

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Análisis de concreto simple con aditivos bituminosos para sobrecimientos  
ante los efectos del salitre en la ciudad de San José**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Vania Vilcahuaman Irigoyen**

**ASESOR**

**Manuel Alejandro Borja Suarez**

<https://orcid.org/0000-0002-6532-4976>

**Chiclayo, 2024**

**Análisis de concreto simple con aditivos bituminosos para  
sobrecimientos ante los efectos del salitre en la Ciudad de San José**

PRESENTADA POR  
**Vania Vilcahuaman Irigoyen**

A la Facultad de Ingeniería de  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Segundo Guillermo Carranza Cieza

PRESIDENTE

Cesar Cachay Lazo  
SECRETARIO

Manuel Alejandro Borja Suarez  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A mi mamá Gissela Irigoyen Tenorio, a mi papá Carlos Enrique Vilcahuamán Tuesta, a mi abuelita Carmen De Los Santos Tenorio de Irigoyen, a mi hermana Sapphira Rojas Irigoyen y a la pareja de mi mamá Frank Fernández por ayudarme incondicionalmente en lo que necesitara sin importar el tiempo y magnitud.

A mis grandes compañeras de trabajo Naru, Estrella y Luna por ayudarme a no rendirme a pesar de las dificultades, al brindarme alegría.

A mis amigos Andrea Cruz D' María Santillan Yzázaga y Marcelo Herberth Coronado Castillo por apoyarme incondicionalmente en el transcurso de la carrera.

A Wilson Olaya por brindarme facilidades para realizar los ensayos correspondientes.

## **Agradecimiento**

Un especial agradecimiento a mi asesor de tesis, el Ing. Manuel Alejandro Borja Suárez por sus considerables enseñanzas

# Análisis de concreto simple con aditivos bituminosos para sobrecimientos ante los efectos del salitre en la Ciudad de San José

## INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://www.academia.edu">www.academia.edu</a> Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
8	<a href="https://www.colmayor.edu.co">www.colmayor.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%

## Índice

<b>Introducción .....</b>	<b>23</b>
<b>Revisión de Literatura.....</b>	<b>28</b>
<b>Antecedentes Del Problema .....</b>	<b>28</b>
Internacionales.....	28
Nacionales .....	30
Locales.....	31
<b>Bases Teórico-Científicas .....</b>	<b>32</b>
Normativa .....	32
Generalidades del Concreto .....	36
Temática de Humedad.....	37
Alternativas de reparación y Materiales Hidrófugos .....	39
<b>Definición de Términos Básicos .....</b>	<b>40</b>
Cemento Portland.....	40
Agregado Fino .....	41
Agregado Grueso.....	41
Agua .....	41
Aire.....	41
Emulsión Asfáltica.....	41
Concreto.....	41
Salitre .....	41
Eflorescencias .....	41
Capilaridad .....	41
Humedad.....	41
Permeabilidad.....	41
Absorción .....	42

<b>Morfología.....</b>	<b>42</b>
<b>Corrosión .....</b>	<b>42</b>
<b>Nivel Freático.....</b>	<b>42</b>
<b>Hipótesis y Variables .....</b>	<b>42</b>
<b>Formulación de la Hipótesis.....</b>	<b>42</b>
<b>Variables - Operacionalización.....</b>	<b>42</b>
<b>Materiales y Métodos .....</b>	<b>44</b>
<b>Tipo de Estudio Y Diseño de Contrastación de Hipótesis.....</b>	<b>44</b>
<b>Población, Muestra de Estudio y Muestreo.....</b>	<b>44</b>
<b>Unidad de estudio .....</b>	<b>44</b>
<b>Población.....</b>	<b>44</b>
<b>Muestra .....</b>	<b>44</b>
<b>Métodos y Técnicas de Recolección de Datos .....</b>	<b>45</b>
<b>Estrategia Metodológica para Demostración de la Hipótesis .....</b>	<b>47</b>
<b>Métodos .....</b>	<b>50</b>
<b>Ensayos al Suelo de la Zona de Estudio .....</b>	<b>50</b>
<b>Ensayos a Edificación de la Zona de Estudio .....</b>	<b>60</b>
<b>Ensayos a los Agregados.....</b>	<b>65</b>
<b>Elaboración de Diseños de Mezcla .....</b>	<b>86</b>
<b>Ensayos al Estado Fresco del Concreto .....</b>	<b>96</b>
<b>Ensayos al Estado Endurecido del Concreto .....</b>	<b>104</b>
<b>Variación de Peso Unitario del Concreto.....</b>	<b>117</b>
<b>Técnicas .....</b>	<b>118</b>
<b>Técnicas para la Recolección de Datos .....</b>	<b>118</b>
<b>Técnicas para el Procesamiento de Datos .....</b>	<b>118</b>
<b>Consideraciones Éticas.....</b>	<b>119</b>
<b>Resultados y Discusión .....</b>	<b>119</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>119</b>

Ensayo de Granulometría .....	119
Ensayo de Humedad .....	119
Ensayo de Límites de Atterberg .....	120
Ensayo de Gravedad Específica .....	120
Ensayo de Próctor Modificado.....	120
Ensayo de Sales Solubles Totales .....	120
<b>Propiedades del Mortero de la Zona de Estudio.....</b>	<b>120</b>
Ensayo de pH.....	120
Ensayo de Cloruros Solubles.....	120
Ensayo de Sulfatos Solubles .....	121
<b>Propiedades del Agregado Fino.....</b>	<b>121</b>
Ensayo de Granulometría .....	121
Ensayo de Humedad .....	122
Ensayo de Absorción y Peso Específico .....	123
Ensayo de Pesos Unitarios Suelto y Compactado.....	123
<b>Propiedades del Agregado Grueso .....</b>	<b>125</b>
Ensayo de Granulometría .....	125
Ensayo de Humedad .....	127
Ensayo de Absorción y Peso Específico .....	127
Ensayo de Pesos Unitarios Suelto y Compactado.....	127
<b>Elaboración de Diseños de Mezcla.....</b>	<b>129</b>
<b>Evaluación de las Propiedades del Estado Fresco del Concreto.....</b>	<b>129</b>
Ensayo de Asentamiento.....	129
Temperatura del Concreto .....	130
<b>Evaluación de las Propiedades del Estado Endurecido del Concreto .....</b>	<b>130</b>
Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	130
Ensayo de Absorción Capilar.....	132

<b>Ensayo de Cambio de Longitud en Morteros de Cemento Portland Expuestos a Soluciones Sulfatadas .....</b>	<b>137</b>
<b>Evaluación de la Variación de Peso Unitario del Concreto.....</b>	<b>145</b>
<b>Discusión .....</b>	<b>145</b>
<b>Propiedades agresivas del Suelo de la Zona de Estudio .....</b>	<b>145</b>
<b>Condiciones actuales del daño en muestras de la zona de estudio .....</b>	<b>145</b>
<b>Selección de la relación agua-cemento (a/c) del concreto .....</b>	<b>146</b>
<b>Influencia del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso .....</b>	<b>146</b>
<b>Influencia del orden de mezclado del concreto con emulsión asfáltica .....</b>	<b>146</b>
<b>Influencia del porcentaje de emulsión asfáltica en el concreto .....</b>	<b>147</b>
<b>Relación con la presencia de poros .....</b>	<b>148</b>
<b>Relación con la trabajabilidad .....</b>	<b>149</b>
<b>Relación con el aire atrapado durante el curado.....</b>	<b>149</b>
<b>Relación con la resistencia a la compresión.....</b>	<b>150</b>
<b>Relación con la absorción capilar.....</b>	<b>151</b>
<b>Relación con la exposición acelerada a sulfatos.....</b>	<b>152</b>
<b>Influencia de la emulsión asfáltica en la variación de peso unitario del concreto ....</b>	<b>152</b>
<b>Uso de concreto estructural adicionado con emulsión asfáltica .....</b>	<b>152</b>
<b>Comparación con datos preexistentes de mortero con emulsión asfáltica.....</b>	<b>153</b>
<b>Relación con la resistencia a la compresión.....</b>	<b>153</b>
<b>Relación con la absorción capilar.....</b>	<b>155</b>
<b>Comparación con datos preexistentes de otros materiales con emulsión asfáltica... </b>	<b>156</b>
<b>Evaluación económica entre un concreto convencional a uno adicionado con emulsión asfáltica.....</b>	<b>157</b>
<b>Evaluación económica entre la emulsión asfáltica y otros aditivos impermeabilizantes para el concreto .....</b>	<b>158</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>159</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>160</b>

<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>161</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>165</b>

## Lista de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	43
Tabla 2. Muestra .....	45
Tabla 3. Técnicas e Instrumentos .....	45
Tabla 4. Tabla 7.4.3: Resistencia a la compresión promedio .....	87
Tabla 5. Tabla 9.2.2 .....	87
Tabla 6. Tabla 11.2.1: Contenido de aire atrapado.....	88
Tabla 7. Tabla 10.2.1: Volumen unitario de agua .....	88
Tabla 8. Tabla 12.2.2: Relación agua-cemento por resistencia .....	89
Tabla 9. Tabla 13.3.2: Concreto expuesto a soluciones de sulfatos.....	90
Tabla 10. Tabla 16.2.2: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.	91
Tabla 11. Granulometría de agregado fino .....	121
Tabla 12. Valores para gráfica de granulometría de agregado fino .....	121
Tabla 13. Módulo de fineza del agregado fino utilizado para el concreto .....	122
Tabla 14. Granulometría de agregado grueso.....	125
Tabla 15. Valores para gráfica de granulometría de agregado grueso.....	125
Tabla 16. Módulo de fineza del agregado grueso utilizado para el concreto.....	126
Tabla 17. Datos de entrada de diseños de mezcla.....	129
Tabla 18. Variación de temperatura.....	130
Tabla 19. Valores de resistencia a la compresión de $f'c$ 175 – 0%.....	130
Tabla 20. Valores de resistencia a la compresión de $f'c$ 175 – 10%.....	130
Tabla 21. Valores de resistencia a la compresión de $f'c$ 175 – 20%.....	130
Tabla 22. Valores de resistencia a la compresión de $f'c$ 175 – 30%.....	130
Tabla 23. Valores de resistencia a la compresión de $f'c$ 210 – 0%.....	130
Tabla 24. Valores de resistencia a la compresión de $f'c$ 210 – 10%.....	130
Tabla 25. Valores de resistencia a la compresión de $f'c$ 210 – 20%.....	130
Tabla 26. Valores de resistencia a la compresión de $f'c$ 210 – 30%.....	130

<b>Tabla 27. Valores de resistencia a la compresión de <math>f'c</math> 175 kg/cm<sup>2</sup> y <math>f'c</math> 210 kg/cm<sup>2</sup>.....</b>	<b>130</b>
<b>Tabla 28. 4 medidas de las dimensiones de los discos de concreto.....</b>	<b>132</b>
<b>Tabla 29. Medidas promedio de las dimensiones y área expuesta de los discos de concreto</b>	<b>133</b>
<b>Tabla 30. Pesos iniciales y parcialmente sumergidos de los discos de concreto.....</b>	<b>134</b>
<b>Tabla 31. Resultados de absorción capilar para diseños de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup>...</b>	<b>136</b>
<b>Tabla 32. Resultados de velocidad de absorción capilar para diseños de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210kg/cm<sup>2</sup>.....</b>	<b>136</b>
<b>Tabla 33. Resistencia a la compresión de cubos de mortero de diseño 175 kg/cm<sup>2</sup>.....</b>	<b>138</b>
<b>Tabla 34. Resistencia a la compresión de cubos de mortero de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>.....</b>	<b>138</b>
<b>Tabla 35. Medidas de diseño M1.....</b>	<b>139</b>
<b>Tabla 36. Medidas de diseño M2.....</b>	<b>139</b>
<b>Tabla 37. Medidas de diseño M3.....</b>	<b>139</b>
<b>Tabla 38. Medidas de diseño M4.....</b>	<b>140</b>
<b>Tabla 39. Medidas de diseño M5.....</b>	<b>140</b>
<b>Tabla 40. Medidas de diseño M6.....</b>	<b>140</b>
<b>Tabla 41. Medidas de diseño M7.....</b>	<b>141</b>
<b>Tabla 42. Medidas de diseño M8.....</b>	<b>141</b>
<b>Tabla 43. Variaciones de longitud de diseño M1.....</b>	<b>141</b>
<b>Tabla 44. Variaciones de longitud de diseño M2.....</b>	<b>142</b>
<b>Tabla 45. Variaciones de longitud de diseño M3.....</b>	<b>142</b>
<b>Tabla 46. Variaciones de longitud de diseño M4.....</b>	<b>142</b>
<b>Tabla 47. Variaciones de longitud de diseño M5.....</b>	<b>142</b>
<b>Tabla 48. Variaciones de longitud de diseño M6.....</b>	<b>143</b>
<b>Tabla 49. Variaciones de longitud de diseño M7.....</b>	<b>143</b>
<b>Tabla 50. Variaciones de longitud de diseño M8.....</b>	<b>143</b>
<b>Tabla 51. Variaciones de longitud de viguetas .....</b>	<b>144</b>
<b>Tabla 52. Resultados de variación de peso unitario del concreto .....</b>	<b>145</b>

