QC-3*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>3%QC-3</b>	<b>15.20</b>	<b>14.90</b>	<b>10.58</b>	<b>226.48</b>	<b>4023</b>	<b>17.76</b>

**Tabla 85** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 3%QC-3*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.21	1.37	0.013
1000	4.42	2.21	0.021
1500	6.62	2.91	0.028
2000	8.83	3.37	0.032
2500	11.04	3.89	0.037
3000	13.25	4.37	0.041
3500	15.45	4.98	0.047
4000	17.66	6.18	0.058
4023	17.76	6.34	0.060

**Gráfica 31** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 3%QC-3*.



**Tabla 86** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 3%QC-3*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.58 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.03174 mm
<b>Carga Inf.</b>	1500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.028 mm
<b>Carga Sup.</b>	2000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.032 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1985.39 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	8.77 kg/cm <sup>2</sup>

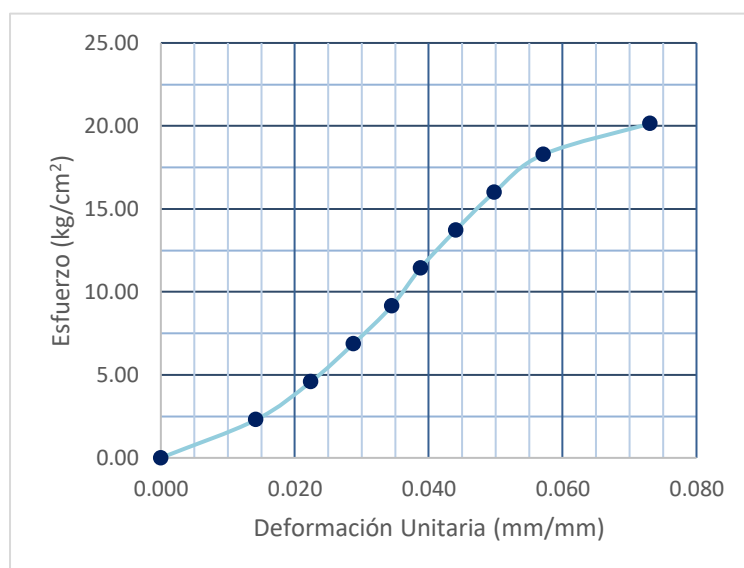
**Tabla 87** Datos generales: *Espécimen 3%QC-4*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>3%QC-4</b>	14.42	15.17	10.24	218.75	4404	20.13

**Tabla 88** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 3%QC-4*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.29	1.45	0.014
1000	4.57	2.29	0.022
1500	6.86	2.94	0.029
2000	9.14	3.53	0.034
2500	11.43	3.97	0.039
3000	13.71	4.51	0.044
3500	16.00	5.1	0.050
4000	18.29	5.85	0.057
4404	20.13	7.48	0.073

**Gráfica 32** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 3%QC-4*.



**Tabla 89** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 3%QC-4*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.24 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.03072 mm
<b>Carga Inf.</b>	1500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.029 mm
<b>Carga Sup.</b>	2000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.034 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1657.14 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	7.58 kg/cm <sup>2</sup>



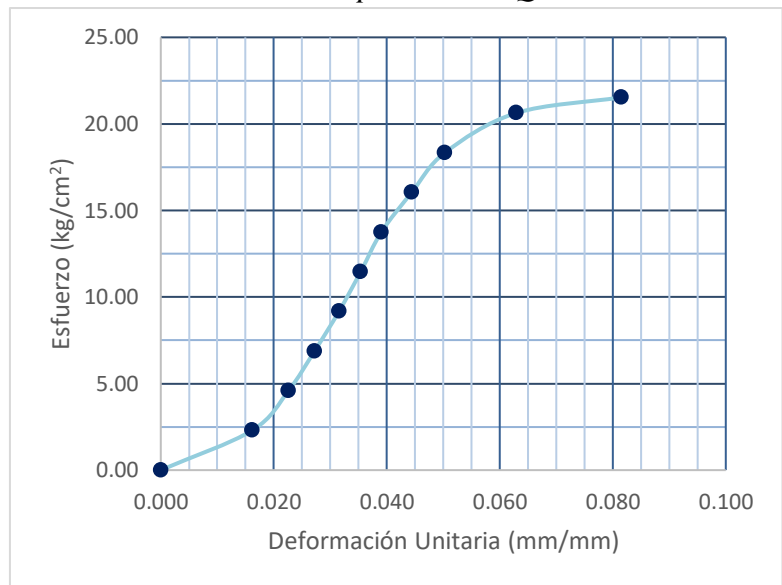
**Tabla 90** Datos generales: *Espécimen 3%QC-5*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>3%QC-5</b>	<b>14.40</b>	<b>15.15</b>	<b>10.40</b>	<b>218.16</b>	<b>4698</b>	<b>21.53</b>

**Tabla 91** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 3%QC-5*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.29	1.68	0.016
1000	4.58	2.35	0.023
1500	6.88	2.83	0.027
2000	9.17	3.28	0.032
2500	11.46	3.68	0.035
3000	13.75	4.06	0.039
3500	16.04	4.62	0.044
4000	18.34	5.23	0.050
4500	20.63	6.54	0.063
4698	21.53	8.48	0.082

**Gráfica 33** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 3%QC-5*.



**Tabla 92** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 3%QC-5*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.4 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.0312 mm
<b>Carga Inf.</b>	1500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.027 mm
<b>Carga Sup.</b>	2000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.032 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1962.71 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	9 kg/cm <sup>2</sup>

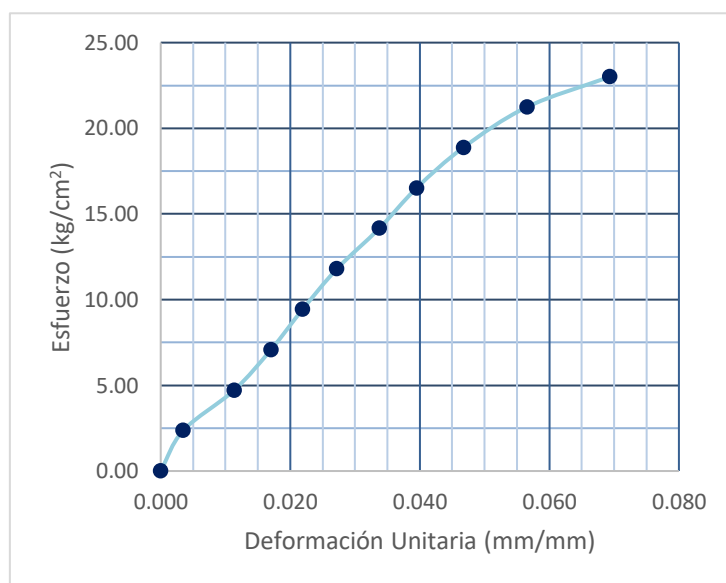
**Tabla 93** Datos generales: *Espécimen 3%QC-6*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>3%QC-6</b>	14.03	15.10	10.40	211.853	4874	23.01

**Tabla 94** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 3%QC-6*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
500	2.36	0.36	0.003
1000	4.72	1.18	0.011
1500	7.08	1.77	0.017
2000	9.44	2.28	0.022
2500	11.80	2.83	0.027
3000	14.16	3.51	0.034
3500	16.52	4.11	0.040
4000	18.88	4.86	0.047
4500	21.24	5.88	0.057
4874	23.01	7.21	0.069

**Gráfica 34** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 3%QC-6*.



**Tabla 95** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 3%QC-6*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.3%	<b>Long. Grueso</b>	10.4 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.0312 mm
<b>Carga Inf.</b>	2500 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.027 mm
<b>Carga Sup.</b>	3000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.034 mm
<b>Carga Fluencia</b>	2811.11 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	13.27 kg/cm <sup>2</sup>

### Anexo 3: Ensayo de rotura: Ensayos de tracción por flexión

#### Ensayos de tracción por flexión

#### Ensayo de tracción por flexión: muestras patrón

Tabla 96 Datos generales: Espécimen PT-1

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PT-1</b>	<b>15.00</b>	<b>29.06</b>	<b>9.90</b>	<b>17.70</b>	<b>1114</b>	<b>20.12</b>

Tabla 97 Carga, esfuerzo y deformación: Espécimen PT-1.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.81	0.49	0.005
200	3.61	0.82	0.008
300	5.42	1.02	0.010
400	7.22	1.21	0.012
500	9.03	1.34	0.014
600	10.84	1.55	0.016
700	12.64	1.72	0.017
800	14.45	1.9	0.019
900	16.25	2.1	0.021
1000	18.06	2.27	0.023
1100	19.87	2.45	0.025
1114	20.12	2.79	0.028

Gráfica 35 Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del Espécimen PT-1.

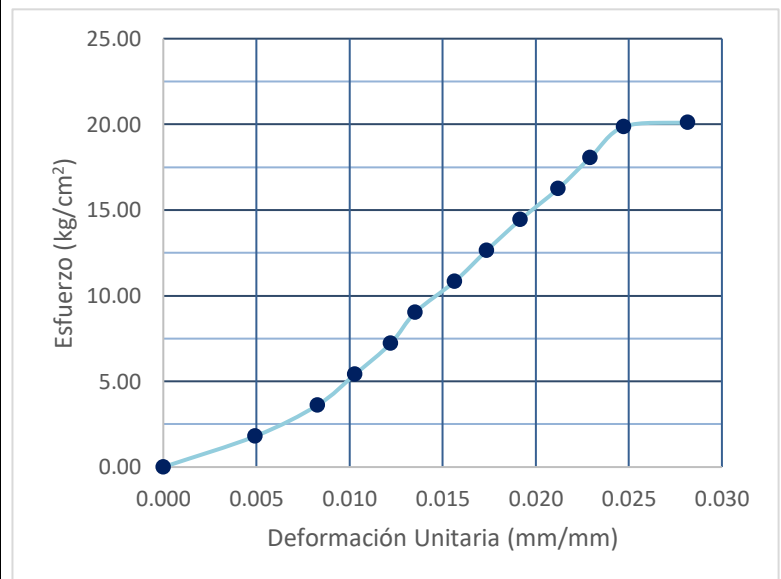


Tabla 98 Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: Espécimen PT-1

Limite Convencional de Fluencia	0.2%	Long. Grueso	9.9 cm
		Def. Fluencia	0.0198 mm
Carga Inf.	800 kg	Deforma.Inf	0.0192 mm
Carga Sup.	900 kg	Deforma.Sup	0.021 mm
Carga Fluencia	829.82 kg	$\sigma_y$	14.99 kg/cm <sup>2</sup>

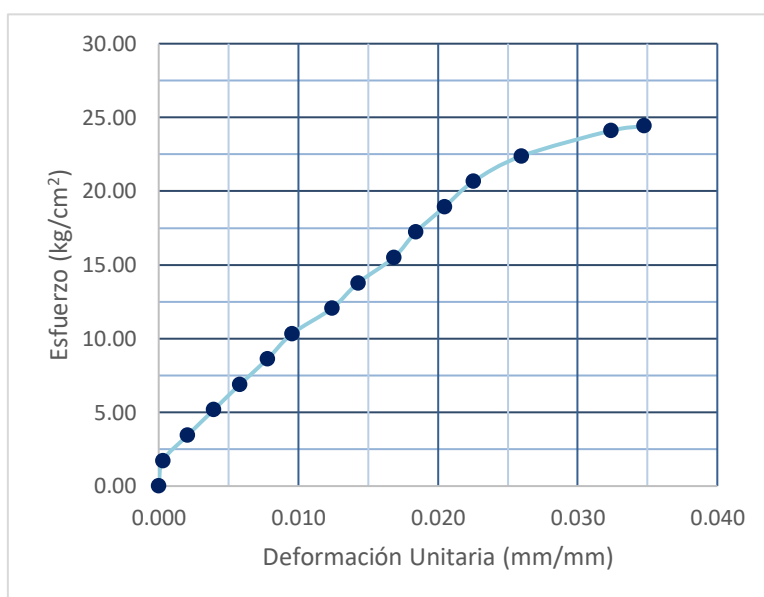
**Tabla 99** Datos generales: *Espécimen PT-2*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PT-2</b>	<b>14.94</b>	<b>28.98</b>	<b>10.16</b>	<b>17.70</b>	<b>1418</b>	<b>24.41</b>