<b>Tabla 53. Variación de absorción capilar de diseños 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup> .....</b>	<b>151</b>
<b>Tabla 54. Resultados de resistencia a la compresión de los bloques para sobrecimiento [5] 154</b>	
<b>Tabla 55. Variación porcentual de resistencia a la compresión de las muestras con respecto al patrón (Muestra 1).....</b>	<b>154</b>
<b>Tabla 56. Comparación de variaciones de resistencia a la compresión entre el artículo y la presente investigación.....</b>	<b>155</b>
<b>Tabla 57. Variación porcentual de velocidad de absorción capilar de las muestras con respecto al patrón (Muestra 1).....</b>	<b>155</b>
<b>Tabla 58. Comparación de variaciones de velocidad de absorción capilar entre el artículo y la presente investigación.....</b>	<b>156</b>
<b>Tabla 59. Comparación de velocidad de absorción capilar entre distintos aditivos impermeabilizantes.....</b>	<b>156</b>
<b>Tabla 60. Costos de diseños de 175 kg/cm<sup>2</sup>.....</b>	<b>157</b>
<b>Tabla 61. Costos de diseños de 210 kg/cm<sup>2</sup>.....</b>	<b>157</b>
<b>Tabla 62. Comparación de costos de diseños de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup> .....</b>	<b>158</b>
<b>Tabla 63. Comparación de costos de aditivos impermeabilizantes.....</b>	<b>158</b>

## Lista de figuras

Figura 1. Trazado de calicata.....	50
Figura 2. Profundidad de 2 m .....	50
Figura 3. Uniformidad de estratos.....	50
Figura 4. Tamices para agregado fino (Falta N°200) .....	51
Figura 5. Rastrillo.....	51
Figura 6. Brocha .....	51
Figura 7. Cucharón .....	51
Figura 8. Balanza.....	51
Figura 9. Horno .....	51
Figura 10. Recipientes .....	51
Figura 11. Tamices N°10 y N°40 .....	55
Figura 12. Recipiente.....	55
Figura 13. Cuchara Casagrande .....	55
Figura 14. Molde de 4” .....	57
Figura 15. Pisón manual modificado .....	57
Figura 16. Zona escogida.....	60
Figura 17. Muestra para cloruros solubles.....	62
Figura 18. Muestra .....	67
Figura 19. Lavado.....	67
Figura 20. Secado .....	67
Figura 21. Peso húmedo .....	69
Figura 22. Peso seco.....	69
Figura 23. Fiolas .....	70
Figura 24. Cono .....	70
Figura 25. Pisón.....	70
Figura 26. Secado al aire .....	72

<b>Figura 27. Muestras saturadas.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 28. Condición SSS.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 29. Muestra saturada.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 30. Condición SSS.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 31. Varilla .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 32. Martillo de goma.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 33. Balanza 30 kg.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 34. Peso Unitario Suelto Húmedo 1 de Agregado Fino .....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 35. Peso Unitario Compactado Húmedo 2 de Agregado Fino.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 36. Tamices para Agregado Grueso.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 37. Balanza de Penfield .....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 38. Canastilla .....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 39. Lavado.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 40. Muestra Abs.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 41. Peso Seco Abs.....</b>	<b>82</b>
<b>Figura 42. Muestra Densidad.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 43. Peso Seco Densidad.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 44. Peso Unitario Suelto Húmedo 1 de Agregado Grueso.....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 45. Peso Unitario Suelto Húmedo 2 de Agregado Grueso.....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 46. Peso Unitario Compactado Húmedo 1 de Agregado Grueso .....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 47. Peso Unitario Compactado Húmedo 2 de Agregado Grueso .....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 48. Cono de Abrams .....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 49. Trompo .....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 50. Bandeja metálica .....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 51. Vaciado de concreto para slump.....</b>	<b>98</b>
<b>Figura 52. Termómetro para concreto .....</b>	<b>99</b>
<b>Figura 53. f'c 175-10% .....</b>	<b>100</b>

<b>Figura 54. f'c 175-30%</b> .....	<b>100</b>
<b>Figura 55. f'c 210-0%</b> .....	<b>100</b>
<b>Figura 56. f'c 210-20%</b> .....	<b>100</b>
<b>Figura 57. f'c 210-30%</b> .....	<b>100</b>
<b>Figura 58. Moldes de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura y de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura</b> .....	<b>101</b>
<b>Figura 59. Balidejo</b> .....	<b>101</b>
<b>Figura 60. f'c 175-0%</b> .....	<b>102</b>
<b>Figura 61. f'c 175-10%</b> .....	<b>102</b>
<b>Figura 62. f'c 175-20%</b> .....	<b>102</b>
<b>Figura 63. f'c 175-30%</b> .....	<b>102</b>
<b>Figura 64. f'c 210-0%</b> .....	<b>102</b>
<b>Figura 65. f'c 210-10%</b> .....	<b>103</b>
<b>Figura 66. f'c 210-20%</b> .....	<b>103</b>
<b>Figura 67. f'c 210-30%</b> .....	<b>102</b>
<b>Figura 68. Golpes con martillo de goma</b> .....	<b>103</b>
<b>Figura 69. Curado de probetas en fosa externa</b> .....	<b>103</b>
<b>Figura 70. Curado de probetas en fosa interna</b> .....	<b>103</b>
<b>Figura 71. Prensas</b> .....	<b>104</b>
<b>Figura 72. Retiro de probeta rota</b> .....	<b>105</b>
<b>Figura 73. Cámaras medioambientales</b> .....	<b>106</b>
<b>Figura 74. Bromuro de potasio</b> .....	<b>106</b>
<b>Figura 75. Silicona para sellar</b> .....	<b>107</b>
<b>Figura 76. Bomba</b> .....	<b>107</b>
<b>Figura 77. Medidor</b> .....	<b>107</b>
<b>Figura 78. Pistola de silicona</b> .....	<b>107</b>
<b>Figura 79. Cámara</b> .....	<b>107</b>

<b>Figura 80. Bromuro de potasio .....</b>	<b>108</b>
<b>Figura 81. Cámara.....</b>	<b>108</b>
<b>Figura 82. Cámara y bomba .....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 83. Discos en bolsas herméticas.....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 84. Discos sumergidos a 5 mm y sellados .....</b>	<b>109</b>
<b>Figura 85. Comparación de probetas de 10 cm de diámetro con 20 cm de altura (f'c 175 – E.A.0%. 10%, 20% y 30%).....</b>	<b>110</b>
<b>Figura 86. Comparación de probetas de 10 cm de diámetro con 20 cm de altura (f'c 210 – E.A.0%. 10%, 20% y 30%).....</b>	<b>110</b>
<b>Figura 87. Batidora .....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 88. Moldes de cubos.....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 89. Tapers .....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 90. Sujetador metálico para viguetas.....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 91. Recipiente de PVC para sujetador metálico .....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 92. Paleta.....</b>	<b>111</b>
<b>Figura 93. Moldes de viguetas.....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 94. Placa de vidrio para moldes de cubos .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 95. Llave para pernos .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 96. Placas de vidrio de viguetas.....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 97. Pegamento para PVC .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 98. Cierra .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 99. Sulfato de sodio.....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 100. Aparato de medición de viguetas .....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 101. Agua destilada.....</b>	<b>112</b>
<b>Figura 102. Cubos de f'c 175 – 0, 10, 20 y 30% .....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 103. Cubos de f'c 210 – 0, 10, 20 y 30% .....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 104. Curado de cubos en horno a 35°C.....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 105. Muestras secas .....</b>	<b>115</b>

<b>Figura 106. Viguetas de <math>f'c</math> 175 kg/cm<sup>2</sup> – 0% .....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 107. Viguetas con placas de vidrio y sumergidas.....</b>	<b>115</b>
<b>Figura 108. Vaciado de viguetas en laboratorio .....</b>	<b>116</b>
<b>Figura 109. Curado de viguetas en horno a 35°C.....</b>	<b>116</b>
<b>Figura 110. Viguetas de 0%, 10%, 20% y 30%.....</b>	<b>116</b>
<b>Figura 111. Curva granulométrica del agregado fino y Husos .....</b>	<b>122</b>
<b>Figura 112. Curva granulométrica del agregado grueso y Husos.....</b>	<b>126</b>
<b>Figura 113. Curva de <math>f'c</math> 175 – TMN ¾” .....</b>	<b>131</b>
<b>Figura 114. Curva de <math>f'c</math> 210 – TMN ¾” .....</b>	<b>131</b>
<b>Figura 115. Absorción capilar de diseño 175 kg/cm<sup>2</sup> (a) y de 210 kg/cm<sup>2</sup> (b).....</b>	<b>137</b>
<b>Figura 116. Expansión por exposición acelerada a sulfatos de diseño 175 kg/cm<sup>2</sup> (a) y de 210kg/cm<sup>2</sup> (b).....</b>	<b>144</b>
<b>Figura 117. Muestra un poco seca.....</b>	<b>147</b>
<b>Figura 118. Probetas con poros.....</b>	<b>148</b>
<b>Figura 119. Discos sin presencia de grandes poros.....</b>	<b>148</b>
<b>Figura 120. Emulsión asfáltica.....</b>	<b>149</b>
<b>Figura 121. Probetas en proceso de curado.....</b>	<b>150</b>

## Lista de ecuaciones

<b>Ecuación 1. Porcentaje de peso retenido.....</b>	<b>52</b>
<b>Ecuación 2. Porcentaje de peso retenido acumulado .....</b>	<b>52</b>
<b>Ecuación 3. Porcentaje de peso que pasa.....</b>	<b>52</b>
<b>Ecuación 4. Módulo de fineza .....</b>	<b>53</b>
<b>Ecuación 5. Porcentaje de humedad.....</b>	<b>54</b>
<b>Ecuación 6. Peso seco para absorción y peso específico .....</b>	<b>73</b>
<b>Ecuación 7. Porcentaje de absorción .....</b>	<b>73</b>
<b>Ecuación 8. Peso específico.....</b>	<b>73</b>
<b>Ecuación 9. Peso Unitario Suelto Húmedo .....</b>	<b>75</b>
<b>Ecuación 10. Peso Unitario Suelto Seco.....</b>	<b>75</b>
<b>Ecuación 11. Peso Unitario Compactado Húmedo.....</b>	<b>75</b>
<b>Ecuación 12. Peso Unitario Compactado Seco .....</b>	<b>76</b>
<b>Ecuación 13. Resistencia a la compresión del concreto.....</b>	<b>105</b>
<b>Ecuación 14. Absorción capilar.....</b>	<b>110</b>
<b>Ecuación 15. Velocidad de absorción capilar .....</b>	<b>110</b>
<b>Ecuación 16. Variación de longitud de viguetas.....</b>	<b>116</b>
<b>Ecuación 17. Variación de peso unitario.....</b>	<b>117</b>

## Lista de anexos

<b><u>Anexo 1:</u> Declaración Jurada.....</b>	<b>165</b>
<b><u>Anexo 2:</u> Panel Fotográfico .....</b>	<b>166</b>
<b><u>Anexo 3:</u> Afectación por Inundaciones en la ciudad de San José Proveniente de Sigrid .....</b>	<b>179</b>
<b><u>Anexo 4:</u> Cartografía Peligros: Inundación: Niveles de Susceptibilidad: Regional: Alto Proveniente de Sigrid .....</b>	<b>180</b>
<b><u>Anexo 5:</u> Susceptibilidad Moderada a Inundación Fluvial en la ciudad de San José Proveniente de Geocatmin .....</b>	<b>180</b>
<b><u>Anexo 6:</u> Mapa Geotécnico Proveniente del Mapa de Peligros de San José.....</b>	<b>181</b>
<b><u>Anexo 7:</u> Mapa Peligros Geológicos: Suelos Licuables y Expansivos Proveniente del Mapa de Peligros de San José .....</b>	<b>182</b>
<b><u>Anexo 8:</u> Mapa Peligros Climáticos: Zonas de Afectación por Inundaciones Proveniente del Mapa de Peligros de San José .....</b>	<b>183</b>
<b><u>Anexo 9:</u> Resultados de Encuesta.....</b>	<b>184</b>
<b><u>Anexo 10:</u> Ficha Técnica de la Emulsión Asfáltica.....</b>	<b>186</b>
<b><u>Anexo 11:</u> Solicitud de Algún Estudio de Mecánica de Suelos Reciente en la ciudad de San José .....</b>	<b>187</b>
<b><u>Anexo 12:</u> Solicitud a la Municipalidad de San José de no Duplicidad de Proyecto de Tesis .....</b>	<b>188</b>
<b><u>Anexo 13:</u> Ensayo de Asentamiento.....</b>	<b>189</b>
<b><u>Anexo 14:</u> Ensayo de Resistencia A la Compresión.....</b>	<b>191</b>
<b><u>Anexo 15:</u> Ensayo de Cambio de Longitud en Morteros de Cemento Portland Expuestos a Soluciones Sulfatadas .....</b>	<b>204</b>
<b><u>Anexo 16:</u> Variación de Peso Unitario del Concreto .....</b>	<b>210</b>
<b><u>Anexo 17:</u> Ensayos de Granulometría, Humedad y Límites de Atterberg de la Calicata .....</b>	<b>230</b>
<b><u>Anexo 18:</u> Ensayo de Gravedad Específica de la Calicata .....</b>	<b>231</b>

<b><u>Anexo 19:</u></b> Ensayo de Próctor Modificado de la Calicata .....	<b>232</b>
<b><u>Anexo 20 :</u></b> Ensayo de Sales Solubles Totales de la Calicata .....	<b>23</b>
<b><u>Anexo 21:</u></b> Ensayo de pH de la Zona de Estudio.....	<b>234</b>
<b><u>Anexo 22:</u></b> Ensayo de Cloruros Solubles de la Zona de Estudio .....	<b>235</b>
<b><u>Anexo 23:</u></b> Ensayo de Sulfatos Solubles de la zona de Estudio.....	<b>236</b>
<b><u>Anexo 24:</u></b> Elaboración de Diseños de Mezcla .....	<b>237</b>

## Resumen

Un problema común en las paredes del primer piso es la presencia constante de eflorescencias, que es un desperdicio de sal polvoriento, frecuentemente blanco como la tiza. Esto sucede cuando un ambiente húmedo (suelo sulfatado) disuelve las sales de calcio del concreto y migra la superficie por capilaridad. Ahora bien, un fenómeno como este podría ser fatal para la construcción, debido a la degradación del material y también para la salud humana.