**Tabla 100** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen PT-2*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.72	0.03	0.000
200	3.44	0.21	0.002
300	5.16	0.4	0.004
400	6.89	0.59	0.006
500	8.61	0.79	0.008
600	10.33	0.97	0.010
700	12.05	1.26	0.012
800	13.77	1.45	0.014
900	15.49	1.71	0.017
1000	17.22	1.87	0.018
1100	18.94	2.08	0.020
1200	20.66	2.29	0.023
1300	22.38	2.64	0.026
1400	24.10	3.29	0.032
1418	24.41	3.53	0.035

**Gráfica 36** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen PT-2*.



**Tabla 101** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen PT-2*

Limite Convencional de Fluencia	0.2%	Long. Grueso	10.16 cm
		Def. Fluencia	0.02032 mm
Carga Inf.	1000 kg	Deforma.Inf	0.0184 mm
Carga Sup.	1100 kg	Deforma.Sup	0.0205 mm
Carga Fluencia	1092.64 kg	$\sigma_y$	18.81 kg/cm <sup>2</sup>

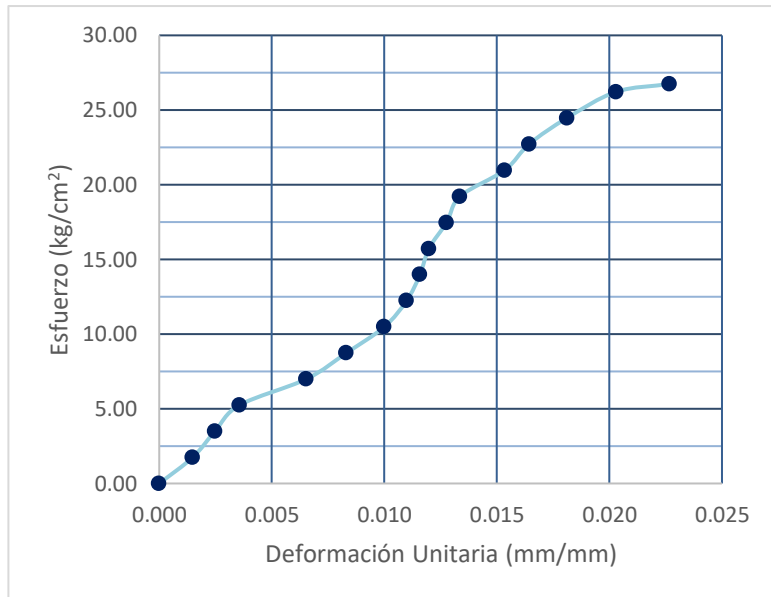
**Tabla 102** Datos generales: *Espécimen PT-3*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PT-3</b>	<b>14.89</b>	<b>28.94</b>	<b>10.10</b>	<b>17.70</b>	<b>1530</b>	<b>26.74</b>

**Tabla 103** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen PT-3*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.75	0.15	0.001
200	3.50	0.25	0.002
300	5.24	0.36	0.004
400	6.99	0.66	0.007
500	8.74	0.84	0.008
600	10.49	1.01	0.010
700	12.24	1.11	0.011
800	13.98	1.17	0.012
900	15.73	1.21	0.012
1000	17.48	1.29	0.013
1100	19.23	1.35	0.013
1200	20.98	1.55	0.015
1300	22.72	1.66	0.016
1400	24.47	1.83	0.018
1500	26.22	2.05	0.020
1530	26.74	2.29	0.023

**Gráfica 37** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen PT-3*.



**Tabla 104** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen PT-3*

Limite Convencional de Fluencia	0.2%	Long. Grueso	10.1 cm
		Def. Fluencia	0.0202 mm
Carga Inf.	1400 kg	Deforma.Inf	0.0181 mm
Carga Sup.	1500 kg	Deforma.Sup	0.0203 mm
Carga Fluencia	1495.58 kg	$\sigma_y$	26.14 kg/cm <sup>2</sup>

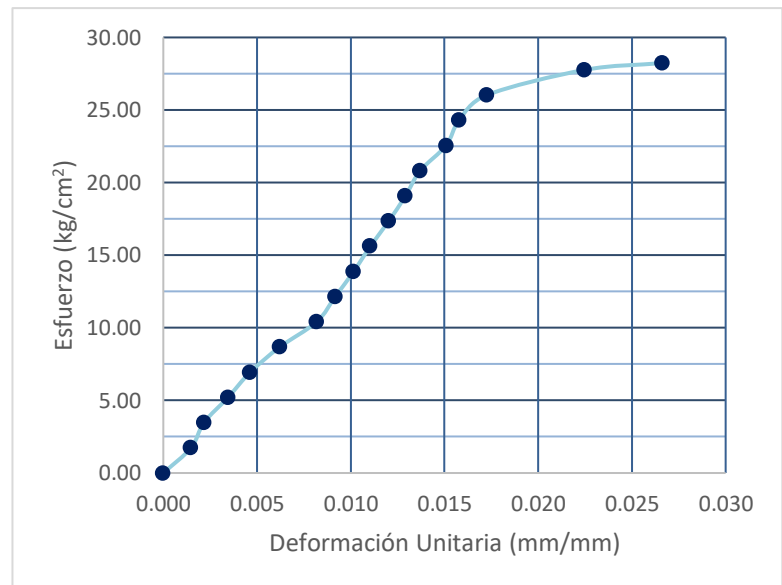
**Tabla 105** Datos generales: *Espécimen PT-4*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PT-4</b>	<b>14.88</b>	<b>29.00</b>	<b>10.14</b>	<b>17.70</b>	<b>1627.00</b>	<b>28.23</b>

**Tabla 106** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen PT-4*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.74	0.15	0.001
200	3.47	0.22	0.002
300	5.21	0.35	0.003
400	6.94	0.47	0.005
500	8.68	0.63	0.006
600	10.41	0.83	0.008
700	12.15	0.93	0.009
800	13.88	1.03	0.010
900	15.62	1.12	0.011
1000	17.35	1.22	0.012
1100	19.09	1.31	0.013
1200	20.82	1.39	0.014
1300	22.56	1.53	0.015
1400	24.29	1.6	0.016
1500	26.03	1.75	0.017
1600	27.77	2.28	0.022
1627	28.23	2.7	0.027

**Gráfica 38** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen PT-4*.



**Tabla 107** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen PT-4*

Limite Convencional de Fluencia	0.2%	Long. Grueso	10.14 cm
		Def. Fluencia	0.02028 mm
Carga Inf.	1500 kg	Deforma.Inf	0.0173 mm
Carga Sup.	1600 kg	Deforma.Sup	0.0225 mm
Carga Fluencia	1557.47 kg	$\sigma_y$	27.03 kg/cm <sup>2</sup>

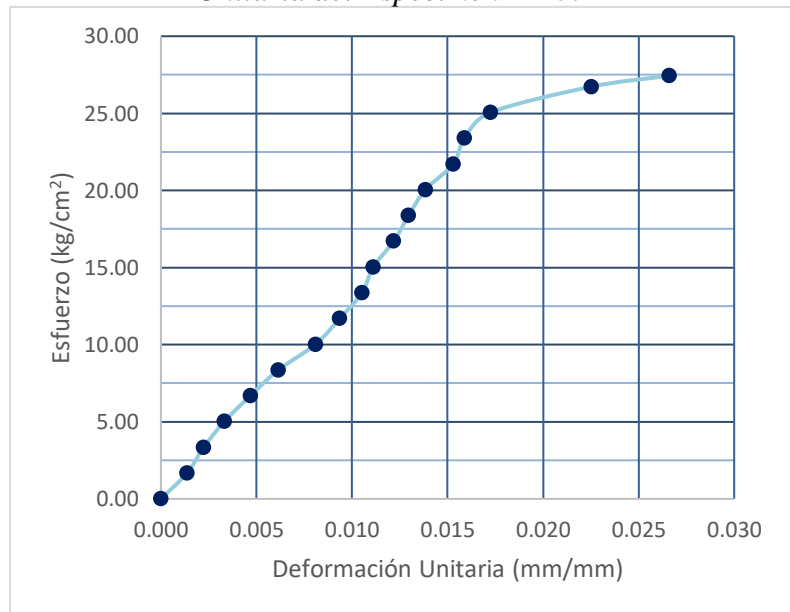
**Tabla 108** Datos generales: *Espécimen PT-5*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PT-5</b>	<b>15.10</b>	<b>29.10</b>	<b>10.26</b>	<b>17.70</b>	<b>1643</b>	<b>27.44</b>

**Tabla 109** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen PT-5*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.67	0.14	0.001
200	3.34	0.23	0.002
300	5.01	0.34	0.003
400	6.68	0.48	0.005
500	8.35	0.63	0.006
600	10.02	0.83	0.008
700	11.69	0.96	0.009
800	13.36	1.08	0.011
900	15.03	1.14	0.011
1000	16.70	1.25	0.012
1100	18.37	1.33	0.013
1200	20.04	1.42	0.014
1300	21.71	1.57	0.015
1400	23.38	1.63	0.016
1500	25.05	1.77	0.017
1600	26.72	2.31	0.023
1643	27.44	2.73	0.027

**Gráfica 39** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen PT-5*.



**Tabla 110** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen PT-5*

Limite Convencional de Fluencia	0.2%	Long. Grueso	10.26 cm
		Def. Fluencia	0.02052 mm
Carga Inf.	1500 kg	Deforma.Inf	0.0173 mm
Carga Sup.	1600 kg	Deforma.Sup	0.0225 mm
Carga Fluencia	1561.75 kg	$\sigma_y$	26.09 kg/cm <sup>2</sup>

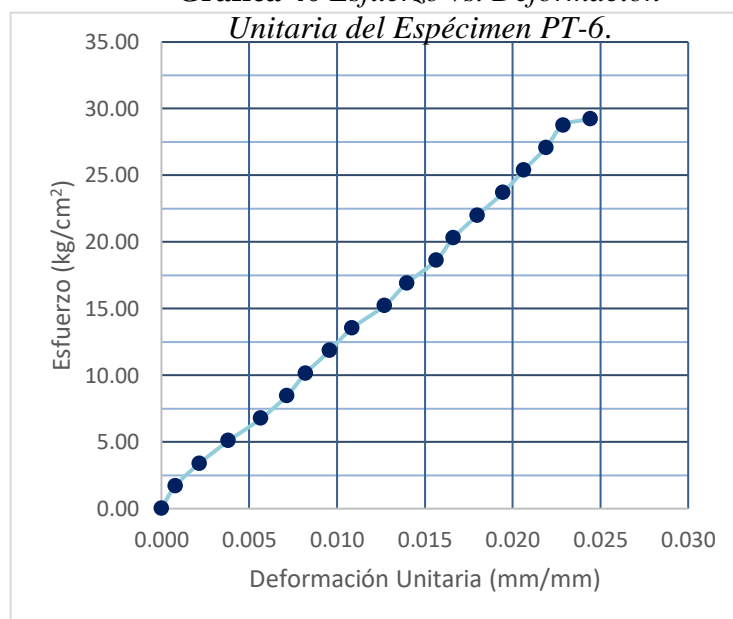
**Tabla 111** Datos generales: *Espécimen PT-6*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>PT-6</b>	<b>15.00</b>	<b>28.90</b>	<b>10.23</b>	<b>17.70</b>	<b>1728</b>	<b>29.23</b>

**Tabla 112** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen PT-6*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0.00	0.000
100	1.69	0.08	0.001
200	3.38	0.22	0.002
300	5.07	0.39	0.004
400	6.77	0.58	0.006
500	8.46	0.73	0.007
600	10.15	0.84	0.008
700	11.84	0.98	0.010
800	13.53	1.11	0.011
900	15.22	1.30	0.013
1000	16.91	1.43	0.014
1100	18.60	1.6	0.016
1200	20.30	1.7	0.017
1300	21.99	1.84	0.018
1400	23.68	1.99	0.019
1500	25.37	2.11	0.021
1600	27.06	2.24	0.022
1700	28.75	2.34	0.023
1728	29.23	2.5	0.024

**Gráfica 40** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen PT-6*.



**Tabla 113** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen PT-6*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.2%	<b>Long. Grueso</b>	10.23 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02046 mm
<b>Carga Inf.</b>	1400 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.0195 mm
<b>Carga Sup.</b>	1500 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.0206 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1485.29 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	25.12 kg/cm <sup>2</sup>



**Ensayo de tracción por flexión: muestras con 1% de incorporación de estearato de zinc**

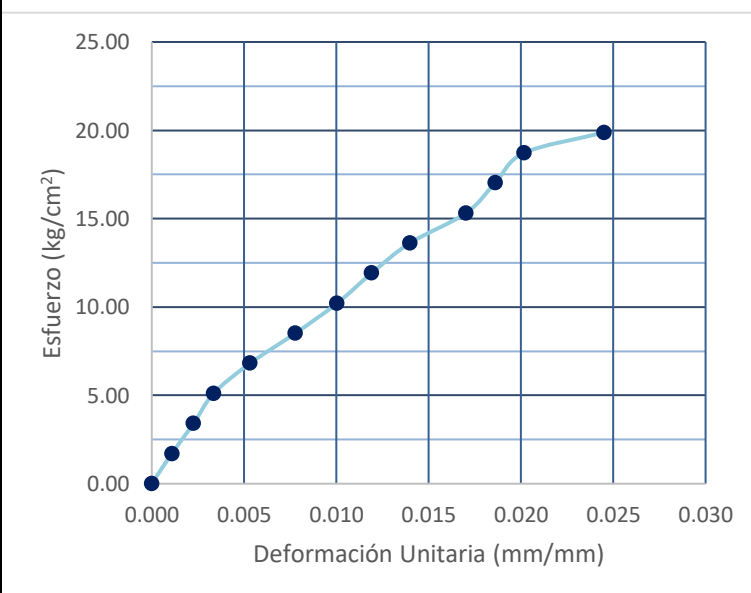
**Tabla 114** Datos generales: *Espécimen 1%QT-1*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1%QT-1</b>	<b>15.11</b>	<b>29.30</b>	<b>10.16</b>	<b>17.70</b>	<b>1168</b>	<b>19.88</b>

**Tabla 115** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 1%QT-1*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.70	0.11	0.001
200	3.40	0.23	0.002
300	5.11	0.34	0.003
400	6.81	0.54	0.005
500	8.51	0.79	0.008
600	10.21	1.02	0.010
700	11.92	1.21	0.012
800	13.62	1.42	0.014
900	15.32	1.73	0.017
1000	17.02	1.89	0.019
1100	18.72	2.05	0.020
1168	19.88	2.49	0.025

**Gráfica 41** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 1%QT-1*.



**Tabla 116** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 1%QT-1*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.2%	<b>Long. Grueso</b>	10.16 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02032 mm
<b>Carga Inf.</b>	1100 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.0202 mm
<b>Carga Sup.</b>	1168 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.0245 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1101.89 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	18.76 kg/cm <sup>2</sup>

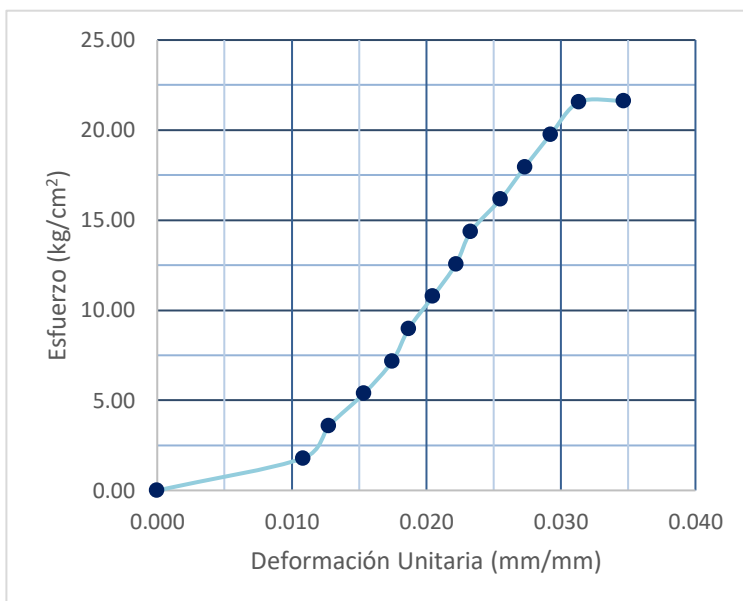
**Tabla 117** Datos generales: *Espécimen 1%QT-2*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1%QT-2</b>	<b>14.93</b>	<b>29.24</b>	<b>9.95</b>	<b>17.70</b>	<b>1204</b>	<b>21.63</b>

**Tabla 118** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 1%QT-2*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.80	1.08	0.011
200	3.59	1.27	0.013
300	5.39	1.53	0.015
400	7.18	1.74	0.017
500	8.98	1.86	0.019
600	10.78	2.04	0.021
700	12.57	2.21	0.022
800	14.37	2.32	0.023
900	16.17	2.54	0.026
1000	17.96	2.72	0.027
1100	19.76	2.91	0.029
1200	21.55	3.12	0.031
1204	21.63	3.45	0.035

**Gráfica 42** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 1%QT-2*.



**Tabla 119** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 1%QT-2*

Limite Convencional de Fluencia	0.2%	Long. Grueso	9.95 cm
		Def. Fluencia	0.0199 mm
Carga Inf.	500 kg	Deforma.Inf	0.0187 mm
Carga Sup.	600 kg	Deforma.Sup	0.0205 mm
Carga Fluencia	566.57 kg	$\sigma_y$	10.18 kg/cm <sup>2</sup>

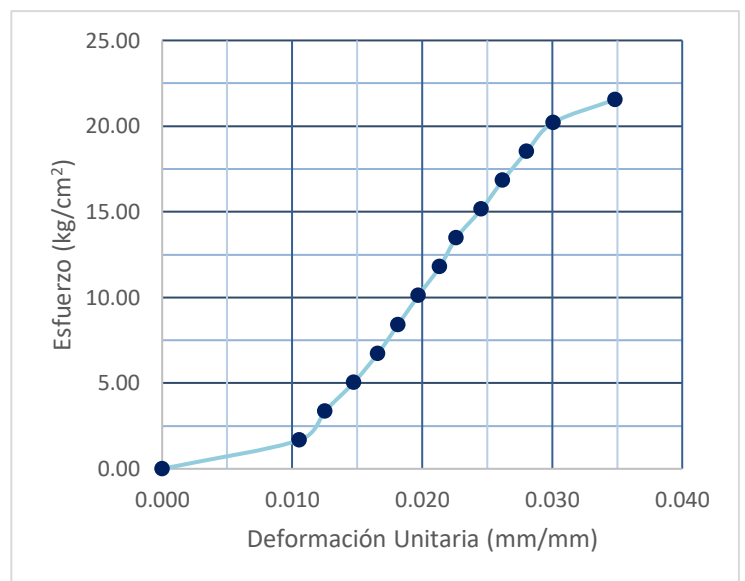
**Tabla 120** Datos generales: *Espécimen 1%QT-3*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1%QT-3</b>	<b>14.86</b>	<b>28.82</b>	<b>10.30</b>	<b>17.70</b>	<b>1280</b>	<b>21.56</b>

**Tabla 121** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 1%QT-3*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.68	1.09	0.011
200	3.37	1.29	0.013
300	5.05	1.52	0.015
400	6.74	1.71	0.017
500	8.42	1.87	0.018
600	10.10	2.03	0.020
700	11.79	2.2	0.021
800	13.47	2.33	0.023
900	15.16	2.53	0.025
1000	16.84	2.7	0.026
1100	18.53	2.89	0.028
1200	20.21	3.1	0.030
1280	21.56	3.59	0.035

**Gráfica 43** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 1%QT-3*.



**Tabla 122** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 1%QT-3*

Limite Convencional de Fluencia	0.2%	Long. Grueso	10.3 cm
		Def. Fluencia	0.0206 mm
Carga Inf.	600 kg	Deforma.Inf	0.0197 mm
Carga Sup.	700 kg	Deforma.Sup	0.0214 mm
Carga Fluencia	654.24 kg	$\sigma_y$	11.02 kg/cm <sup>2</sup>

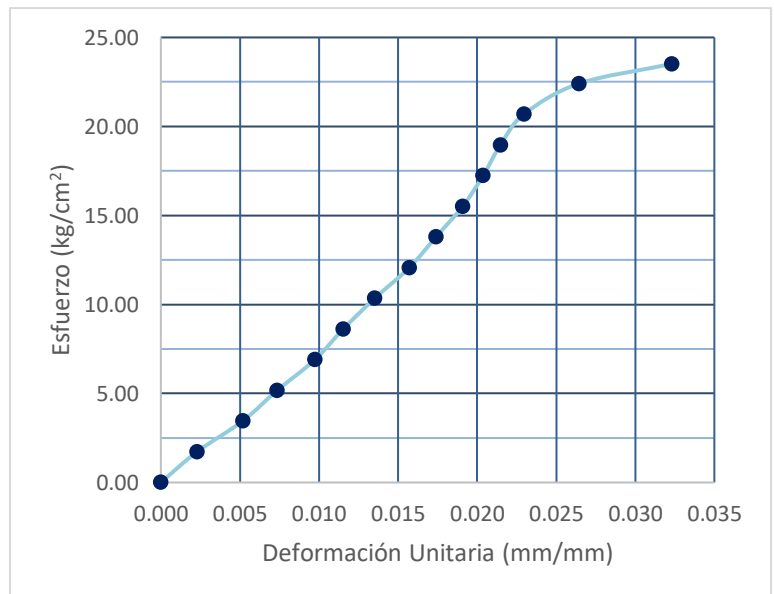
**Tabla 123** Datos generales: *Espécimen 1%QT-4*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1%QT-4</b>	15.22	29.36	10.06	17.70	1364	23.51

**Tabla 124** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 1%QT-4*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.72	0.23	0.002
200	3.45	0.52	0.005
300	5.17	0.74	0.007
400	6.89	0.98	0.010
500	8.62	1.16	0.012
600	10.34	1.36	0.014
700	12.07	1.58	0.016
800	13.79	1.75	0.017
900	15.51	1.92	0.019
1000	17.24	2.05	0.020
1100	18.96	2.16	0.021
1200	20.68	2.31	0.023
1300	22.41	2.66	0.026
1364	23.51	3.25	0.032

**Gráfica 44** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 1%QT-4*.



**Tabla 125** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 1%QT-4*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.2%	<b>Long. Grueso</b>	10.06 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02012 mm
<b>Carga Inf.</b>	900 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.0191 mm
<b>Carga Sup.</b>	1000 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.0204 mm
<b>Carga Fluencia</b>	979.83 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	16.89 kg/cm <sup>2</sup>