Hoy en día, la gente repara estas apariciones blancas, pero tienden a reaparecer. Por ello, el cemento MS se utiliza para evitar que esto ocurra, pero para ambientes muy agresivos los aditivos son la mejor opción, salvo por su precio. Es por ello que en esta investigación se produjeron y analizaron cilindros de concreto y vigas de mortero de 2 diseños. Estaban compuestos por agregado fino y grueso, cemento MS y emulsión asfáltica (aditivo bituminoso) al 0%, 10%, 20% y 30% del peso del cemento.

Ensayos como la resistencia a la compresión, absorción capilar y la exposición acelerada a sulfatos fueron fundamentales para probar la viabilidad de la propuesta, es decir, la cantidad óptima de emulsión. Además, se concluyó que las muestras con 10% y 20% de emulsión asfáltica pueden ser funcionales para fines estructurales (cimentaciones) y no estructurales (recubrimientos), debido a la resistencia a la compresión alcanzada y en comparación con las tradicionales tiene mejor defensa contra los sulfatos.

**Palabras clave:** Concreto, concreto impermeable, emulsión asfáltica, sulfatos, durabilidad.

### **Abstract**

A common issue on the first-floor walls is the constant presence of efflorescence which is a dusty salt waste, frequently white like chalk. This happens when a humid environment (sulfated soil) dissolves calcium salts of concrete and migrate to the surface by capillarity. Now, a phenomenon like this could be fatal for the construction due to material demotion and also for human health.

Nowadays, people repair these white things but they tend to reappear. There for, MS cement is used to prevent this to occur, but for highly aggressive environments additives are the best option, except for its price. That is why in this research, concrete cylinders and mortar beams of 2 designs were produced and analyzed. They were made up of fine and coarse aggregate, MS cement and asphalt emulsion (bituminous additive) of 0%, 10%, 20% and 30% by weight of the cement.

Experiments like compressive strength and accelerated exposure to sulfates were fundamental to prove the viability of the proposal, ergo the optimum amount of emulsion. Furthermore, it was concluded that samples with 10% and 20% of asphalt emulsion can be functional for structural (foundations) and non-structural (overlays) purposes because of the reached compressive strength and compared to traditional ones it has better defense against sulfates.

**Keywords:** Concrete, waterproofing concrete, asphalt emulsion, sulfates, durability.

## Introducción

La *situación problemática* se basa en un problema bastante común en las edificaciones es la aparición de eflorescencias, por ello, Girón y Ramírez afirmaron que: La eflorescencia en el concreto es un fenómeno muy común, pero no muy explorado. Es un residuo de sales con textura polvorosa de color blanco tiza y puede aflorar en la superficie de cualquier producto que contenga cemento sin importar su color. Este fenómeno ocurre cuando la humedad disuelve las sales de calcio en el concreto y migra a la superficie a través de la capilaridad [1].

Por otro lado, Villegas asegura que la eflorescencia: “Es una medida de afloramiento y cristalización de las sales solubles comprendidas en el ladrillo cuando es humedecido. Entonces, la cristalización de las sales se propagará cuando se encuentre en cantidades importantes. Así, la presión que ejerzan al crecer puede provocar rajaduras y desintegración de la albañilería” [1].

Estos problemas con la humedad se pueden evidenciar en todo el mundo, desde América hasta Europa. Un caso particular es el de España, en donde 6 de cada 10 edificaciones no emplean aislamientos o impermeabilizantes, por ello en 2013 se obtuvo un resultado de 2556 edificios resanados, debido a la humedad estructural y para solucionar ello se utilizaron distintos métodos de impermeabilización y desecación [2].

No obstante, se debe conocer la razón de producción de este fenómeno, por ello Fernández indicó que la humedad proveniente del suelo también es un problema que produce eflorescencias. En Perú persisten estos casos de perjuicios en las viviendas, debido a que la acumulación de sales solubles en forma de agua puede ser transportada por la acción capilar, mediante los materiales porosos, así apareciendo en su superficie, por ello cuando se evapora el fluido por efecto de los rayos solares o del mismo aire de los materiales de construcción, alteran a los muros que se encuentran en contacto con el suelo, dando inicio a este tipo de humedad [1].

En Perú, también se presentan las eflorescencias en grandes cantidades en toda la zona costera, por esta razón Yaya analizó en Chimbote que los elementos de cierre más afectados fueron muros de albañilería, en un 60.47% del total de la superficie con patologías, de las cuales el 33.97% incumbe a eflorescencias en un nivel severo”. Otro trabajo hecho por Shaquihuanga,

que tuvo como meta el analizar el estado actual de los muros de albañilería confinada en las edificaciones del sector Fila Alta mediante los defectos técnicos y patologías presentes en las unidades de estudio. Se sintetizó que el 15.28% de muros estudiados tenían problemas con grietas, el 37.5% presentan fallas por eflorescencia y humedad. Por ello, se entendió que las deficiencias y patologías se deben a la falta de asesoramiento de un profesional calificado, para que realice el seguimiento del proceso constructivo de su vivienda [1]. Estos documentos dejan evidencia que los muros de albañilería son efectivamente uno de los elementos más afectados por la aparición descontrolada de las eflorescencias.

De igual manera, se debe tener en cuenta que no solo se afecta de manera estructural (degradación de materiales) y estética a las viviendas con los problemas por humedad, también afecta a la salud de los habitantes. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen pruebas epidemiológicas suficientes para colegir que los habitantes de edificaciones con presencia de humedad se encuentran propensos a desarrollar síntomas del tracto respiratorio superior e inferior (incluyendo la tos y el silbido al respirar), infecciones respiratorias, asma y exacerbación del asma [3]. Entonces, resultaría peligroso vivir en viviendas afectadas por estos suelos con presencia de salitre porque, en adición a lo ya explicado, puede existir la aparición de mohos, ácaros, manchas en las paredes y porque puede incluso, a largo plazo, puede causar problemas respiratorios.

Si bien es cierto que en toda la zona costeña existe esta notable presencia de humedad en las viviendas, en Lambayeque una de las zonas con mayor acentuación de este problema es la ciudad de San José en el distrito de San José, debido a que se encuentra cerca de una playa y porque el nivel freático, para suelos licuables en esa zona está ubicado a una cota superficial de 1.0 a 2.5 m al peste de la Ciudad de San José, clasificándolo así como un peligro alto y en suelos con expansibilidad baja, el nivel es de 2.0 a 2.5 m, clasificándolo así como un peligro medios en zonas puntuales de la Ciudad de San José y en zonas de expansión urbana [4].

Otra evidencia de este problema es que, según los mapas de SIGRID, esta zona es considerada como parte de algún distrito afectado por inundaciones de 1983, como se puede apreciar en el Anexo 3. Otro mapa que sirve como sustento del porqué existen tantas eflorescencias en la zona es el Anexo 4, el cual representa el grado de susceptibilidad ante inundaciones zonificado en la Ciudad de San José.

GEOCATMIN también fue de gran ayuda con sus mapas para exponer la situación problemática de San José, como es el Anexo 5, el cual representa la susceptibilidad moderada a inundación fluvial en la Ciudad de San José:

Otros mapas que exponen lo mismo son los Mapas de Peligro de INDECI adjuntos en los Anexos 6, 7 y 8, los cuales zonifican los tipos de suelo que se encuentran adjuntos.

Para poder verificar que las condiciones propuestas por la información ya explicada era lo suficientemente grave, se realizó una visita a la ciudad, en donde se realizó una encuesta (Anexo 9) de la cual se obtuvo que el 100% de viviendas presentan eflorescencias en su vivienda, 65% afirmaron que las eflorescencias llegan a tener una altura de 30 – 40 cm, 88% han resanado los elementos afectados, 100% lo hicieron con mortero y no aditivos, 44% afirmaron que los problemas de humedad reaparecer 3 meses después de resanar y 31% dijo que fue después de 1 mes y, por último, 88% comentó que no presentan problemas de salud por la humedad.

Según esta data, se puede entender que claramente existe un problema grave en la zona dejando como evidencia la calidad de las viviendas en toda la zona, pues no es mucha a diferencia entre las edificaciones más cerca a la playa que las más alejadas, como se debería esperar. La mayoría de viviendas presenta su fachada con eflorescencias de gran tamaño como se puede apreciar en los Anexos 2.11. y 2.12.

Estas imágenes son de vital importancia porque recalcan el avance de las eflorescencias en las viviendas, siendo unas del 2013 y otras del 2021 que son actuales. Su comparación evidencia el avance descontrolado, incluso cuando los habitantes afirmaron haber realizado reparaciones pero que al permanecer el problema y con gran velocidad, decidieron dejar de hacerlo, pues el costo no era muy asequible. Sin embargo, hubo casos aún peores, en los cuales se apreció la exposición y corrosión del acero de los elementos de la vivienda, como el Anexo 2.15.

Por todas estas razones se cree conveniente realizar este proyecto para poder evitar este problema latente en la Ciudad de San José, dado que afecta en gran magnitud a las viviendas de toda la zona, sin excepción. Además, es una alternativa más beneficiosa que algunas ya realizadas como el resanar con mortero, pintura y aditivos, pues es una solución superficial que solo solucionará el problema momentáneamente, ya que las sales seguirán presentes en el suelo y así subirán a los elementos y se repetirá el ciclo: Resanar constantemente y degradación de materiales de la vivienda. Sin embargo, con la adición de emulsión asfáltica al concreto de sobrecimientos, se erradicará el problema desde a raíz, pues las sales no podrán subir por el

elemento hasta las paredes y crear eflorescencias, así evitando problemas estructurales, estéticos y de salud.

La **formulación del problema** es: ¿De qué manera la adición de material bituminoso mejorará las propiedades mecánicas para que aumente la resistencia ante los efectos del salitre en el concreto simple para sobrecimiento de las edificaciones en la Ciudad de San José?

La **justificación** se basa en un problema latente en las edificaciones de la Ciudad de San José es la presencia de eflorescencias en sus fachadas y muros interiores, debido al alto nivel freático en la zona. Por esto, se cree conveniente realizar esta propuesta de proyecto, justificable por lo siguiente:

En el aspecto económico, ayudará a evitar los costos altos por reparaciones superficiales continuas con o sin aditivos en los elementos afectados por la humedad proveniente del suelo. Cabe recalcar que, la mayoría de pobladores entrevistados, no contaban con los recursos necesarios para resanar constantemente sus viviendas (Anexo 9), debido a que el periodo de retorno varía entre 1 a 3 meses (Anexo 9), dejando insostenibles los reparos incesantes.

En el aspecto ambiental, se reducirían los residuos o escombros producidos al resanar las viviendas, puesto que este proyecto evitaría que las sales suban por la cimentación por capilaridad y así evitando el afloramiento de eflorescencias.

En el aspecto social, este proyecto se vindica al prevenir enfermedades respiratorias en los habitantes por la presencia exagerada de eflorescencias en la mayoría de las viviendas, cuya exposición a largo plazo podría ocasionar o exacerbar el asma.

En el aspecto metodológico, este proyecto tiene importancia al presentar mejores propiedades, como resistencia a penetración y absorción capilar, ante los efectos de la humedad, en comparación a otros medios como resanar con mortero y pintura, con aditivos o algún otro material hidrófugo, tal como es el SIKA para concreto impermeable. Esto es importante porque la Ciudad de San José tiene un nivel freático muy alto, el cual permite la afloración de eflorescencias excesivas, por ello se debe erradicar y no tratar el problema. Para ello, se cree conveniente incorporar el aditivo bituminoso en el sobrecimiento, así evitando que las sales carbonaten el concreto y, a largo plazo, despasiven el acero de las estructuras. Además, este proyecto sentaría un precedente para tratar diversas localidades en toda la costa del país, debido a que es un problema común y preocupante que no tiene aún una solución establecida.

En el aspecto urbanístico, se considera que brindaría armonía y regularidad a la Ciudad de San José, al presentarse esta situación en la mayoría de la zona, en algunas edificaciones en mayor cantidad que otras.

Con todas estas justificaciones ya explicadas, se entiende que este proyecto puede salvaguardar la salud de los pobladores, reducir gastos innecesarios que al final de cuentas solo retrasan la degradación incontrolable de las estructuras y ponen en peligro a los habitantes y porque es la mejor opción para reducir la permeabilidad y capacidad de absorción capilar ante los efectos inconmensurables de humedad en la Ciudad de San José.

Finalmente, se tiene como **objetivo general** el desarrollar el diseño de mezcla con adición de material bituminoso para mejorar las propiedades mecánicas, así aumentando la resistencia ante los efectos del salitre en el concreto simple de sobrecimientos en las edificaciones de la Ciudad de San José. Como **objetivos específicos**: realizar una calicata en la zona con mayor nivel freático para poder conocer las condiciones del suelo, demostrar un aumento en la durabilidad del concreto utilizando aditivos bituminosos, en comparación a otros aditivos y el uso exclusivo de cementos con resistencia al ataque de sulfatos, definir el porcentaje de aditivo bituminoso óptimo para impermeabilizar el concreto de sobrecimientos para edificaciones, demostrar con el ensayo de succión capilar que la adición bituminosa aumenta notablemente la impermeabilidad del concreto simple de sobrecimientos, demostrar con el ensayo de exposición acelerada a los sulfatos que la adición bituminosa se adecúa a las condiciones de salitre en San José, demostrar con el ensayo de resistencia a la compresión de probetas que la adición bituminosa no afecta el  $f'c$  del concreto simple y evaluar la rentabilidad técnica y económica de la adición de material bituminoso en comparación a un concreto convencional.

## Revisión de literatura

### Antecedentes del problema

#### Internacionales

##### **Artículo Científico: *Bloques de concreto con aditivos bituminosos para sobrecimiento 2017***

Cañola y Echavarría [5], confirmaron que, en Colombia, los elementos constructivos en tierra presentan una tendencia por el agua y una alta higroscopicidad, que, conjuntamente con las pésimas condiciones en el mantenimiento y procesos deficientes de protección ante los efectos de la humedad, se producen lesiones ligadas al exceso de agua. En la investigación se buscó estudiar el comportamiento físico mecánico, abarcado por el coeficiente de absorción capilar, la resistencia a la penetración de agua y a la compresión, de los bloques con compuestos bituminosos como aditivo. Esto fue propuesto debido a que se considera una necesidad para la reducción de patologías relacionadas a la exposición de humedad en las construcciones con bloques. Para poder realizar dicha propuesta, fue de suma importancia realizar ensayos sobre el bloque y sobre las probetas cilíndricas, por lo que hay propiedades que no se pueden analizar en los bloques. Aquellos bloques se fabricación según los parámetros de la norma NTC 5324, con dimensiones de 0.095 m de alto, 0.14m de ancho y 0.295m de longitud aligerados con perforación vertical. En cuanto a las probetas cilíndricas, se elaboraron según los parámetros de la UNE PRUNE 830982 y la norma ASTM C1585-04 con dimensiones de 0.10 m de diámetro y 0.05 m de alto. El primer resultado obtenido fue el módulo de fineza de la arena de concreta lavada, el cual fue de 2.98 siendo esta una arena media según su granulometría. Se evidenció también que la inclusión de emulsión asfáltica redujo enormemente la absorción capilar de las muestras, por lo mismo es que hubo un decrecimiento en la porosidad efectiva. Se concluye que los mejores resultados se obtienen con el 30% y 40% de adición de emulsión asfáltica, con esto se puede decir también que la adición de materiales bituminosos contribuye notablemente a disminuir la absorción capilar en morteros y concretos. Por último, pero no menos importante, se elaboraron ensayos de compresión a todas las probetas, las cuales tuvieron valores bajos, pero al compararlos con los bloques convencionales comerciales eran muy semejantes. En adición, se

estimaron los módulos de elasticidad de cada bloque con ultrasonido. Se llegó a la conclusión que los resultados de los ensayos muestran que la proporción de la mezcla óptima para su fabricación con emulsión asfáltica es del 50% porque permite mantener condiciones aceptables de resistencia a la compresión de las probetas. Por último, una adición de emulsión asfáltica de 25% respecto al agua logró reducir la absorción capilar en la mezcla, con la cual se podría eliminar los posibles daños en los muros por la presencia de humedad del suelo o lluvia.

**Artículo Científico: *Aplicación de emulsión asfáltica aniónica como aditivo para concreto 2012***

Boltryk y Malaszkievicz [6] realizaron microestructuras en las que la emulsión asfáltica como aditivo para concreto, las cuales tuvieron un buen comportamiento en cuanto a porosidad. Esta inclusión de material hizo que la estructura de la porosidad se moviera hacia los poros capilares más minúsculos, lo cual significó el decrecimiento de la absorción de agua y la capilaridad, obteniéndose así, la resistencia a la congelación. Sin embargo, la resistencia a la compresión disminuye conforme se mejora la durabilidad y se reduce la corrosión. En cuanto a los experimentos o ensayos, los resultados de XRD (X – ray diffraction) demostraron los valores de reliquias de alita, aluminato y estringita son prácticamente las mismas, sin consideran la composición del concreto. Además, se produjo un retraso en la hidratación de silicato tricálcico y el silicato dicálcico, así ocasionando un aumento en el volumen de gel de CSH y en la estanqueidad de la pasta de cemento. Entonces, se entiende que la emulsión asfáltica influyó en el proceso de hidratación del cemento en los primeros 60 días. En adición, se obtiene que la cantidad de agua no varía mucho en las probetas, no obstante, la adición disminuyó el hidróxido, incrementó el carbonato de calcio y cambió a fibrosa la morfología de la fase CSH. Cabe recalcar que, la emulsión asfáltica redujo la absorción de agua, lo cual es beneficioso, debido a que evita la aparición de eflorescencias, al cubrir los poros, así el  $\text{Ca(OH)}_2$  no se bifurca por la superficie del concreto.

**Tesis Pregrado: *Estudio patológico por humedades en los muros exteriores e interiores en las casas que conforman el conjunto residencial Guazuca en el Municipio de Guasca 2019***

Ardila [2] tuvo como meta el realizar una historia clínica y un diagnóstico de intervención para reducir hasta en un 90% la humedad en los muros exteriores e interiores en las edificaciones del conjunto residencial Guazuca, ubicado en el municipio de Guasca, en el departamento de Cundinamarca en Bogotá. El autor tomó como muestra las 10 casas más afectadas, de las cuales las patologías predominantes fueron la erosión con 14.1%, el desprendimiento de pinturas y pañetes con 22.2%, la humedad con 31.9%, las eflorescencias con 7.8% y las manchas con 23.8%. En ellas, se hicieron ensayos de absorción en agua, los cuales comprobaron que por lo menos un ladrillo absorbía individualmente 17% en comparación al 16% solicitado según la normativa NTC 4017. Además, se resanó con pintura a la casa 62, manzana H durante 15 meses y para el resto de la muestra se espera al personal técnico de SIKA que dé una solución específica. Cabe recalcar que, se estableció que la causa de las patologías por humedad no es por instalaciones sanitarias rotas o por ex filtraciones, pues la prueba de tintas obtuvo un resultado negativo, dejando así, como único causante el tipo de suelo en donde se encuentran edificadas las viviendas.

**Nacionales**

**Tesis Pregrado: *Estudio comparativo de los aditivos hidrófugos, por cristalización y bloqueadores de poros en la permeabilidad de morteros de cemento Tipo I 2019***

Leyva y Orbegoso [7] realizaron estudios en tres grupos de aditivos impermeabilizantes, de los cuales concluyeron que el relacionado a la cristalización fue el que menor agua absorbía, tuvo menores vacíos permeables y menor capilaridad, así superando al de tipo bloqueador de poros. Se ensayaron 72 probetas, 18 de ellas presentaban 1% del aditivo por cristalización, las cuales obtuvieron una capilaridad de 726 g/(m<sup>2</sup>\*h), siendo el de mejor comportamiento, sin embargo, no cumple con la permeabilidad al ser menor de 6 g/(m<sup>2</sup>\*h). El aditivo impermeabilizante también obtuvo un valor promedio de permeabilidad óptima de 8.33 E<sup>-8</sup> cm/s, lo cual es una reducción del 68.67% en comparación a una probeta regular. Otro punto a favor de la dosificación del 1% del tipo cristalización fue el menor resultado de índice de vacíos

permeables con un 14.15%, significando una disminución porcentual de 34.29 en comparación a una dosificación sin aditivos.

**Tesis Pregrado: *Reparación de muros confinados en viviendas afectadas por la eflorescencia ante eventos sísmicos en la Av. Santa Isabel, El Agustino 2018***

Peña [1] determina en tu investigación que sus métodos son eficaces al reducir los impactos por las eflorescencias en los elementos autoconstruidos afectados, pues mejoraría la durabilidad y erradicaría la vulnerabilidad sísmica y un prominente colapso de los muros. El autor realizó un tratamiento en base al método básico en muros confinados en las edificaciones de la Av. Santa Isabel, de donde se tomó una muestra, la cual indicó que el 20% ameritaba el uso de dicho método. Se utilizaron aditivos como SikaMur InyectaCream-100, Sika-1 en polvo, SikaTop-1 y Chema Top para resanar los muros, de los cuales la eflorescencia secundaria fue la predominante, no obstante, las criptoflorescencias también se encontraron presentes, por ello se consideró conveniente utilizar dicho método, al ser el más eficiente para combatir eflorescencias. Además, se comprendió que solo se podrían tratar con este método y todos sus pasos, los muros con criptoflorescencia, así se sintetizó que el 10% de la muestra necesitaba la aplicación del método de arreglo planteado.

**Locales**

**Tesis Pregrado: *Determinación y evaluación de las patologías del concreto en columnas, vigas, sobrecimiento y muros de albañilería confinada del cerco perimétrico de la Institución Educativa Manuel Antonio Mesones Muro, del Distrito de Ferreñafe, Provincia de Ferreñafe, Región Lambayeque 2016***

Tejada [8] conllevó una inspección visual al cerco perimétrico de la Institución Educativa y empleó una ficha de evaluación, con las cuales determinó la presencia de patologías en el 24.7% de las 15 muestras analizadas del elemento estructural, mientras 75.3% no contaba con ellas. Además, sintetizó que las patologías en el elemento fueron eflorescencias en un 9.10%, corrosión en un 0.84%, grietas con un 4.01%, picaduras con 3.92% y disgregamiento de materiales representado con un 6.82%. Después de realizar los estudios correspondientes, el autor consideró que el grado de severidad de las muestras del cerco se concluyó como moderado, debido a que se obtuvieron los

siguientes valores: 8.13% se catalogó como leve, 63.64% como moderado y 28.22% como severo.

**Tesis Pregrado: *Evaluación de las patologías de la Infraestructura Educativa N°10160 Rosa de América, Distrito de Mórrope, Lambayeque 2019***

Llontop y Santiesteban [9] analizaron y determinaron que las patologías presentes en la infraestructura fueron fisuras y agrietamientos verticales y horizontales, erosión, corrosión, humedad, picaduras, filtraciones y descascaramiento. Además, se concluyó que se presentan problemas de efecto de columna corta y prominentes asentamientos diferenciales, a causa de las grietas en los elementos de la edificación. Por esto, los autores consideraron que, era necesario demoler el módulo 1 y desmontar el módulo 5, cambiar la cobertura del patio y hacer reposiciones, todo según lo reglamentado en la Norma Básica Regular Primaria y Secundaria y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

### **Bases teórico-científicas**

#### **Normativa**

##### **Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado**

Se estipula que el menor valor de resistencia a la compresión a los 28 días para el concreto simple con propósitos estructurales es de 14 MPa o de 140 kg/cm<sup>2</sup>. Además, se especifica que los materiales que conformen al concreto como cemento, agregados finos y gruesos, agua, aditivos, entre otros, tienen que cumplir los mismos requisitos que un concreto armado. [10].

##### **NTP 400.012: Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global**

Esta normativa estipula el procedimiento del ensayo de la granulometría de los tres tipos de agregado, la cual tiene como objetivo determinar el tamaño de las partículas o granos que conforman un agregado. Este ensayo es de vital importancia, debido a que permite conocer el Tamaño Máximo y Tamaño Máximo Nominal, junto con el Módulo de Fineza y la curva granulométrica, siendo toda esta información necesaria para la elaboración de un Diseño de Mezcla. El ensayo tiene 3 divisiones, en cuanto al agregado fino, se emplean los tamices N°4 al N°200 en una muestra de 300 gr en un

estado seco al horno, lo mismo se realiza en el agregado grueso, con la diferencia en el rango de tamices es de 3" hasta el N°4 y la cantidad de material depende de una tabla, igual que el agregado global. Cabe aclarar que, los tamices se pueden agitar manualmente o puede ser ensayado por una maquinaria [11].

#### **NTP 339.185: Método Contenido de Humedad Total Evaporable de Agregados Por secado**

Esta explica el procedimiento de ensayo de agregado fino y grueso para poder conocer el porcentaje de humedad que puede evaporarse en una muestra. Esta consta en llevar el agregado al horno para que esté lo más seco posible, así se podrá pesar y emplear las fórmulas que brindan el porcentaje de humedad. Se recalca que el margen de errores de 0.01% [12].

#### **NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso**

Esta normativa relata el procedimiento para un ensayo de peso específico, el cual consta de una muestra (2 kg aproximadamente) a la cual se le debe tener como dato el Peso Seco Superficialmente Saturado y se introducirá al horno, luego, se obtendrá el Peso Sumergido para el agregado grueso que se obtiene mediante el uso de una canastilla y se vuelve a secar superficialmente a la muestra. Esto se pesa y así se obtiene, por el uso de una fórmula el peso específico. En cuanto a la absorción, se emplea la misma muestra, se satura por 24 h, se esparce mientras se seca superficialmente, se pesa y al final se lleva al horno.[13].

#### **NTP 400.022: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino**

Esta normativa relata el procedimiento para un ensayo de peso específico, en el cual se toman aproximadamente 500 gr, se utiliza el matraz y luego el horno por 24 h. En cambio, para la absorción se emplean entre 700-1000 gr, los cuales deben saturarse por 24 h, luego esparcirse en una bandeja directamente al sol. Una vez que esté casi seco, se utilizará el cono de absorción para lograr una condición Saturada Superficialmente Seca, de la que se tomarán 500-700 gr, los cuales serán el Peso

Saturado Superficialmente Seco, se pasarán por el horno 24 h y se utilizará la fórmula para hallar el resultado [14].