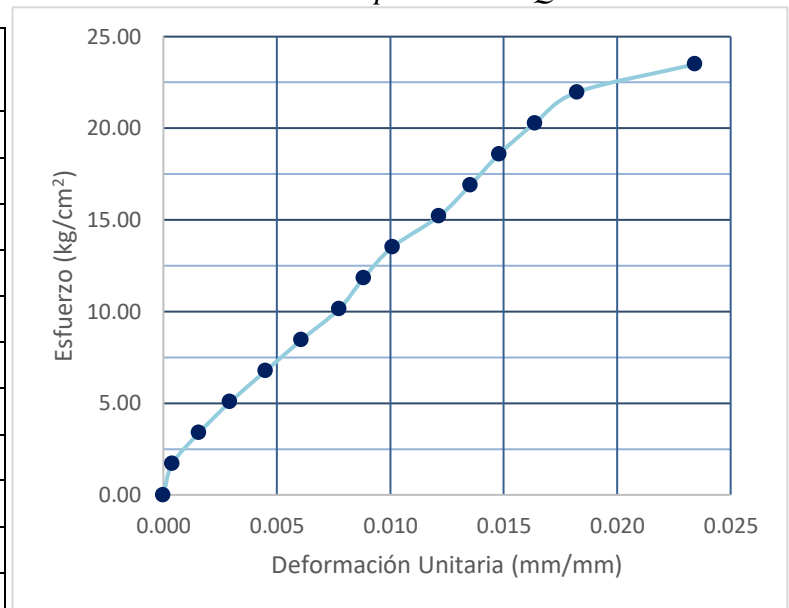
**Tabla 126** Datos generales: *Espécimen 1%QT-5*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1%QT-5</b>	<b>15.10</b>	<b>29.26</b>	<b>10.20</b>	<b>17.70</b>	<b>1390</b>	<b>23.49</b>

**Tabla 127** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 1%QT-5*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.69	0.04	0.000
200	3.38	0.16	0.002
300	5.07	0.3	0.003
400	6.76	0.46	0.005
500	8.45	0.62	0.006
600	10.14	0.79	0.008
700	11.83	0.9	0.009
800	13.52	1.03	0.010
900	15.21	1.24	0.012
1000	16.90	1.38	0.014
1100	18.59	1.51	0.015
1200	20.28	1.67	0.016
1300	21.97	1.86	0.018
1390	23.49	2.39	0.023

**Gráfica 45** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 1%QT-5*.



**Tabla 128** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 1%QT-5*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.2%	<b>Long. Grueso</b>	10.2 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.0204 mm
<b>Carga Inf.</b>	1300 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.0182 mm
<b>Carga Sup.</b>	1390 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.0234 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1337.85 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	22.61 kg/cm <sup>2</sup>

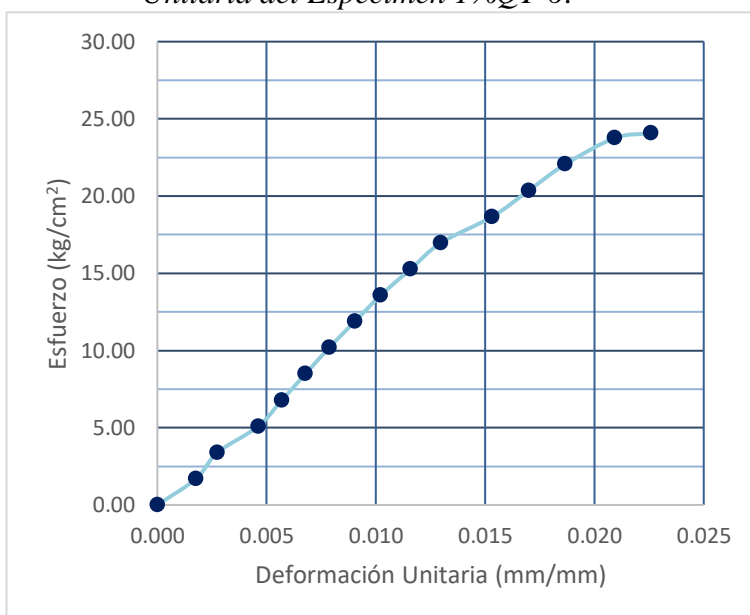
**Tabla 129** Datos generales: *Espécimen 1%QT-6*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>1%QT-6</b>	<b>15.10</b>	<b>29.14</b>	<b>10.18</b>	<b>17.70</b>	<b>1419</b>	<b>24.08</b>

**Tabla 130** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 1%QT-6*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.70	0.18	0.002
200	3.39	0.28	0.003
300	5.09	0.47	0.005
400	6.79	0.58	0.006
500	8.48	0.69	0.007
600	10.18	0.8	0.008
700	11.88	0.92	0.009
800	13.57	1.04	0.010
900	15.27	1.18	0.012
1000	16.97	1.32	0.013
1100	18.66	1.56	0.015
1200	20.36	1.73	0.017
1300	22.06	1.9	0.019
1400	23.75	2.13	0.021
1419	24.08	2.3	0.023

**Gráfica 46** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 1%QT-6*.



**Tabla 131** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 1%QT-6*

Limite Convencional de Fluencia	0.2%	Long. Grueso	10.18 cm
		Def. Fluencia	0.02036 mm
Carga Inf.	1300 kg	Deforma.Inf	0.0187 mm
Carga Sup.	1400 kg	Deforma.Sup	0.0209 mm
Carga Fluencia	1374.66 kg	$\sigma_y$	23.32 kg/cm <sup>2</sup>

**Ensayo de tracción por flexión: muestras con 2% de incorporación de estearato de zinc**

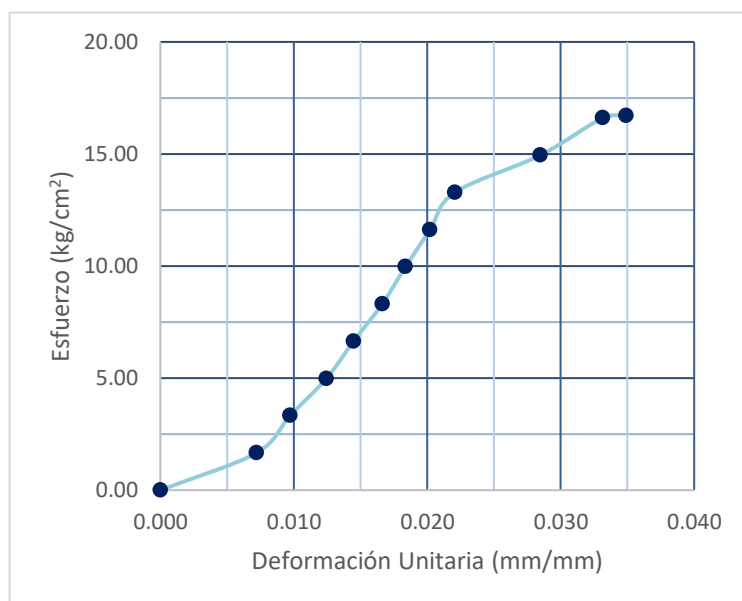
**Tabla 132** Datos generales: *Espécimen 2%QT-1*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>2%QT-1</b>	<b>15.10</b>	<b>29.36</b>	<b>10.29</b>	<b>17.70</b>	<b>1006</b>	<b>16.71</b>

**Tabla 133** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 2%QT-1*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.66	0.74	0.007
200	3.32	1	0.010
300	4.98	1.28	0.012
400	6.64	1.49	0.014
500	8.30	1.71	0.017
600	9.96	1.89	0.018
700	11.62	2.08	0.020
800	13.28	2.27	0.022
900	14.95	2.93	0.028
1000	16.61	3.41	0.033
1006	16.71	3.59	0.035

**Gráfica 47** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 2%QT-1*.



**Tabla 134** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 2%QT-1*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.2%	<b>Long. Grueso</b>	10.29 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02058 mm
<b>Carga Inf.</b>	700 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.0202 mm
<b>Carga Sup.</b>	800 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.0221 mm
<b>Carga Fluencia</b>	720.43 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	11.96 kg/cm <sup>2</sup>

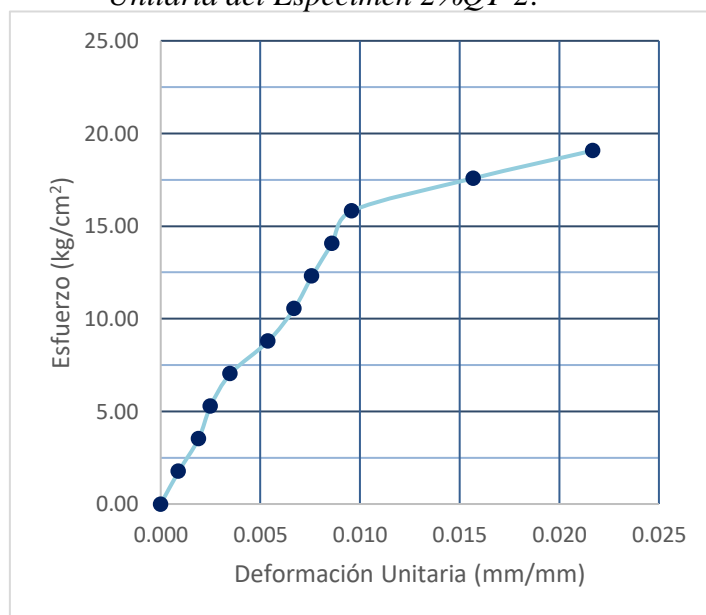
**Tabla 135** Datos generales: *Espécimen 2%QT-2*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>2%QT-2</b>	<b>15.10</b>	<b>29.29</b>	<b>10.00</b>	<b>17.70</b>	<b>1085</b>	<b>19.08</b>

**Tabla 136** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 2%QT-2*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.76	0.09	0.001
200	3.52	0.19	0.002
300	5.27	0.25	0.003
400	7.03	0.35	0.004
500	8.79	0.54	0.005
600	10.55	0.67	0.007
700	12.31	0.76	0.008
800	14.07	0.86	0.009
900	15.82	0.96	0.010
1000	17.58	1.57	0.016
1085	19.08	2.17	0.022

**Gráfica 48** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 2%QT-2*.



**Tabla 137** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 2%QT-2*

Limite Convencional de Fluencia	0.2%	Long. Grueso	10 cm
		Def. Fluencia	0.02 mm
Carga Inf.	1000 kg	Deforma.Inf	0.0157 mm
Carga Sup.	1085 kg	Deforma.Sup	0.0217 mm
Carga Fluencia	1060.92 kg	$\sigma_y$	18.65 kg/cm <sup>2</sup>



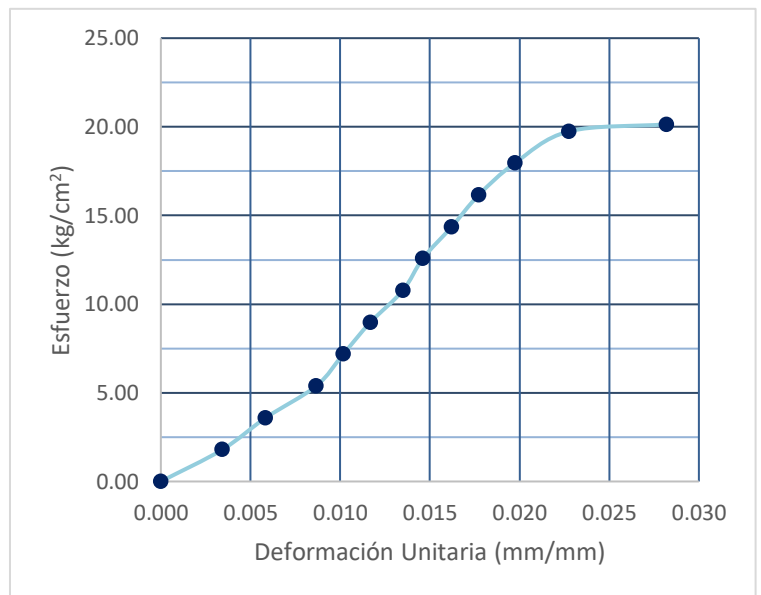
**Tabla 138** Datos generales: *Espécimen 2%QT-3*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>2%QT-3</b>	<b>15.00</b>	<b>29.24</b>	<b>9.93</b>	<b>17.70</b>	<b>1122.00</b>	<b>20.14</b>