**NTP 339.129: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos**

Esta norma es utilizada para determinar el proceso de obtención de los límites de Atterberg, pues con ellos se comprende la humedad más baja que tiene el suelo con la que se pueden hacer barritas del mismo suelo, de aproximadamente 1/8" como diámetro, las cuales al ser ensayadas permitirán la obtención de los resultados deseados para conocer la morfología del suelo. [15].

**NTP 339.141: Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2,700 kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))**

Esta normativa permite conocer la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco del suelo, mediante el ensayo en un molde de diámetro de 4-6 pulg y un pisón de

44.5 n, el cual debe compactar a la muestra dentro del molde por caída libre de una altura de 18 pulg, aproximadamente, así se produce un esfuerzo de compactación [16].

**NTP 400.017: Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado**

Este reglamento o guía sirve para conocer y calcular el peso unitario suelto y compactado de los agregados, así como los vacíos en ellos, mediante unos moldes parecidos al de las probetas cilíndricas de concreto, cuyas muestras serán apisonadas y martilladas por los costados hasta obtener los resultados correspondientes [17].

**NTP 339.152: Método de ensayo para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea**

Esta normativa tiene como meta determinar la cantidad o presencia de sales en el suelo escogido como muestra de alguna localidad, mediante la elaboración de un extracto acuoso. Cabe aclarar que, también es conocido como TDS (Determinación de sólidos disueltos en aguas) porque también se puede realizar en especímenes de agua subterránea [18].

**NTP 339.059: Método para la obtención y ensayo de corazones de diamantino y vigas seccionadas de hormigón (Concreto)**

Esta norma se realiza en elementos que se sospecha que no han estado correctamente diseñados o presentan algunas patologías, por ellos es que no se considera como un ensayo destructivo, aun cuando se perfora el elemento para obtener una probeta cilíndrica que serán posteriormente ensayadas, cuyas dimensiones dependen del tamaño máximo nominal, pues el taladro escogido para la perforación debe ser 3 veces el valor de TMN [19].

**NTP 339.232: Método de ensayo para determinar la velocidad de absorción de agua en concretos de cemento Portland**

Esta normativa establece que obtiene sus resultados a través de la medición del aumento en la masa de la muestra, la cual se produce por la absorción del agua, al estar solo una parte de la superficie expuesta al agua y la otra no. Esta misma sumergida es la que por succión capilar permite que ingresen por sus poros el agua a su superficie no saturada. Cabe mencionar que de este ensayo se puede obtener el valor de la resistencia a la penetración del agua, el coeficiente de absorción capilar y la porosidad efectiva mediante fórmulas [20].

**NTP 339.034: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas**

Esta normativa abarca al ensayo de probetas cilíndricas hechas en laboratorio como a las probetas realizadas por el Ensayo de Diamantina. Su procedimiento consta de colocarle a la probeta dos almohadillas de neopreno, anteriormente azufre, pero por razones de bioseguridad se dejó de usar, en ambos diámetros para que la carga ejercida por la prensa se uniforme en toda la superficie circular de las probetas. El ensayo se puede realizar a 6 tiempos o edades del concreto: 1, 3, 7, 14, 21 y 28 días. No obstante, es usual que se realicen solo 3 de esos días y es necesario aclarar que se deja de ejercer la carga sobre las probetas cuando estas fallan a compresión, siendo esta de distintas maneras y cada una significa el comportamiento que podría tener el elemento si se usara una dosificación como la de las probetas [21].

### **NTP 339.162: Guía estándar para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y contracción**

Esta normativa define ciertos métodos, de los cuales se determinan las condiciones o propiedades del suelo, roca y agua subterránea, entonces, se puede decir que tiene como meta o finalidad el identificar los tipos de suelo, roca y las condiciones de agua subterránea de las muestras. Además, establece los pasos y requisitos que se deben seguir para elaborar calicatas [22].

### **NTP 339.035: Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams**

Esta normativa tiene como fin establecer los pasos que se deben seguir para realizar un buen ensayo de asentamiento o slump que es de suma importancia para la elaboración y análisis de un diseño de mezcla de concreto. Este ensayo consta de un cono en el cual se vaciarán 3 partes de concreto fresco y se varillará para evitar los vacíos en la mezcla, una vez terminado el varillado, se procederá a levantar el cono y medir la diferencia de altura entre el tumulto de material y el cono de Abrams. Esto servirá para comparar y modificar la dosificación hasta obtener el slump requerido por el diseño de mezcla justo antes de vaciar en los encofrados de los elementos, de esta manera se asegurará la calidad del concreto [23].

## **Generalidades del Concreto**

### **Cemento Portland**

Es uno de los elementos más importantes del concreto, pues abarca entre el 7-15% de su totalidad, al ser un material coloidal que presenta en su formación óxido de calcio, sílice, alúmina y óxido de hierro. Este material al aglutinarse con el agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire. Una de sus variaciones más utilizadas es el tipo Portland, el cual se produce por la fulminación del clínker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio [24].

### **Agregado Fino**

Es la fase discontinua de concreto al presentar diversas partículas que no se encuentran en contacto entre sí, sino que están bifurcadas por espesores diversos de pasta

endurecida. Este en particular corresponde al agregado que pasa por el tamiz N°4 pero se queda retenido en el N°200, cuyo Módulo de Fineza puede variar entre 2.1 a 3.2 [25].

### **Agregado Grueso**

Este en particular corresponde al agregado que se queda retenido a partir del tamiz N°4, cuyo Módulo de Fineza puede variar entre 5.1 a 7.2 [25].

### **Agua**

Es el elemento que aglutina y forma una pasta al mezclarse con el resto de elementos del concreto. Este corresponde al 15-22 % del total del concreto y es de vital importancia, debido a que su porcentaje determinará el  $f'c$  del concreto o resistencia a la compresión, expresado en la relación a/c (agua/cemento) [25].

### **Aire**

Este elemento puede ser atrapado o incorporado, es decir, el primero se refiere a cuando por el proceso de mezclado de concreto, se quedan vacíos al no existir un varillado perfecto y el otro, hace referencia a una técnica en el diseño de mezcla para mejorar ciertas propiedades del concreto para tiempos de hielo y deshielo. Cabe aclarar que el aire abarca entre el 1-3 % del total del concreto [25].

### **Emulsión Asfáltica**

Existen dos tipos: las aniónicas y las catiónicas. En cuanto a la primera, corresponden a aquellas que están cargadas electro-negativamente, en cambio, las segundas hacen referencia a las cargadas electro-positivamente. Este aditivo es empleado debido a que es un muy buen adhesivo, impermeabilizante, sellador e impregnador [26].

### **Temática de Humedad**

#### **Definición de eflorescencias**

La eflorescencia en el concreto es un fenómeno muy común, pero no muy explorado. Es un residuo de sales con textura polvorosa de color blanco y puede aflorar en la

superficie de cualquier producto que contenga cemento sin importar su color. Este fenómeno ocurre cuando la humedad disuelve las sales de calcio en el concreto y migra a la superficie a través de la capilaridad [1].

### **Tipos de Eflorescencias**

Existen 3 tipos:

- ✓ Muros con eflorescencia primaria: Esta es producida al finalizar recientemente la ejecución de una obra, es decir, es inevitable. Sin embargo, no es perpetua [1].
- ✓ Muros con eflorescencia secundaria: Este tipo aparece en edificaciones con una vigencia mayor a un año si es que estas presentan condiciones ineficientes como encontrarse sobre un terreno con alto nivel freático, presentar gran porosidad o simplemente tener defectos en su construcción [1].
- ✓ Muros con criptoflorescencia: La manera más fácil de identificar este tipo es al presenciar un desprendimiento parcial o total de la pintura y enchapes en las paredes o que los ladrillos y el mortero de la edificación empiecen a degenerarse. Esto se debe a la cantidad de sales solubles en el suelo y al estas subir por capilaridad al tener contacto directo con las estructuras.

### **Grados de eflorescencias**

Existen 3 tipos:

- ✓ Leve: Corresponden a aquellas color blanquecinas y parduzcas que presenten leve humedad y pequeñas manchas debido a la cristalización de sales. El área agraviada es menor del 30% del total del elemento.
- ✓ Moderado: Corresponden a aquellas que presentan humedad, una buena cantidad de cristalizaciones de sales que afectan al elemento y erosiones pequeñas. El área agraviada entre 30 – 60 % del total del elemento.
- ✓ Severo: Corresponden a aquellas con presencia de gran humedad y cristalizaciones de sales que conllevan a daños significativos como la desintegración y erosiones en el elemento. El área agraviada es mayor del 60 % del total del elemento [1].

## **Despasivación del acero**

Una de las razones de este fenómeno es la alcalinidad proveniente de la portlandita o el  $\text{CaOH}_2$  que procede de la hidratación del cemento y sus elementos alcalinos. Entonces, la pasivación se entiende que es el modelamiento de una película inerte sobre la superficie de un metal, en la mayoría de casos, que lo cuida de la acción de agentes externos. Sin embargo, el fenómeno en cuestión es lo contrario y esto ocurre cuando existe, por un lado, la carbonatación. Aquí, el  $\text{CO}_2$  ingresa por los capilares del concreto así interactuando con el hidróxido de calcio, produciendo carbonato de calcio. Entonces, el pH disminuye alrededor de la varilla de acero, convirtiendo el medio en ácido al extremo, así es como se forma la corrosión. Por otro lado, se encuentran los iones de cloro, los cuales destruyen la capa pasivante del acero puntualmente, así originando una corrosión por picadura [27].

## **Alternativas de reparación y Materiales Hidrófugos**

### **Método Básico**

Este se enfoca en la responsabilidad de fabricación de estándares de sulfatos disueltos en los ladrillos, tales como sodio, magnesio y potasio. Para lograr esto, se recomienda evitar a toda costa que se humedezcan a gran escala, como cuando llueve, se deben proteger las unidades de albañilería que se encuentran cerca de la obra, de lo contrario, ocurrirán filtraciones de sales disueltas de fuentes externas. [1]

### **Cepillado y Jabón Sódico**

Propone solucionar las eflorescencias con un simple cepillado con agua a las manchas blancas. Sin embargo, si presentan sulfatos alcalinos, se recomienda utilizar 1% de solución de jabón sódico en la pared, posterior al cepillar [1].

### **Ácido Clorhídrico**

Este método se recomienda para eflorescencias con presencia de carbonatos, siempre y cuando se aplique un cepillado en seco antes, así se erradicarán las sales prematuras, luego se humedece el elemento con agua para evitar la absorción del ácido en exceso y recién se puede aplicar el fluido. Una vez realizado ello, se lava con agua una vez más para quitar lo que queda del ácido [1].

## Aditivos

Cada vez más son las viviendas que prefieren utilizar aditivos para resanar sus edificaciones antes los perjuicios de la cantidad de sales solubles en el suelo. La ventaja de estos es que logra tener una estructura impermeable. Algunos de ellos son:

- ✓ Sikamur – inyector cream: Es una crema hidrórepelente que se mezcla con el mortero y se reparte en el muro agraviado, de esta manera se forma una película protectora horizontal y se evita la humedad ascendente por los efectos de la capilaridad.
- ✓ Sika – 1 en líquido o en polvo: Este producto bloquea los poros y capilares del concreto o del mortero a través del gel que presenta en su composición.
- ✓ Sika – top 1: Este producto es un sellador cementicio que tiene como ventaja el producir una barrera de defensa contra los efectos de la humedad y las eflorescencias en los ladrillos o cemento.
- ✓ Chema top: Sirve para resanar elementos de cemento o ladrillo que han sido agraviados por la humedad y el salitre y tiene como ámbito de trabajabilidad las jardineras, zócalos y otros lugares cercanos al agua.
- ✓ Chema bitumen: Este aditivo conforma un recubrimiento impermeable en concreto, cemento, madera o metal enterrados y puede acoplarse a cualquier estructura bajo el agua.
- ✓ Combinación de productos: Se pueden mezclar el Sikamur – inyector cream al haber picado la zona afectada, luego se aplica agua y se coloca el Sika – 1 en polvo combinado con cemento y agua, así se formaría un mortero adicionado que serviría como tarrajeo impermeable. Después, se vuelve a humedecer y se coloca Sika - top 1 en polvo.

## DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Cemento Portland:** Es un material muy importante para el concreto pues le corresponde el 7-15 % del volumen total y es uno de los principales responsables de la resistencia a la compresión, dureza, entre otras propiedades.

**Agregado Fino:** Es de los materiales más abundantes del concreto al estar entre el 60-75 % y le proporciona homogeneidad al concreto al comportarse como una fase discontinua. Su tamaño se encuentra entre los tamices N°4 y 200.

**Agregado Grueso:** Es el material con mayor abundancia en cantidad del concreto y le brinda homogeneidad al presentarse en diversos tamaños y así evitar vacíos que producirían fallas en el elemento monolítico. Su tamaño se encuentra entre los tamices N°4 a más.

**Agua:** Representa el 15-22% del concreto y es de suma importancia porque de este material dependen la trabajabilidad y la resistencia a la compresión.

**Aire:** Representa el 1-3% del concreto y es importante porque abarca la cohesión del elemento monolítico, pues se encuentra ligado a la cantidad de vacíos que presenta.

**Emulsión Asfáltica:** Es un aditivo del concreto que puede variar su dosificación según se requiera. Es usualmente utilizado para impermeabilizar y sellar estructuras.

**Concreto:** Es un producto artificial compuesto que consiste en un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado [25].

**Salitre:** Es la sal proveniente del nitrato de sodio sobre el cloruro de potasio y es uno de los principales causantes de las eflorescencias al estar presente en los suelos costeros.

**Eflorescencias:** Es un fenómeno producido por las sales solubles en el suelo en donde se encuentran edificadas las construcciones, las cuales suben por capilaridad y carbonatan al concreto. Son de color blanco tiza.

**Capilaridad:** Es un fenómeno por el cual el agua asciende por un tubo capilar, el cual cuanto menor abertura tenga, más rápido subirán los fluidos o sales como columna de agua [28].

**Humedad:** Puede ser producida por el efecto de la capilaridad, al absorber el agua del terreno a través de la cimentación o de los muros.

**Permeabilidad:** Es la capacidad para dejarse atravesar por fluidos [3].

**Absorción:** Es la capacidad de retener algún fluido en los poros.

**Morfología:** Es el estudio de la forma y características que tiene un suelo.

**Corrosión:** Es el fenómeno por el cual un metal se degrada o despasiva.

**Nivel Freático:** Corresponde donde la presión del agua y la atmosférica coinciden y según su nivel [29], un suelo presenta más o menos humedad.

## **Hipótesis y variables**

### **Formulación de la hipótesis**

La adición de material bituminoso mejora las propiedades mecánicas del concreto simple aumentando su resistencia ante los efectos del salitre en los sobrecimientos de las edificaciones de la Ciudad de San José.

### **Variables – Operacionalización**

#### **Variable independiente**

- ✓ Emulsión asfáltica.

#### **Variables dependientes**

- ✓ Propiedades mecánicas del concreto.

#### **Variables intervinientes**

- ✓ Agregado grueso.
- ✓ Relación agua/cemento (a/c).
- ✓ Cemento.
- ✓ Emulsión asfáltica.

Operacionalización de variables						
Variables	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Variabilidad	Instrumentos	
<b>Independiente</b>	Emulsión Asfáltica	Dosificación por peso		%/peso	0%, 10%, 20% y 30%	Balanza electrónica con aproximación de 1 g
		Estado fresco	Asentamiento	Pulgada	-	NTP 339.035 (Ensayo de Asentamiento)
	Temperatura		°C	-	NTP 339.184 (Ensayo de Temperatura)	
<b>Dependiente</b>	Propiedades mecánicas de concreto	Estado endurecido	Coeficiente de absorción capilar	mm	-	ASTM C185-04 (Ensayo de absorción capilar)
			Velocidad de absorción capilar	$10^{-4} \text{ m/s}^{1/2}$	-	
			Resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>	-	NTP 339.034 (Ensayo de Resistencia a la Compresión)
			Expansión lineal por presencia de sulfatos	mm	-	NTP 334.094 (Ensayo de Exposición a Sulfatos)
			Variación volumétrica	kg	-	Balanza electrónica con aproximación de 1 g
			Agregado Grueso	Tamaño Máximo Nominal (TMN)	Pulgada	3/4"
<b>Interviniente</b>	Relación a/c	a/c	Adimensional	0.555 y 0.627	Balanza electrónica con aproximación de 1 g	
	Cemento	Tipo de cemento	Tipo	MS	Ficha Técnica	
	Emulsión Asfáltica	Grado	Nomenclatura	CSS-1H	Ficha Técnica	

**Tabla 1.** Operacionalización de variables.

## **Materiales y métodos**

### **Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis**

Se considera que el tipo de investigación de este proyecto de tesis es *aplicativo* y *experimental* porque busca la utilización de los conocimientos adquiridos en la práctica de la Ingeniería Civil, debido a que consiste fundamentalmente en analizar la incorporación de los materiales bituminosos y las características físicas y mecánicas que esto conlleva. Cabe resaltar que, es de tipo experimental porque existe una muestra patrón de control de concreto y un grupo con un estímulo controlado (aditivo bituminoso). Además, se considera que es de tipo *cuantitativa* porque como se realizarán ensayos para demostrar las hipótesis.

### **Población, muestra de estudio y muestreo**

#### **Unidad de estudio**

La unidad de estudio serán la resistencia a la penetración de agua, el coeficiente de absorción capilar, la velocidad de absorción capilar, la porosidad efectiva y la resistencia a la compresión del concreto con emulsión asfáltica para sobrecimientos.

#### **Población**

Para el desarrollo de esta investigación, se necesita realizar un estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con adiciones de material bituminoso y comparar esos resultados con los de concretos convencionales para sobrecimiento, para así determinar su viabilidad en la construcción. Entonces, la población de esta investigación está conformada por todos los especímenes de concreto que se encuentren en la provincia de Lambayeque, Perú.

#### **Muestra**

Para el desarrollo de esta investigación, como la población es extensa se tomarán como muestra las probetas cilíndricas y viguetas de concreto con emulsión asfáltica y sin emulsión asfáltica con las siguientes características:

Muestra														
Adición de emulsión asfáltica respecto al peso del cemento (%)	Resistencia a la compresión						Succión capilar		Exposición acelerada al ataque por sulfatos					
	Probetas								Cubos		Viguetas			
	D = 15 cm / H = 30 cm						D = 10 cm / H = 20 cm		(5 x 5 x 5 cm)		(2.5 x 2.5 x 28.5 cm)			
	f'c = 175 kg/cm <sup>2</sup>			f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup>			f'c = 175	f'c = 210	f'c = 175	f'c = 210	f'c = 175	f'c = 210		
	7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		
0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	
10	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	
20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	
30	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6	
<b>Total</b>	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	24	24	
	72						24		24		48			
	<b>168</b>													

**Tabla 2.** Muestra.

### Métodos y técnicas de recolección de datos

Técnicas e Instrumentos		
Técnica	Instrumento	Elementos de la población
Experimentos	Ensayos	
Análisis de datos	Normativas	96 probetas cilíndricas, 24 cubos y 48 viguetas con y sin adiciones de emulsión asfáltica
	Artículos	
	Tesis	
	Fichas Técnicas	
	Encuesta dirigida a los pobladores	Viviendas de la Ciudad de San José

**Tabla 3.** Técnicas e Instrumentos.

## **Estrategia metodológica para demostración de la hipótesis**

Este proyecto tiene como fin desarrollar y demostrar que la adición de emulsión asfáltica como aditivo bituminoso puede ser un material hidrófugo óptimo para combatir los problemas de salitre en la localidad, por ellos es que se realizarán distintos análisis, cálculos y ensayos para poder comprobarlo.

Aun cuando se tiene información sobre el suelo de San José, se cree conveniente realizar un estudio, por ellos se elaborará una calicata y se analizará la muestra por los ensayos que están desglosados más adelante.

Además, se realizarán 4 dosificaciones: una sin la emulsión asfáltica, otra con el 10% del peso del cemento, con 20% y 30%, de las cuales se cree conveniente elaborar 3 probetas de concreto simple por dosificación para distintos  $f'c$  (175 y 210) de 15 cm de diámetro por 30 cm de alto. Cabe mencionar que, esta adición no será solo un recubrimiento, sino constará como un elemento más en la mezcla. No obstante, para poder simular las condiciones actuales de la Ciudad de San José, se realizarán 24 cubos de 5 x 5 x 5 cm y 48 viguetas de 2.5 x 2.5 x 28.5 cm, los cuales serán ensayados por resistencia a la compresión (cubos) y exposición acelerada al ataque de sulfatos (viguetas). Entonces, se tendrán en total 96 probetas cilíndricas (72 de  $d = 15$  cm y 24 de  $d = 10$ ), 24 cubos y 48 viguetas como muestra, que se serán ensayados por no solo granulometría, absorción, humedad, peso volumétrico y peso específico, sino también por ensayos que demuestren si la adición de emulsión asfáltica en la mezcla de concreto es factible. Por ello, se harán ensayos de succión capilar, del cual se extraen propiedades como la porosidad efectiva, resistencia a la penetración del agua, el coeficiente de absorción capilar y la velocidad de absorción capilar. No obstante, se ensayarán a resistencia a la compresión de igual manera, pues deben cumplir con las resistencias esperadas de 175 y 210  $\text{kg/cm}^2$  al ser sobrecimientos (mínimo 140  $\text{kg/cm}^2$ ) y esperando que pueda servir para un concreto estructural.

Aquí se encuentran sintetizados los pasos para poder demostrar la hipótesis de este proyecto, por ello se cree adecuado lo siguiente:

### ✓ **Fase I**

1. Recopilación de información bibliográfica.

2. Análisis de la información obtenida.
  3. Revisión de normas o criterios relacionados a la investigación y sus ensayos, según las Normas NTP y ASTM.
  4. Investigación de los ensayos que se deben realizar.
- ✓ **Fase II**
5. Realización de calicata en la zona con mayor nivel freático.
  6. Obtención de los materiales que se utilizarán para los ensayos.
  7. Elaboración de Ensayo de Granulometría para los agregados fino y grueso.
  8. Elaboración de Ensayo de Contenido de Humedad.
  9. Elaboración de Ensayo de Grado de Absorción.
  10. Elaboración de Ensayo de Límites de Atterberg.
  11. Ensayo de Próctor Modificado.
  12. Elaboración de Ensayo de Gravedad Específica.
  13. Elaboración de Ensayo de Peso Específico.
  14. Elaboración de Ensayo de Contenido de Sales Solubles Totales.
  15. Elaboración de Ensayo de pH.
  16. Elaboración de Ensayo de Cloruros Solubles.
  17. Elaboración de Ensayo de Sulfatos Solubles.
- ✓ **Fase III**
18. Recopilación de datos y realización de diseños de mezcla.
  19. Elaboración de probetas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura.
  20. Elaboración de probetas de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura.

21. Elaboración de cubos de 5 cm de ancho por 5 cm de altura y por 5 cm de largo.
22. Elaboración de Ensayo de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de diámetro 15 a los 7, 14 y 28 días.
23. Elaboración de Ensayo de Resistencia a la Compresión de cubos de mortero.
24. Elaboración de viguetas de 2.5 cm de ancho por 2.5 cm de altura y por 28.5 cm de largo.

✓ **Fase IV**

25. Elaboración de Ensayo de Absorción Capilar en las probetas cilíndricas de diámetro 10 cm.
26. Elaboración de Ensayo de exposición acelerada al ataque por sulfatos en las viguetas.
27. Obtención de porosidad efectiva, resistencia a la penetración del agua, coeficiente y velocidad de absorción capilar.
28. Análisis de resultados obtenidos mediante los ensayos.
29. Comparación de los resultados con adición de material bituminoso con el concreto simple sin adiciones.
30. Comparación de los resultados con adición de material bituminoso con otros materiales hidrófugos.
31. Análisis de rentabilidad económica de la propuesta, en comparación a otros materiales hidrófugos.
32. Realización de conclusiones y recomendaciones.

## Métodos

### Ensayos al Suelo de la Zona de Estudio

Para poder corroborar las propiedades del suelo y la agresividad del mismo, se realizó una calicata de 1 m de ancho por 1 m de largo por 2 m de profundidad, la cual estuvo ubicada en Ca. Juan Velasco por ser una de las zonas más afectadas.



**Figura 1:** Trazado de calicata.



**Figura 2:** Profundidad de 2 m.



**Figura 3:** Uniformidad de estratos.

### Ensayo de Granulometría

Este ensayo tiene como fin obtener cuantitativamente los tamaños de partículas de agregados gruesos y finos de un material seco por separación, mediante el uso de tamices.

- ✓ Normativa

*NTP 400.012: AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.*

✓ Instrumentos

**Figura 4:** Tamices para Agregado Fino (Falta N°200).



**Figura 5:** Rastrillo.



**Figura 7:** Cucharón.



**Figura 6:** Brocha.



**Figura 8:** Balanza.



**Figura 9:** Horno.



**Figura 10:** Recipientes.

✓ Muestra

Según la normativa, para el agregado fino se utilizará 300 g como mínimo, después del secado.

✓ Procedimiento

Se explicará el procedimiento estándar, sin embargo, no se adjuntan imágenes, debido a que se realizó este ensayo en un laboratorio externo.

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la ¼ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 300 g de la muestra cuarteada.
3. Se lava el agregado en un recipiente con agua varias veces hasta que al decantar el agua sea casi cristalina.
4. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
5. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
6. Se pesa la muestra seca.
7. Se pasa la muestra tamiz por tamiz, obteniendo el peso retenido en cada uno de ellos y colocando lo que pasa en el de menor abertura próxima.
8. Se limpian los tamices con el rastrillo para aberturas grandes y con la brocha para las más pequeñas.

✓ Cálculo

$$\%R = \% \text{ RetenRRdo} = \frac{\text{Peso RetenRRdo}}{\text{Peso Total}} * 100$$

**Ecuación 1.** Porcentaje de peso retenido.

$$\%RA = \% \text{ RetenRRdo Acumulado} = \% \text{ RetenRRdo Anterior} + \% \text{ RetenRRdo Actual}$$

**Ecuación 2.** Porcentaje de peso retenido acumulado.

$$\%P = \% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ RetenRRdo Acumulado}$$

**Ecuación 3.** Porcentaje de peso que pasa.

$$MF = \text{Módulo de FRRneza}$$

$$= \frac{\%RA \text{ del Tam}^{RRz}(3+11/2''+3/4'' + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

**Ecuación 4.** Módulo de fineza.

### Ensayo de Humedad

Este ensayo tiene como fin indicar la cantidad de agua que contiene un agregado.