**Tabla 139** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 2%QT-3*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.80	0.34	0.003
200	3.59	0.58	0.006
300	5.39	0.86	0.009
400	7.18	1.01	0.010
500	8.98	1.16	0.012
600	10.77	1.34	0.013
700	12.57	1.45	0.015
800	14.36	1.61	0.016
900	16.16	1.76	0.018
1000	17.95	1.96	0.020
1100	19.75	2.26	0.023
1122	20.14	2.8	0.028

**Gráfica 49** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 2%QT-3*.



**Tabla 140** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 2%QT-3*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.2%	<b>Long. Grueso</b>	9.93 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.01986 mm
<b>Carga Inf.</b>	1000 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.0197 mm
<b>Carga Sup.</b>	1100 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.0228 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1005.23 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	18.04 kg/cm <sup>2</sup>

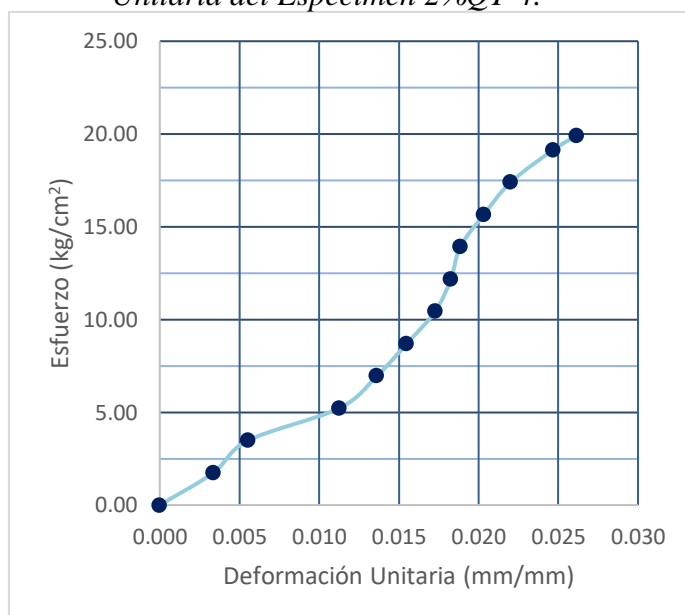
**Tabla 141** Datos generales: *Espécimen 2%QT-4*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>2%QT-4</b>	<b>14.87</b>	<b>28.95</b>	<b>10.13</b>	<b>17.70</b>	<b>1145</b>	<b>19.92</b>

**Tabla 142** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 2%QT-4*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.74	0.34	0.003
200	3.48	0.56	0.006
300	5.22	1.14	0.011
400	6.96	1.38	0.014
500	8.70	1.57	0.015
600	10.44	1.75	0.017
700	12.18	1.85	0.018
800	13.92	1.91	0.019
900	15.66	2.06	0.020
1000	17.40	2.23	0.022
1100	19.14	2.5	0.025
1145	19.92	2.65	0.026

**Gráfica 50** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 2%QT-4*.



**Tabla 143** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 2%QT-4*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.2%	<b>Long. Grueso</b>	10.13 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02026 mm
<b>Carga Inf.</b>	800 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.0189 mm
<b>Carga Sup.</b>	900 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.0203 mm
<b>Carga Fluencia</b>	894.73 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	15.57 kg/cm <sup>2</sup>

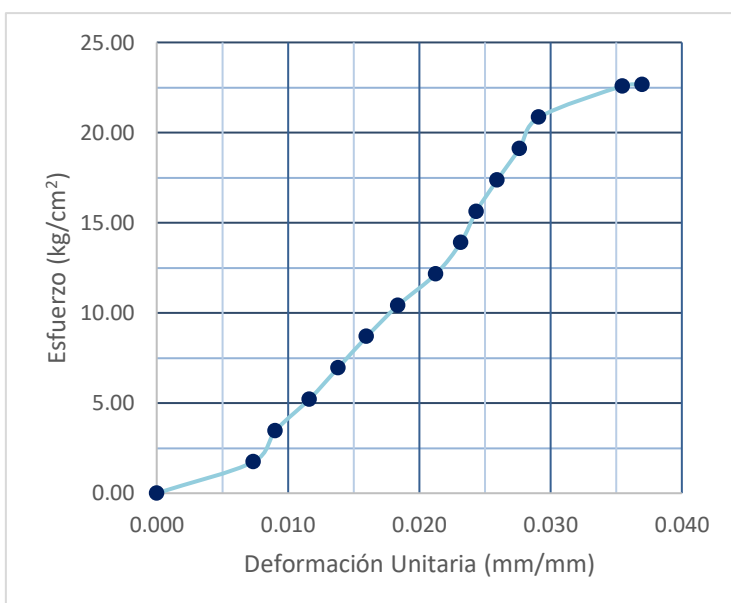
**Tabla 144** Datos generales: *Espécimen 2%QT-5*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>2%QT-5</b>	<b>15.10</b>	<b>29.31</b>	<b>10.06</b>	<b>17.70</b>	<b>1304</b>	<b>22.66</b>

**Tabla 145** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 2%QT-5*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.74	0.74	0.007
200	3.47	0.91	0.009
300	5.21	1.17	0.012
400	6.95	1.39	0.014
500	8.69	1.61	0.016
600	10.42	1.85	0.018
700	12.16	2.14	0.021
800	13.90	2.33	0.023
900	15.64	2.45	0.024
1000	17.37	2.61	0.026
1100	19.11	2.78	0.028
1200	20.85	2.93	0.029
1300	22.59	3.57	0.035
1304	22.66	3.72	0.037

**Gráfica 51** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 2%QT-5*.



**Tabla 146** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 2%QT-5*

Limite Convencional de Fluencia	0.2%	Long. Grueso	10.06 cm
		Def. Fluencia	0.02012 mm
Carga Inf.	600 kg	Deforma.Inf	0.0184 mm
Carga Sup.	700 kg	Deforma.Sup	0.0213 mm
Carga Fluencia	659.88 kg	$\sigma_y$	11.46 kg/cm <sup>2</sup>

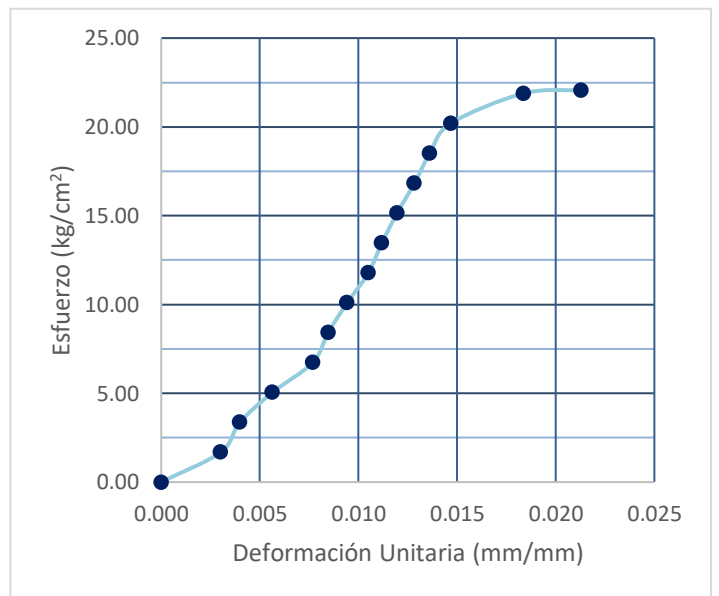
**Tabla 147** Datos generales: *Espécimen 2%QT-6*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>2%QT-6</b>	<b>14.92</b>	<b>29.10</b>	<b>10.28</b>	<b>17.70</b>	<b>1311</b>	<b>22.08</b>

**Tabla 148** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 2%QT-6*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.68	0.31	0.003
200	3.37	0.41	0.004
300	5.05	0.58	0.006
400	6.74	0.79	0.008
500	8.42	0.87	0.008
600	10.10	0.97	0.009
700	11.79	1.08	0.011
800	13.47	1.15	0.011
900	15.15	1.23	0.012
1000	16.84	1.32	0.013
1100	18.52	1.4	0.014
1200	20.21	1.51	0.015
1300	21.89	1.89	0.018
1311	22.08	2.19	0.021

**Gráfica 52** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 2%QT-6*.



**Tabla 149** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 2%QT-6*

Limite Convencional de Fluencia	0.2%	Long. Grueso	10.28 cm
		Def. Fluencia	0.02056 mm
Carga Inf.	1300 kg	Deforma.Inf	0.0184 mm
Carga Sup.	1311 kg	Deforma.Sup	0.0213 mm
Carga Fluencia	1308.18 kg	$\sigma_y$	22.03 kg/cm <sup>2</sup>

**Ensayo de tracción por flexión: muestras con 3% de incorporación de estearato de zinc**

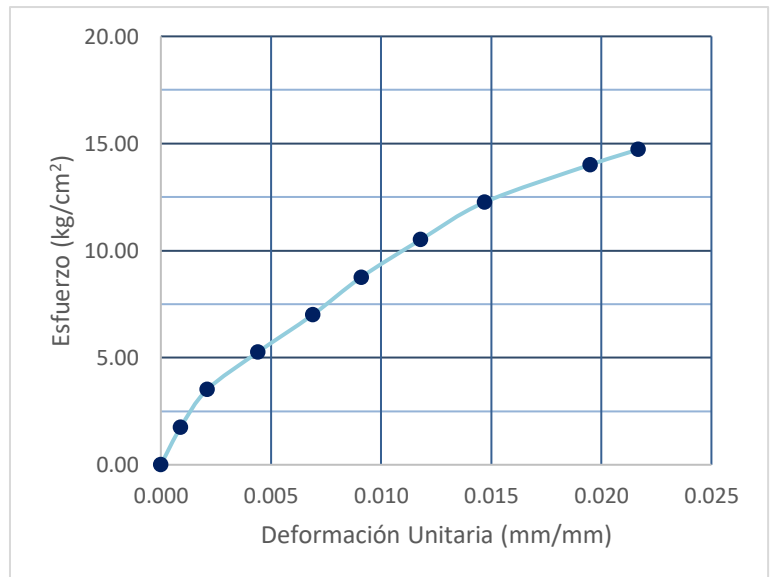
**Tabla 150** Datos generales: *Espécimen 3%QT-1*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>3%QT-1</b>	<b>15.14</b>	<b>29.46</b>	<b>10.01</b>	<b>17.70</b>	<b>841</b>	<b>14.72</b>

**Tabla 151** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 3%QT-1*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.75	0.09	0.001
200	3.50	0.21	0.002
300	5.25	0.44	0.004
400	7.00	0.69	0.007
500	8.75	0.91	0.009
600	10.50	1.18	0.012
700	12.25	1.47	0.015
800	14.00	1.95	0.019
841	14.72	2.17	0.022

**Gráfica 53** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 3%QT-1*.



**Tabla 152** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 3%QT-1*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.2%	<b>Long. Grueso</b>	10.01 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02002 mm
<b>Carga Inf.</b>	800 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.0195 mm
<b>Carga Sup.</b>	841 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.0217 mm
<b>Carga Fluencia</b>	809.79 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	14.17 kg/cm <sup>2</sup>