✓ Normativa

*NTP 339.185: AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.*

✓ Instrumentos



**Figura 9:** Horno.



**Figura 10:** Recipientes.



**Figura 7:** Cucharón.



**Figura 8:** Balanza.

✓ Muestra

Se utilizó la misma muestra del ensayo de granulometría

✓ Procedimiento

Se explicará el procedimiento estándar, sin embargo, no se adjuntan imágenes, debido a que se realizó este ensayo en un laboratorio externo.

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la ¼ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 300 g de la muestra cuarteada.
3. Se lava el agregado en un recipiente con agua varias veces hasta que al decantar el agua sea casi cristalina.
4. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
5. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
6. Se pesa la muestra seca.

✓ Cálculo

$$\%H = \% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

**Ecuación 5.** Porcentaje de humedad.

**Ensayo de Límites de Atterberg**

Este ensayo tiene como fin obtener la fluidez del suelo.

✓ Normativa

*NTP 339.129: SUELOS: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.*

✓ Instrumentos**Figura 9:** Horno.**Figura 10:** Recipientes.**Figura 7:** Cucharón.**Figura 8:** Balanza.**Figura 11:** Tamices N°10 y N°40.**Figura 12:** Recipiente.**Figura 13:** Cuchara Casagrande.✓ Muestra

Se utilizaron 250 g.

✓ Procedimiento

Se explicará el procedimiento estándar, sin embargo, no se adjuntan imágenes, debido a que se realizó este ensayo en un laboratorio externo.

1. Se tamiza la muestra por las mallas N°10 y N°40 para obtener los finos de la misma.
2. Se satura por partes la muestra que pasó por los tamices hasta lograr una masa espesa.
3. Se coloca la muestra en un recipiente metálico pequeño y se deja reposar por 24 h.
4. Se utiliza la mitad de la muestra (Límite Plástico) para realizar 20 bastones de 3 mm de grosor aproximadamente, sobre una superficie limpia y lisa.
5. Se pesan los bastones.
6. Se colocan los bastones en el horno por 24 h.
7. Se utiliza la otra mitad de la muestra (Límite Líquido) para llenar 3 veces sucesivamente la Cuchara de Casagrande, moldeado un poco con agua destilada, hasta llenar la mitad de la cuchara con una espátula.
8. Utilizar un acanalador que se encarga de la línea divisoria de la muestra para poder ver el comportamiento del suelo, luego de aplicar los golpes.
9. Se golpea 35 veces a la primera parte de la muestra.
10. Se realizan 2 marcas referenciales para extraer la muestra a ensayar y se retira con la espátula el material entre las marcas, para colocarlo en un recipiente.
11. Se pesa la muestra extraída y se coloca al horno por 24 h.
12. Se hace lo mismo para otras 2 muestras, pero con 25 y 15 golpes.
13. Se pesan las muestras secas.

### **Ensayo de Gravedad Específica**

Este ensayo tiene como fin obtener la fluidez del suelo.

✓ Normativa

*NTP 339.131: SUELOS: Método de ensayo para determinar el peso*

### **Ensayo de Próctor Modificado**

Este ensayo tiene como fin obtener la humedad óptima de compactación del suelo, con la cual se alcanzará la máxima compacidad.

✓ Normativa

*NTP 339.141: SUELOS: Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2,700 kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))*

✓ Instrumentos



**Figura 9:** Horno.



**Figura 10:** Recipientes.



**Figura 7:** Cucharón. *Fuente Propia.*



**Figura 8:** Balanza.



**Figura 12:** Recipiente.



**Figura 14:** Molde de 4".



**Figura 15:** Pisón Manual Modificado.

✓ Muestra

El documento del laboratorio no especifica cuánto material se utilizó.

✓ Procedimiento

Se explicará el procedimiento estándar, sin embargo, no se adjuntan imágenes, debido a que se realizó este ensayo en un laboratorio externo.

1. Se utiliza el método A, debido a que el suelo pasa el tamiz N°4.
2. Se seca al aire libre la muestra.
3. Se pesa el material que se utilizará para 4 ensayos de Próctor modificado.
4. Se tamiza por las mallas N°4, 3/8 y 3/4".
5. Se utiliza lo que pasa y se forma un cúmulo del material sobre un recipiente metálico y se realiza un espiral con la ayuda de un badilejo.
6. Se humedece la muestra y se revuelve hasta tener una consistencia uniforme.
7. Se parte la muestra en 6 partes, para luego obtener 5, pues se necesitan 5 capas para el Método A.
8. Pesar el molde.
9. Se colocan las 5 capas con 25 golpes por cada una con el pisón manual.
10. Se pesa el molde lleno con el material.
11. Se saca una porción de la muestra y se deposita el material en el horno a una temperatura de 100 a 110° C por un período de 24 horas, transcurrido este período se retira la muestra y se pesa para obtener el peso seco del material.

**Ensayo de Sales Solubles Totales**

Este ensayo tiene como fin obtener la cantidad de sales por partes por millón (ppm) que se encuentran un suelo, para así determinar si se encuentra en un rango óptimo o si representa un grado de agresividad para las estructuras.

✓ Normativa

*NTP 339.152: SUELOS: Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea.*

✓ Instrumentos

- ✓ Balanza analítica.
- ✓ Equipo de filtración al vacío.

- ✓ Embudo de filtración.
- ✓ Embudo de filtro de tres piezas.
- ✓ Filtros de microfibras de vidrio de 110 mm de diámetro.
- ✓ Filtros de microfibras de vidrio de 47 mm de diámetro.
- ✓ Agitador magnético y barra agitadora.
- ✓ Centrífuga con tubos de 50 mL.
- ✓ Frascos Erlenmeyer de 500 mL.
- ✓ Cápsulas de evaporación de 100 mL.
- ✓ Plancha de calentamiento.
- ✓ Baño de vapor.
- ✓ Horno a 180 °C.
- ✓ Desecador con sílica gel.

✓ Muestra

Según normativa, se utilizarán 100 g.

✓ Procedimiento

Se explicará el procedimiento estándar, sin embargo, no se adjuntan imágenes, debido a que se realizó este ensayo en un laboratorio externo.

1. Secar al aire la muestra de 100 g y colocar en un frasco Erlenmeyer.
2. Añadir 300 mL de agua destilada, tapan el frasco y agitarlo por 1 h y dejarlo sedimentar por otra hora.
3. Filtrar la suspensión del filtro de microfibras de vidrio o papel filtro de 110 mm.
4. Preparar la cápsula de evaporación.
5. Transferir a la cápsula de evaporación un volumen medido de la solución de ensayo.
6. Evaporar sobre baño de vapor.
7. Secar mínimo por 1 h en el horno a  $180\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ , enfriar y pesar.
8. Repetir el ciclo hasta obtener un peso constante o hasta que la variación de peso sea menor al 4% de la anterior o que sea 1 mg.

## **Ensayos a edificación de la Zona de Estudio**

Para poder conocer la severidad y condiciones en las que se encuentran las edificaciones en San José, se creyó conveniente realizar un estudio al material existente. La zona escogida fue la Losa Deportiva de la Plaza Mayor Isaac León Fiestas Millones en la Ca. Elvira García y García (*Anexo 2.9*), específicamente el mortero del tarrajeo de los muros.



### **Ensayo de pH**

Este ensayo tiene como fin obtener el valor de pH para determinar si se encuentra en lo normal o si ya ha sobrepasado el rango, según la normativa.

✓ Normativa

*NTP 339.176: SUELOS: Método de ensayo normalizado para la determinación del valor pH en suelos y agua subterránea.*

✓ Instrumentos

- ✓ Balanza analítica.
- ✓ Bandeja no corrosiva.
- ✓ Tamiz con abertura de 2 mm, con plato de fondo.
- ✓ Dos frascos volumétricos de 500 mL.
- ✓ Tres vasos de vidrio de 100 mL, de capacidad.
- ✓ Un frasco plástico de lavar (piseta) con agua destilada.
- ✓ Aparato para la determinación de pH por el método electrométrico.
- ✓ Taladro

✓ Bolsas ZipLoc.

✓ Muestra

Según normativa, se utilizarán 30 g.

✓ Procedimiento

Se realizó la perforación del tarrajeo, mediante un taladro a una profundidad aproximada de 1-2 cm.

Se explicará el procedimiento estándar, sin embargo, no se adjuntan imágenes, debido a que se realizó este ensayo en un laboratorio externo.

1. Se pulveriza la muestra.
2. Se coloca la muestra en un recipiente de 100 mL.
3. Se le coloca 75 mL de agua destilada, agitar por unos minutos y dejar reposar por mínimo 8 h.
4. Agitar la suspensión justo antes del ensayo.
5. Calibrar el medidor de pH, mediante las soluciones buffer.
6. Lavar el electrodo con agua destilada y sumergirlo en la suspensión del suelo.
7. Tomar entre 2 a 3 lecturas del pH de suspensión con pocas agitaciones entre cada lectura.
8. Remover los electrodos de la suspensión y lavar con agua destilada.

### **Ensayo de Cloruros Solubles**

Este ensayo tiene como fin obtener la cantidad de cloruros que se encuentran en el material, para así determinar si existen más cloruros o sulfatos.

✓ Normativa

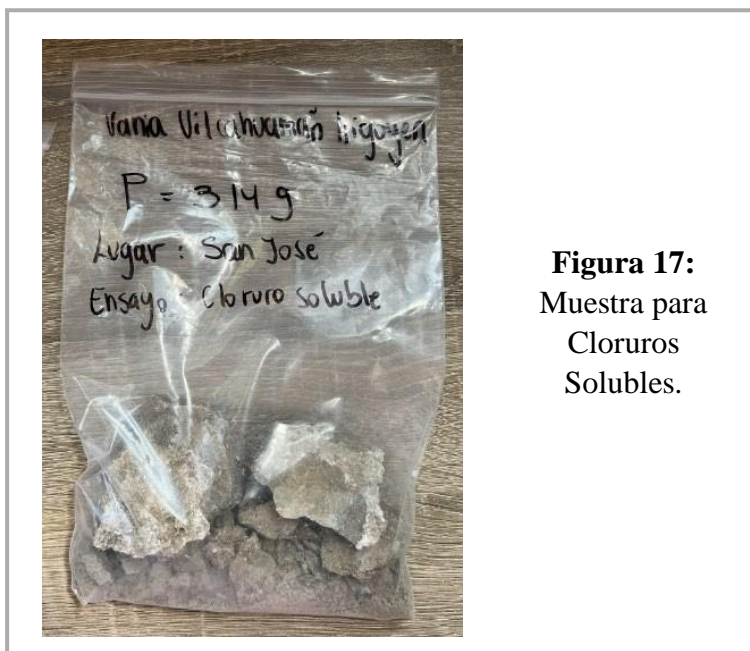
*NTP 339.177: SUELOS: Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.*

✓ Instrumentos

✓ Balanza analítica.

- ✓ Horno a  $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
  - ✓ Aparato de pulverización.
  - ✓ Divisor de muestra.
  - ✓ Centrífuga.
  - ✓ Vaso Erlenmeyer.
  - ✓ Aparato de filtración.
  - ✓ Filtro de membrana.
  - ✓ Filtro de papel.
  - ✓ Taladro.
  - ✓ Bolsa ZipLog.
  - ✓ Reactivos.
- ✓ Muestra

Se utilizó 314 g.



**Figura 17:**  
Muestra para  
Cloruros  
Solubles.

- ✓ Procedimiento

Se realizó la perforación del tarrajeo, mediante un taladro a una profundidad aproximada de 1-2 cm.

Se explicará el procedimiento estándar, sin embargo, no se adjuntan imágenes, debido a que se realizó este ensayo en un laboratorio externo.

1. Se pulveriza la muestra.
2. Pipetear 30 mL del extracto de suelo en un vaso de 250.
3. Colocar el papel filtro y su contenido en un crisol de platino y carbonizar lentamente hasta consumir el papel, pero sin dejarlo arder.
4. Añadir una gota del ácido sulfúrico y del fluorhídrico.
5. Dejar evaporar y volver a calcinar a una temperatura cercana a 800 °C.
6. Preparar la cápsula de evaporación y colocar la muestra.
7. Repetir el ciclo hasta obtener un peso constante o hasta que la variación de peso sea menor al 4% de la anterior o que sea 1 mg.

### **Ensayo de Sulfatos Solubles**

Este ensayo tiene como fin obtener la cantidad de sulfatos que se encuentran en el material, para así determinar si existen más cloruros o sulfatos.