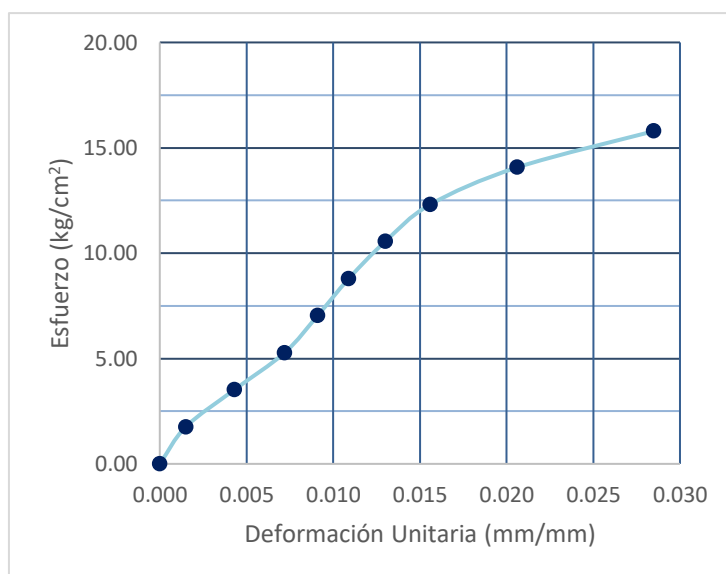
**Tabla 153** Datos generales: *Espécimen 3%QT-2*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>3%QT-2</b>	<b>15.10</b>	<b>29.36</b>	<b>10.00</b>	<b>17.70</b>	<b>898</b>	<b>15.79</b>

**Tabla 154** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 3%QT-2*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.76	0.15	0.002
200	3.52	0.43	0.004
300	5.27	0.72	0.007
400	7.03	0.91	0.009
500	8.79	1.09	0.011
600	10.55	1.3	0.013
700	12.31	1.56	0.016
800	14.07	2.06	0.021
898	15.79	2.85	0.029

**Gráfica 54** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 3%QT-2*.



**Tabla 155** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 3%QT-2*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.2%	<b>Long. Grueso</b>	10 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02 mm
<b>Carga Inf.</b>	700 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.0156 mm
<b>Carga Sup.</b>	800 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.0206 mm
<b>Carga Fluencia</b>	788 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	13.86 kg/cm <sup>2</sup>

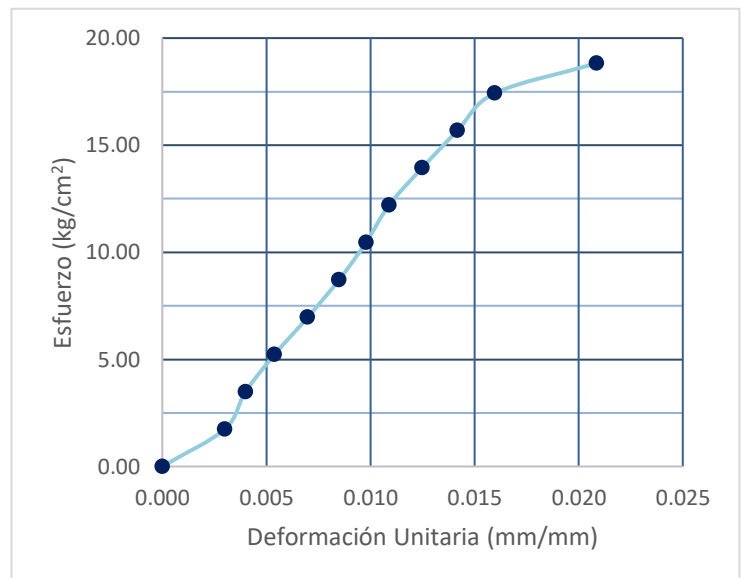
**Tabla 156** Datos generales: *Espécimen 3%QT-3*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>3%QT-3</b>	15.20	29.45	10.01	17.70	1080	18.83

**Tabla 157** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 3%QT-3*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.74	0.3	0.003
200	3.49	0.4	0.004
300	5.23	0.54	0.005
400	6.97	0.7	0.007
500	8.72	0.85	0.008
600	10.46	0.98	0.010
700	12.20	1.09	0.011
800	13.95	1.25	0.012
900	15.69	1.42	0.014
1000	17.43	1.6	0.016
1080	18.83	2.09	0.021

**Gráfica 55** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 3%QT-3*.



**Tabla 158** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 3%QT-3*

Limite Convencional de Fluencia	0.2%	Long. Grueso	10.01 cm
		Def. Fluencia	0.02002 mm
Carga Inf.	1000 kg	Deforma.Inf	0.016 mm
Carga Sup.	1080 kg	Deforma.Sup	0.0209 mm
Carga Fluencia	1065.91 kg	$\sigma_y$	18.58 kg/cm <sup>2</sup>

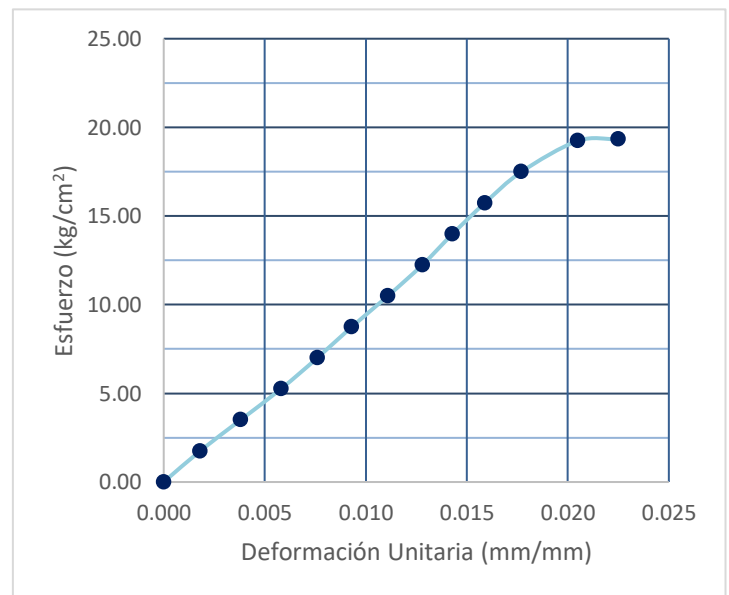
**Tabla 159** Datos generales: *Espécimen 3%QT-4*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>3%QT-4</b>	<b>15.18</b>	<b>29.47</b>	<b>10.00</b>	<b>17.70</b>	<b>1105</b>	<b>19.33</b>

**Tabla 160** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 3%QT-4*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.75	0.18	0.002
200	3.50	0.38	0.004
300	5.25	0.58	0.006
400	7.00	0.76	0.008
500	8.75	0.93	0.009
600	10.49	1.11	0.011
700	12.24	1.28	0.013
800	13.99	1.43	0.014
900	15.74	1.59	0.016
1000	17.49	1.77	0.018
1100	19.24	2.05	0.021
1105	19.33	2.25	0.023

**Gráfica 56** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 3%QT-4*.



**Tabla 161** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 3%QT-4*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.2%	<b>Long. Grueso</b>	10 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02 mm
<b>Carga Inf.</b>	1000 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.0177 mm
<b>Carga Sup.</b>	1100 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.0205 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1082.14 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	18.93 kg/cm <sup>2</sup>



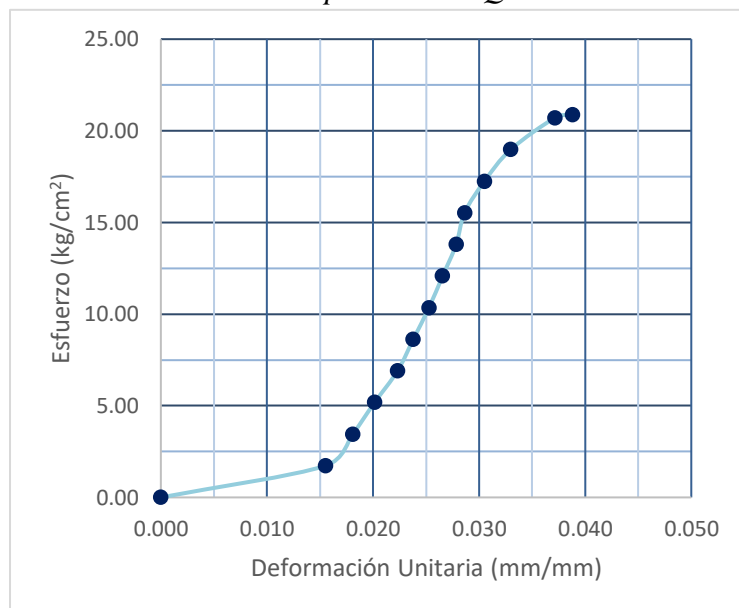
**Tabla 162** Datos generales: *Espécimen 3%QT-5*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>3%QT-5</b>	<b>15.00</b>	<b>29.38</b>	<b>10.13</b>	<b>17.70</b>	<b>1211</b>	<b>20.89</b>

**Tabla 163** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 3%QT-5*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.72	1.57	0.015
200	3.45	1.83	0.018
300	5.17	2.04	0.020
400	6.90	2.26	0.022
500	8.62	2.41	0.024
600	10.35	2.56	0.025
700	12.07	2.69	0.027
800	13.80	2.82	0.028
900	15.52	2.9	0.029
1000	17.25	3.09	0.031
1100	18.97	3.34	0.033
1200	20.70	3.76	0.037
1211	20.89	3.93	0.039

**Gráfica 57** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 3%QT-5*.



**Tabla 164** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 3%QT-5*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.2%	<b>Long. Grueso</b>	10.13 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.02026 mm
<b>Carga Inf.</b>	300 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.0201 mm
<b>Carga Sup.</b>	400 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.0223 mm
<b>Carga Fluencia</b>	307.24 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	5.3 kg/cm <sup>2</sup>

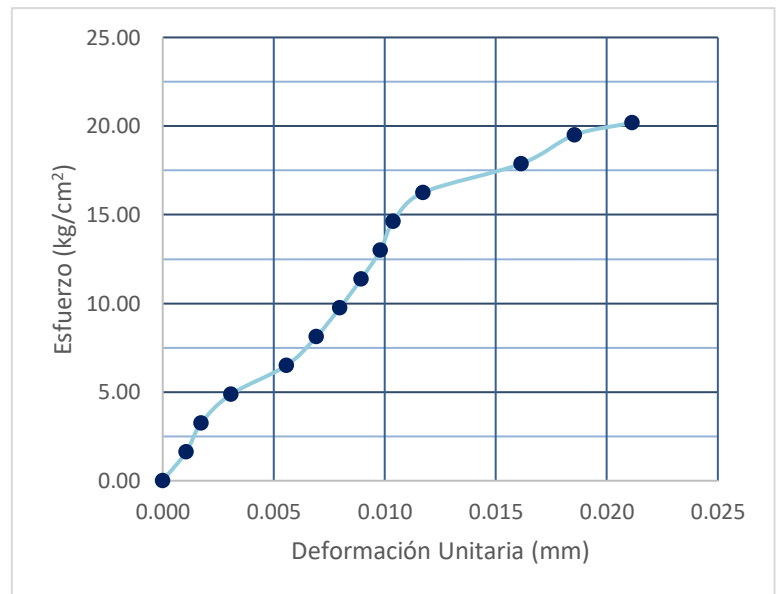
**Tabla 165** Datos generales: *Espécimen 3%QT-6*

CÓDIGO DEL ESPÉCIMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos “l” (cm)	Carga Máxima Soportada “P” (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>3%QT-6</b>	15.10	29.29	10.40	17.70	1242	20.19

**Tabla 166** Carga, esfuerzo y deformación: *Espécimen 3%QT-6*.

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta L$ (mm)	$\Delta L/L$ (mm/mm)
0	0.00	0	0.000
100	1.63	0.11	0.001
200	3.25	0.18	0.002
300	4.88	0.32	0.003
400	6.50	0.58	0.006
500	8.13	0.72	0.007
600	9.75	0.83	0.008
700	11.38	0.93	0.009
800	13.01	1.02	0.010
900	14.63	1.08	0.010
1000	16.26	1.22	0.012
1100	17.88	1.68	0.016
1200	19.51	1.93	0.019
1242	20.19	2.2	0.021

**Gráfica 58** Esfuerzo vs. Deformación Unitaria del *Espécimen 3%QT-6*.



**Tabla 167** Determinación de carga y esfuerzo de fluencia: *Espécimen 3%QT-6*

<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	0.2%	<b>Long. Grueso</b>	10.4 cm
		<b>Def. Fluencia</b>	0.0208 mm
<b>Carga Inf.</b>	1200 kg	<b>Deforma.Inf</b>	0.0186 mm
<b>Carga Sup.</b>	1242 kg	<b>Deforma.Sup</b>	0.0212 mm
<b>Carga Fluencia</b>	1236.18 kg	<b><math>\sigma_y</math></b>	20.1 kg/cm <sup>2</sup>

#### Anexo 4: Ensayo de absorción

##### Ensayo de absorción: muestras patrón

Tabla 168 Resumen del ensayo: Absorción en muestras patrón

CÓDIGO DEL ESPECIMEN	Unidad de Medida	PA-1	PA-2	PA-3	PA-4	PA-5	PA-6
Peso Seco del Espécimen	kg	4.23	4.32	4.03	3.90	4.20	3.99
Peso Húmedo del Espécimen en Pie	kg	3.11	3.15	2.80	2.62	3.24	3.07
Peso húmedo de Material Acumulado en Depósito luego de Drenaje	kg	15.28					
Peso del Agua	kg	1.43	1.38	1.32	1.27	1.59	1.63
% Absorción	%	33.74%	31.88%	32.68%	32.49%	<u>37.79%</u>	<u>40.78%</u>
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los 4 menores porcentajes de absorción, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc.					PROM.	32.70%	

##### Ensayo de absorción: muestras con 1% de incorporación de estearato de zinc

Tabla 169 Resumen del ensayo: Absorción en muestras con 1% de incorporación de estearato de zinc

CÓDIGO DEL ESPECIMEN	Unidad de Medida	1%QA-1	1%QA-2	1%QA-3	1%QA-4	1%QA-5	1%QA-6
Peso Seco del Espécimen	kg	4.38	3.93	4.06	3.96	4.08	4.21
Peso Húmedo del Espécimen en Pie	kg	3.41	2.89	3.13	2.99	3.15	3.16
Peso húmedo de Material Acumulado en Depósito luego de Drenaje	kg	12.72					
Peso del Agua	kg	1.15	1.08	1.19	1.15	1.19	1.07
% Absorción	%	26.26%	27.48%	<u>29.31%</u>	29.04%	<u>29.17%</u>	25.42%
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los 4 menores porcentajes de absorción, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc.					PROM.	26.38%	

**Ensayo de absorción: muestras con 2% de incorporación de estearato de zinc**

**Tabla 170** Resumen del ensayo: Absorción en muestras con 2% de incorporación de estearato de zinc

CÓDIGO DEL ESPECIMEN	Unidad de Medida	2%QA-1	2%QA-2	2%QA-3	2%QA-4	2%QA-5	2%QA-6
Peso Seco del Espécimen	kg	4.13	4.19	3.80	4.01	4.26	4.07
Peso Húmedo del Espécimen en Pie	kg	3.48	3.56	3.31	3.54	3.58	3.46
Peso húmedo de Material Acumulado en Depósito luego de Drenaje	kg	8.86					
Peso del Agua	kg	0.83	0.85	0.99	1.01	0.80	0.87
% Absorción	%	20.02%	20.21%	<u>25.96%</u>	<u>25.10%</u>	18.70%	21.29%
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los 4 menores porcentajes de absorción, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc.					PROM.	20.05%	

**Ensayo de absorción: muestras con 3% de incorporación de estearato de zinc**

**Tabla 171** Resumen del ensayo: Absorción en muestras con 3% de incorporación de estearato de zinc

CÓDIGO DEL ESPECIMEN	Unidad de Medida	3%QA-1	3%QA-2	3%QA-3	3%QA-4	3%QA-5	3%QA-6
Peso Seco del Espécimen	kg	3.81	4.09	3.89	3.92	3.80	3.76
Peso Húmedo del Espécimen en Pie	kg	3.18	3.50	3.40	3.29	3.40	3.37
Peso húmedo de Material Acumulado en Depósito luego de Drenaje	kg	6.37					
Peso del Agua	kg	0.43	0.47	0.57	0.43	0.66	0.67
% Absorción	%	11.33%	11.53%	14.70%	11.01%	<u>17.41%</u>	<u>17.86%</u>
*PROMEDIO: Este valor ha sido calculado con los 4 menores porcentajes de absorción, para fijarse una meta con la incorporación del Estearato de Zinc.					PROM.	12.14%	

**Anexo 5: Fotografías de ensayos del suelo empleado**



*Figura 10* Obtención del suelo para los adobes.



*Figura 11* Adobes fabricados en la zona.



*Figura 12* Traslado del material al laboratorio.



*Figura 13* Una de las taras del contenido de humedad antes de colocar en el horno.



*Figura 14* Taras colocadas en el horno.





**Figura 15** Tara con material pesado luego del secado al horno.



**Figura 16** Inicio del cuarteo para la granulometría por lavado.



*Figura 17* Cuarteo del material para la granulometría por lavado.



*Figura 18* Peso de los 500 gr para el ensayo de granulometría por lavado.





*Figura 19* Lavado del Material.



*Figura 20* Material restante del lavado.



*Figura 21* Tamizado del material restante secado al horno.



*Figura 22* Tamizado del material para límites de consistencia.



*Figura 23* Determinación de número de golpes con la Copa de Casagrande.



*Figura 24* Material obtenido de los ensayos de límites de consistencia.



*Figura 25* Material de límites de consistencia en el horno para su secado.



*Figura 26* Pesado del material de límite de consistencia luego de su secado.





**Figura 27** Material tamizado para el ensayo de proctor modificado.



**Figura 28** Elaboración del ensayo proctor modificado.



*Figura 29* Anillo inferior del cilindro que está pesando.



*Figura 30* Material inferior y superior del proctor modificado.



**Figura 31** Saco de 20 kg del compuesto químico Estearato de Zinc.



**Figura 32** Elaboración de los adobes compactados en compañía del asesor.





*Figura 33* Elaboración de adobes – Presentación de los adobes avanzados al asesor.



*Figura 34* Presentación de los adobes.



*Figura 35* Presentación de la totalidad de los adobes.



*Figura 36* Adobes con edad de 28 días en laboratorio.



**Anexo 6: Fotografías de ensayos de rotura**



*Figura 37* Inicio del ensayo de rotura a compresión de la unidad de adobe.



*Figura 38* Adobe deteriorado por el ensayo a compresión.



**Figura 39** (de Izquierda a Derecha): El tesista, el asesor y técnico de laboratorio en los ensayos de rotura.



**Figura 40** Inicio del ensayo de rotura de tracción por flexión de la unidad de adobe.



*Figura 41* Adobe deteriorado luego del ensayo de rotura de flexión por tracción.

**Anexo 7: Fotografías de ensayo de absorción**



*Figura 42* Peso de las unidades antes de la absorción.



*Figura 43* Sumergimiento de las unidades en agua.





*Figura 44* Peso de la “Unidad en Pie” luego del ensayo de absorción.



*Figura 45* Peso del material en tina luego del ensayo de absorción y drenaje.

Anexo 8: Matriz de consistencia y operacionalización de variables

TÍTULO DE LA TESIS: "Propiedades Mecánicas e Hidrofóbicas de los Adobes al Incorporar Estearato de Zinc"								
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	ESTADISTICA	
Pregunta General:	Objetivo General:	Hipotesis General:	Variables Dependientes:		Población:	Método:		
¿En cuánto variarán las propiedades mecánicas e hidrofóbicas de los adobes compactados al incorporar estearato de zinc con dosis entre el 1%, 2% y 3% del peso del suelo?	Determinar la variación de las propiedades mecánicas e hidrofóbicas de los adobes compactados al incorporar estearato de zinc con dosis entre el 1%, 2% y 3% del peso del suelo.	Al incorporar Estearato de Zinc con dosis de 1%, 2% y 3% del peso del suelo, variarán las propiedades mecánicas e hidrofóbicas de los adobes compactados hasta en un 5% en pruebas sobre la totalidad de adobes ensayados.	1. Propiedades Mecánicas	Valor de la Propiedad Mecánica de Compresión	Unidades de Adobe	Experimental	Ficha Técnica UPN de Ensayo a Compresión	Se tomaran los 4 mejores resultados por ensayo y se obtendrá un promedio simple. Según E0.80
				Valor de la Propiedad Mecánica de Tracción	Muestra:	Nivel de Investigación:		
			2. Propiedades Hidrofóbicas	Porcentaje de Absorción de Agua	A conveniencia. Seis (6) muestras de cubos de adobe para determinar la Propiedad de Tracción para cada químico	Investigación Aplicada	Ficha Técnica UPN de Ensayo a Tracción	
			Variable Independiente:		Experimental de PrePrueba y PostPrueba	Ficha Técnica de Ensayo de Absorción (UPC)		
			1. Incorporación de un % de estearato de zinc	Incorporación del 1% del peso del suelo de a la Unidad de Adobe	A conveniencia. Seis (6) muestras de cilindros (Ensayo brasileño) de adobe para determinar la Propiedad de Tracción para cada químico	El diseño se diagrama de la siguiente manera		
				Incorporación del 2% del peso del suelo de a la Unidad de Adobe		$G \quad 0_1 \quad X \quad 0_2$		
				Incorporación del 3% del peso del suelo de a la Unidad de Adobe		G: Grupo de Prueba		
						$0_1$ : Medición Prueba Inicial		
						X: Tratamiento-Estímulo		
						$0_2$ : Medición Prueba Final		
	Objetivos Específicos:							
	Determinar las propiedades mecánicas del suelo con el que se vana realizar los adobes compactados.							
	Determinar las propiedades que posee el jabón metálico estearato de zinc ya que este componete químico se empleará en la fabricación de los adobes compactados							
	Determinar las propiedades mecánicas e hidrofóbicas de los adobes compactados sin la incorporación del estearato de zinc.							
	Realizar una comparación cuantitativa y cualitativa de los adobes compactados sin la incorporación y con la incorporación de estearato de zinc							

**Anexo 9: Ficha técnica del estearato de zinc**



**Estearato de zinc**


<p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>Es un polvo blanco, de tacto suave, con ligero olor característico a ácidos grasos. Es hidrofóbico (repele el agua), y comercialmente contiene aproximadamente un 2% de otros ácidos grasos de cadenas próximas (<math>C_{16}</math> y <math>C_{18}</math>). Es insoluble en alcohol, pero sí en benceno y en ácidos.</p>		<p><b>SINÓNIMOS</b></p> <p>Octadecanoato de zinc; diestereato de zinc.</p>
<p><b>PROPIEDADES FÍSICAS</b></p> <p>Peso molecular: 632,3                  Punto de ebullición: No aplicable                  Punto de fusión: 130°C                  Punto de inflamación: 277°C                  Temperatura de autoignición: 420°C                  Densidad relativa (agua = 1): 1,1                  Densidad de vapor (aire = 1): No aplicable                  Presión de vapor en milibar: No aplicable                  Solubilidad en agua: (gr/100 ml) Insoluble                  Límites inferior de explosividad: (g/m<sup>3</sup> de aire) 20</p>		<p><b>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</b></p> <p>Producto estable en condiciones normales. No se polimeriza. Por aumento de la temperatura, o cuando se quema, se descompone en óxidos de carbono, vapores de ácido esteárico y óxidos de zinc, siendo estos últimos tóxicos que pueden causar la llamada fiebre de los metales. El estereato de zinc reacciona fuertemente con los ácidos y con los álcalis fuertes, con desprendimiento de calor. No ataca a los metales.</p>
<p>TLV - TWA { - ppm                   10 mg/m<sup>3</sup></p> <p>TLV - STEL { - ppm                   - mg/m<sup>3</sup></p>		<p><b>EVALUACIÓN AMBIENTAL</b></p> <p>Toma de muestras haciendo pasar aire a caudal constante a través de filtro de ésteres de celulosa o de PVC, y determinación posterior por gravimetría (Método recomendado por las Normas NIOSH).</p>
<p><b>RIESGOS TOXICOLÓGICOS</b></p> <p><b>Inhalación:</b> Como tal compuesto, el estereato de zinc no es tóxico. Únicamente en altas concentraciones, puede provocar irritaciones pasajeras del tracto respiratorio, con aumento de la segregación de mucosidad en las vías respiratorias. Los síntomas son: tos, dolor de garganta y dificultad respiratoria.</p> <p><b>Piel:</b> No es irritante para el tejido epitelial. Únicamente en casos de exposición muy prolongada puede presentarse algún foco localizado favorecido por la existencia de grietas o pequeñas heridas. Se manifiesta por enrojecimiento de la zona, sin ningún tipo de molestias.</p> <p><b>Ojos:</b> Puede causar irritación del globo ocular, pero sin causar lesiones permanentes o graves. Los síntomas son: picores, sensación de dolor y enrojecimiento.</p> <p><b>Ingestión:</b> No es tóxico por ingestión. En gran cantidad, puede producir espasmos abdominales y diarreas, de carácter pasajero.</p>	<p><b>PREVENCIÓN</b></p> <p><b>Inhalación:</b> Usar sistemas de ventilación general o localizada, para controlar el desprendimiento de polvo y la formación de aerosoles en el aire, más por el riesgo de explosión que por el de intoxicación. Cuando se juzgue necesario, usar protección respiratoria (mascarillas con filtro mecánico o con aporte de aire).</p> <p><b>Piel:</b> Usar ropa de trabajo normal y guantes de PVC o cualquier tipo de plásticos, en caso necesario. No limpiar la ropa por aspiración, por poderse formar cargas electrostáticas.</p> <p><b>Ojos:</b> Usar gafas de protección completa del ojo contra el polvo. Combinarlas con la protección respiratoria en caso necesario.</p> <p><b>Ingestión:</b> Observar medidas adecuadas de higiene personal.</p>	<p><b>PRIMEROS AUXILIOS</b></p> <p><b>Inhalación:</b> Retirar al afectado de la zona contaminada, llevar al aire limpio y requerir ayuda médica.</p> <p><b>Piel:</b> Si es necesario, quitar la ropa y lavar la parte afectada con agua y jabón durante 5 minutos.</p> <p><b>Ojos:</b> No frotarse los ojos, sino lavarlos con agua abundante durante 5 ó 10 minutos, sobre todo por debajo de los párpados. Si la irritación persiste, ir a revisión médica.</p> <p><b>Ingestión:</b> En caso de molestias abdominales, requerir auxilio médico.</p>

**FICHA TOXICOLÓGICA**

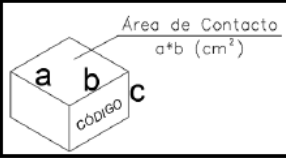
RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN		AGENTES EXTINTORES
<p>Es producto combustible. El polvo finamente dividido puede formar mezclas explosivas con el aire, por lo que se debe prevenir la dispersión del polvo y no utilizar cerca de llamas, chispas, etc. El polvo seco puede acumular cargas electrostáticas cuando es agitado, vertido, trasvasado neumáticamente, etc., lo cual incrementa el riesgo de explosión. Por ello toda la maquinaria que se use deberá estar conectada a tierra. Con preferencia deberá ser de tipo estanco o dotada de sistemas de extracción para evitar la formación y dispersión del polvo. La instalación eléctrica y de iluminación será de tipo antiexplosión. Se prohibirá fumar en las áreas de trabajo.</p>		<p>Usar polvo químico seco, anhídrido carbónico, espuma, o agua pulverizada. Ésta puede ser útil también para evitar la dispersión de polvo y de productos de descomposición térmica (óxidos de carbono, óxidos de zinc) que tienen riesgo de toxicidad.</p>
DERRAMES	ALMACENAMIENTO	EMBALAJE Y ETIQUETADO
<p>En caso de derrame del producto, recogerlo en recipientes adecuados, primero por medios mecánicos y solamente los residuos últimos se recogerán por aspiración, cuidando de que todas las partes del sistema de aspiración sean metálicas y estén conectadas a tierra, a efectos de disipar las posibles cargas electrostáticas. También pueden eliminarse los residuos lavando la zona con agua. El producto no se considera tóxico para el medio ambiente.</p>	<p>Puede utilizarse cualquier tipo de recipientes, manteniéndolos cerrados para evitar la dispersión del polvo y con resistencia a choques y golpes por la misma razón. Los locales se mantendrán frescos y bien ventilados, y alejados de fuentes de ignición. No se almacenarán en el mismo local sustancias incompatibles (ácidos, oxidantes, etc.). Los locales tendrán instalación eléctrica y de alumbrado de tipo antiexplosión, y la estructura será resistente al fuego. Prohibición de fumar.</p>	<p>Para transporte, según TPC: No contemplado.</p> <p>Etiquetado según R.D. 2216/1985 y actualizaciones: No contemplado.</p>
<p><b>OBSERVACIONES</b></p>		



**Anexo 10: Protocolos de laboratorio empleados**

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
PROTOCOLO			
	ENSAYO:	ROTURA DE ADOBE COMPACTADO ENSAYO A COMPRESION	CÓDIGO DEL DOCUMENTO: RMCV-RAC-EC: .....
	NORMA:	-----	
	PROYECTO:	Propiedades mecánicas e hidrofóbicas de adobes compactados al incorporar estearato de zinc,	
CANTERA	Cruz Blanca	TIPO DE MATERIAL:	Tierra – Suelo para Adobe
UBICACIÓN:	Cruz Blanca	COLOR DE MATERIAL:	Rojizo
FECHA DE ENSAYO: 18-19/06/2018		RESPONSABLE:	Cáceres Vásquez, Ronald Mijail
		REVISADO POR:	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

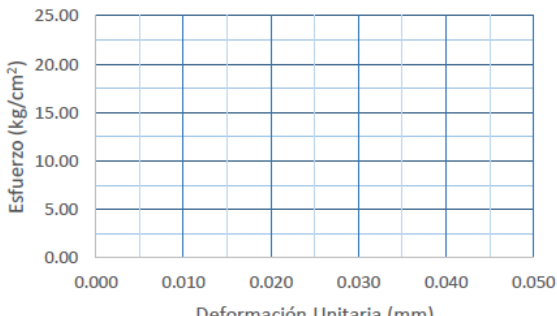
**DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULOS**



CÓDIGO DEL ESPECÍMEN (Va en la cara Canto)	Longitud Del Tizón “a” (cm)	Longitud De la Soga “b” (cm)	Longitud Del Grueso “c” (cm)	Área de Contacto o Tabla (a * b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima Soportada (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL (mm)	ΔL/L (mm/mm)
0			
500			
1000			
1500			
2000			
2500			
3000			
3500			
4000			
4500			
5000			
5500			
6000			
6500			
7000			
7500			
8000			


**Gráfica Esfuerzo-Deformación**

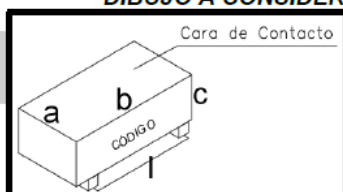


Limite Convencional de Fluencia	Long. Grueso	
	Def. Fluencia	
Carga Inf.	Deforma.Inf	
Carga Sup.	Deforma.Sup	
Carga Fluencia	σ <sub>y</sub>	

**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Cáceres Vásquez, Ronald M.	NOMBRE:	NOMBRE: Mosqueira Moreno Miguel
FECHA: 18-19/06/2018	FECHA:	FECHA: 20/04/2018

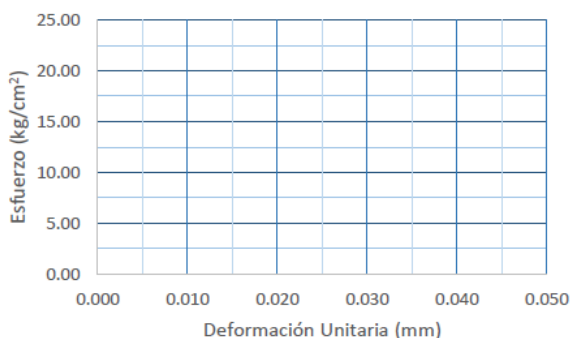
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	<b>PROTOCOLO ELABORADO POR: RONALD MIJAIL CÁCERES VÁSQUEZ</b>		
	<b>ENSAYO:</b>	ROTURA DE ADOBE COMPACTADO ENSAYO DE TRACCIÓN POR FLEXIÓN	<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b> RMCV-RAC-ETF: .....
	<b>NORMA:</b>	-----	
<b>PROYECTO:</b>	Propiedades mecánicas e hidrofóbicas de adobes compactados al incorporar estearato de zinc.		
<b>CANTERA</b>	Cruz Blanca	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	Tierra – Suelo para Adobe
<b>UBICACIÓN:</b>	Cruz Blanca	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Rojizo
<b>FECHA DE ENSAYO:</b> 18-19/06/2018		<b>RESPONSABLE:</b>	Cáceres Vásquez, Ronald Mijail
		<b>REVISADO POR:</b>	Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

**DIBUJO A CONSIDERAR PARA MEDIDAS Y CÁLCULOS**


$$f'_b = \frac{3 * P * l}{2 * a * c^2} \rightarrow f'_b: \text{Esfuerzo de Rotura}$$

CÓDIGO DEL ESPECÍMEN	Longitud Del Tizón "a" (cm)	Longitud De la Soga "b" (cm)	Longitud Del Grueso "c" (cm)	Longitud entre Ejes de Apoyos "l" (cm)	Carga Máxima Soportada "P" (kg)	Esfuerzo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
«Nombre»						

Carga (Kg)	Esfuerzo (Kg/cm <sup>2</sup> )	ΔL (mm)	ΔL/L (mm)
0			
50			
100			
150			
200			
250			
300			
350			
400			
450			
500			
550			
600			
650			
700			
750			
800			

**Gráfica Esfuerzo-Deformación**


<b>Limite Convencional de Fluencia</b>	<b>Long. Grueso</b>	
	<b>Def. Fluencia</b>	
<b>Carga Inf.</b>	<b>Deforma.Inf</b>	
<b>Carga Sup.</b>	<b>Deforma.Sup</b>	
<b>Carga Fluencia</b>	<b>σ<sub>y</sub></b>	

**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	COORDINADOR DE LABORATORIO	ASESOR
<b>NOMBRE:</b> Cáceres Vásquez, Ronald M.	<b>NOMBRE:</b>	<b>NOMBRE:</b> Mosqueira Moreno Miguel
<b>FECHA:</b> 18-19/06/2018	<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b> 20/04/2018