✓ Normativa

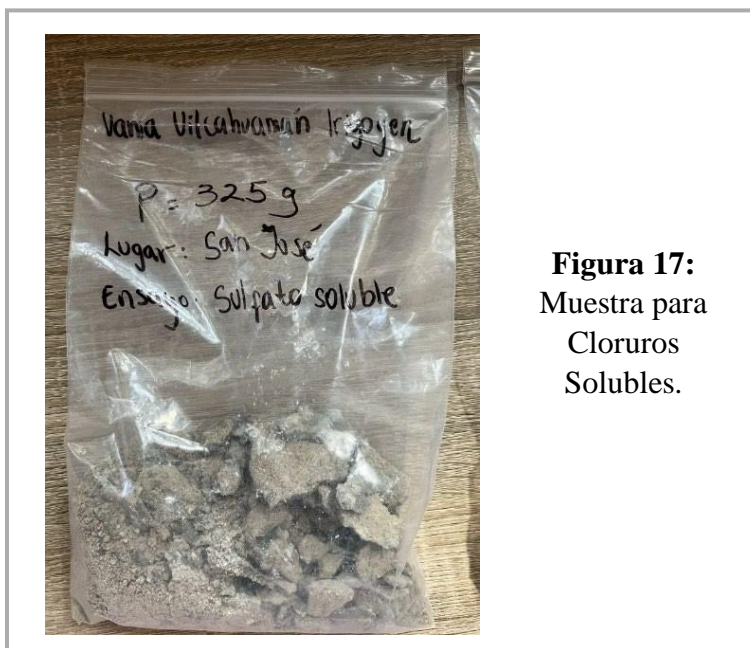
*NTP 339.178: SUELOS: Método de ensayo para la determinación cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.*

✓ Instrumentos

- ✓ Balanza analítica.
- ✓ Horno a 60 °C ± 3 °C.
- ✓ Aparato de pulverización.
- ✓ Divisor de muestra.
- ✓ Centrífuga.
- ✓ Vaso Erlenmeyer.
- ✓ Aparato de filtración.
- ✓ Filtro de membrana.
- ✓ Filtro de papel.
- ✓ Taladro.
- ✓ Bolsa ZipLog.
- ✓ Reactivos.

✓ Muestra

Se utilizó 325 g.



**Figura 17:**  
Muestra para  
Cloruros  
Solubles.

✓ Procedimiento

Se realizó la perforación del tarrajeo, mediante un taladro a una profundidad aproximada de 1-2 cm.

Se explicará el procedimiento estándar, sin embargo, no se adjuntan imágenes, debido a que se realizó este ensayo en un laboratorio externo.

1. Se pulveriza la muestra.
2. Pipetear 30 mL del extracto de suelo en un vaso de 250.
3. Calentar la solución hasta ebullición y lentamente añadir 5 mL de Cloruro de Bario.
4. Filtrar la suspensión sobre un papel filtro y lavar el precipitado con agua caliente.
5. Colocar el papel filtro y su contenido en un crisol de platino y carbonizar lentamente hasta consumir el papel, pero sin dejarlo arder.
6. Añadir una gota del ácido sulfúrico y del fluorhídrico.

## Ensayos a los Agregados

### Agregado Fino

✓ Ensayo de Granulometría

Este ensayo tiene como fin obtener cuantitativamente los tamaños de partículas de agregados gruesos y finos de un material seco por separación, mediante el uso de tamices.

✓ Normativa

*NTP 400.012: AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.*

✓ Instrumentos



**Figura 4:** Tamices para Agregado Fino (Falta N°200).



**Figura 5:** Rastrillo



**Figura 7:** Cucharón.



**Imagen 6:** Brocha.



**Figura 8:** Balanza.



**Figura 9:** Horno.



**Figura 10:** Recipientes.

✓ Muestra

Según la normativa, para el agregado fino se utilizará 300 g como mínimo, después del secado.

✓ Procedimiento

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la  $\frac{1}{4}$  parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 300 g de la muestra cuarteada.
3. Se lava el agregado en un recipiente con agua varias veces hasta que al decantar el agua sea casi cristalina.
4. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
5. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
6. Se pesa la muestra seca.
7. Se pasa la muestra tamiz por tamiz, obteniendo el peso retenido en cada uno de ellos y colocando lo que pasa en el de menor abertura próxima.
8. Se limpian los tamices con el rastrillo para aberturas grandes y con la brocha para las más pequeñas.



**Figura 18:** Muestra.



**Figura 19:** Lavado.



**Figura 20:** Secado.

✓ Cálculo

$$\%R = \% \text{ Retenimiento} = \frac{\text{Peso Retenido}}{\text{Peso Total}} * 100$$

**Ecuación 1.** Porcentaje de peso retenido.

$$\%RA = \% \text{ Retenimiento Acumulado} = \% \text{ Retenimiento Anterior} + \% \text{ Retenimiento Actual}$$

**Ecuación 2.** Porcentaje de peso retenido acumulado.

$$\%P = \% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenimiento Acumulado}$$

**Ecuación 3.** Porcentaje de peso que pasa.

$$MF = \text{Módulo de Finesa}$$

$$= \frac{\%RA \text{ del Tamiz } (3+11/2" + 3/4" + 3/8" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

**Ecuación 4.** Módulo de fineza.

✓ Ensayo de Humedad

Este ensayo tiene como fin indicar la cantidad de agua que contiene un agregado.

✓ Normativa

*NTP 339.185: AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.*

✓ Instrumentos



**Figura 9:** Horno.



**Figura 10:** Recipientes.



**Figura 7:** Cucharón.



**Figura 8:** Balanza.

✓ Muestra

Se utilizó la misma muestra del ensayo de granulometría

✓ Procedimiento

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la  $\frac{1}{4}$  parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 300 g de la muestra cuarteada.
3. Se lava el agregado en un recipiente con agua varias veces hasta que al decantar el agua sea casi cristalina.
4. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
5. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
6. Se pesa la muestra seca.



**Figura 21:** Peso húmedo.



**Figura 22:** Peso seco.

✓ Cálculo

$$\%H = \% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

**Ecuación 5.** Porcentaje de humedad.

✓ Ensayo de Absorción y Peso Específico

Este ensayo tiene como fin indicar la cantidad de agua que puede absorber un agregado y la densidad del mismo.

✓ Normativa

*NTP 400.022: AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.*

✓ Instrumentos



**Figura 9:** Horno.



**Figura 10:** Recipientes.



**Figura 7:** Cucharón.



**Figura 8:** Balanza.



**Figura 23:** Fiolas.



**Figura 24:** Cono.



**Figura 25:** Pisón.

✓ Muestra

Se utilizaron 1000 g.

✓ Procedimiento

1. Se seca al aire la muestra por 24 h.

2. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la  $\frac{1}{4}$  parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
3. Se escogen 700 g de la muestra cuarteada.
4. Se satura la muestra en un recipiente por 24 h.
5. Se decanta el agua con mucho cuidado de no derramar el material.
6. Esparcir en un recipiente metálico extendido y secar a la intemperie por 2 h.
7. Para comprobar la consistencia Saturada Superficialmente Seca (SSS), se utiliza el cono, poniendo la primera de 3 capas y utilizando el pisón para dar 10 golpes por capa, a excepción de la última (5 golpes).
8. Se levanta el cono y si la altura es mayor a  $\frac{3}{4}$  del cono, se ha obtenido la condición SSS.
9. Se escogen y pesan 500 g.
10. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
11. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
12. Se pesa la muestra seca.
13. De la condición SSS se utilizan 500 g para realizar el ensayo de peso específico.
14. Se pesan las Fiolas y se coloca la muestra.
15. Se coloca agua del grifo hasta la marca y se tapan.
16. Se agita hasta eliminar las burbujas dentro del recipiente y se dejan reposar por 24 h.
17. Vaciar el contenido en un recipiente y decantar toda el agua, inclinando el recipiente y usando un succionador.
18. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
19. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
20. Se pesa la muestra seca.



**Figura 26:** Secado al aire.



**Figura 27:** Muestra saturada.



**Figura 28:** Condición SSS.



**Figura 23:** Fiolas.



**Figura 29:** Muestra saturada.



**Figura 30:** Condición SSS.

✓ Cálculo

$$\text{Peso Seco} = \text{Peso con recipiente} - \text{Peso del recipiente}$$

**Ecuación 6.** Peso seco para absorción y eso específico.

$$\%A = \% \text{ Absorción} = \frac{\text{Peso Saturado SuperSiccamente Seco} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

**Ecuación 7.** Porcentaje de absorción.

$$\gamma = \text{Peso Específico} = \frac{\text{Peso Seco}}{\text{Peso Saturado Superficialmente Seco} - \text{Peso Aparente}} * 100$$

### Ecuación 8. Peso específico.

#### ✓ Ensayo de Pesos Unitarios Suelto y Compactado

Este ensayo tiene como fin indicar la capacidad de compactación del agregado.

#### ✓ Normativa

*NTP 400.017: AGREGADOS: Método de ensayo normalizado determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.*

#### ✓ Instrumentos

	 <p><b>Figura 31:</b> Varilla.</p>	 <p><b>Figura 7:</b> Cucharón.</p>
<p><b>Figura 31:</b> Moldes de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.</p>	 <p><b>Figura 32:</b> Martillo de goma.</p>	 <p><b>Figura 33:</b> Balanza 30 kg.</p>

#### ✓ Muestra

Según normativa, se debe utilizar 200% de la capacidad del molde (volumen), por lo que se utilizaron 21.206 kg.

✓ Procedimiento

1. Se seca al aire la muestra por 24 h.
2. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la  $\frac{1}{4}$  parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
3. Se escogen 21.206 kg de la muestra cuarteada.
4. Pesar los moldes metálicos vacíos.
5. Para los pesos unitarios sueltos, se llenan los dos recipientes metálicos, previamente pesados.
6. Se retira el exceso con una regla lisa.
7. Se pesan los moldes llenos.
8. Para los pesos unitarios compactados, se realizan en 3 capas, cada una se varilla 25 veces con 15 golpes con un martillo de goma.
9. Se retira el exceso con una regla lisa.
10. Se pesan los moldes llenos.



**Figura 34:** Peso Unitario Suelto Húmedo 1 de Agregado Fino.



**Figura 35:** Peso Unitario Compactado Húmedo 2 de Agregado Fino.

✓ Cálculo

$$PUSH = \text{Peso Unitario Suelto Húmedo} = \frac{\text{Peso Suelto}}{\text{Volumen del molde}}$$

**Ecuación 9.** Peso Unitario Suelto Húmedo.

$$PUSS = \text{Peso Unitario Suelto Seco} = \frac{PUSH}{1 - \frac{\%H}{100}}$$

**Ecuación 10.** Peso Unitario Suelto Seco.

$$PUCH = \text{Peso Unitario Compactado Húmedo} = \frac{\text{Peso Compactado}}{\text{Volumen del molde}}$$

**Ecuación 11.** Peso Unitario Compactado Húmedo.

$$PUCS = \text{Peso Unitario Compactado Seco} = \frac{PUCH}{1 - \frac{\%H}{100}}$$

**Ecuación 12.** Peso Unitario Compactado Seco.

### Agregado Grueso

✓ Ensayo de Granulometría

Este ensayo tiene como fin obtener cuantitativamente los tamaños de partículas de agregados gruesos y finos de un material seco por separación, mediante el uso de tamices.

✓ Normativa

*NTP 400.012: AGREGADOS: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.*

✓ Instrumentos

**Figura 36:** Tamices para Agregado Grueso.



**Figura 5:** Rastrillo.



**Figura 7:** Cucharón.



**Figura 6:** Brocha.



**Figura 8:** Balanza.



**Figura 9:** Horno.



**Figura 10:** Recipientes.

✓ Muestra

Según la normativa, para el agregado grueso de TMN de  $\frac{3}{4}$  se utilizan 5 kg como mínimo, por lo que se utilizaron 7 kg.

✓ Procedimiento

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la ¼ parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 7 kg de la muestra cuarteada.
3. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
4. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
5. Se pesa la muestra seca.
6. Se pasa la muestra tamiz por tamiz, obteniendo el peso retenido en cada uno de ellos y colocando lo que pasa en el de menor abertura próxima.
7. Se limpian los tamices con el rastrillo para aberturas grandes y con la brocha para las más pequeñas.

✓ Cálculo

$$\%R = \% \text{ RetenRRdo} = \frac{\text{Peso RetenRRdo}}{\text{Peso Total}} * 100$$

**Ecuación 1.** Porcentaje de peso retenido.

$$\%RA = \% \text{ RetenRRdo Acumulado} = \% \text{ RetenRRdo Anterior} + \% \text{ RetenRRdo Actual}$$

**Ecuación 2.** Porcentaje de peso retenido acumulado.

$$\%P = \% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ RetenRRdo Acumulado}$$

**Ecuación 3.** Porcentaje de peso que pasa.

$$MF = \text{Módulo de FRRneza}$$

$$= \frac{\%RA \text{ del TamRRz}(3+11/2" + 3/4" + 3/8" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

**Ecuación 4.** Módulo de fineza.

✓ Ensayo de Humedad

Este ensayo tiene como fin indicar la cantidad de agua que contiene un agregado.

✓ Normativa

*NTP 339.185: AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.*

✓ Instrumentos



**Figura 9:** Horno.



**Figura 10:** Recipientes.



**Figura 7:** Cucharón.



**Figura 8:** Balanza.

✓ Muestra

Se utilizó la misma muestra del ensayo de granulometría, lo cual cumple porque según normativa para un TMN de  $\frac{3}{4}$ " lo mínimo es de 3 kg.

✓ Procedimiento

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la  $\frac{1}{4}$  parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 7 kg de la muestra cuarteada.

3. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
4. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
5. Se pesa la muestra seca.

✓ Cálculo

$$\%H = \% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

**Ecuación 5.** Porcentaje de humedad.

✓ Ensayo de Absorción y Peso Específico

Este ensayo tiene como fin indicar la cantidad de agua que puede absorber un agregado y la densidad del mismo.

✓ Normativa

*NTP 400.021: AGREGADOS: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.*

✓ Instrumentos



**Imagen 9:** Horno.



**Imagen 10:** Recipientes.



**Imagen 7:** Cucharón.



**Imagen 8:** Balanza.



**Imagen 37:** Balanza de Penfield.



**Imagen 38:** Canastilla.

✓ Muestra

Según normativa para un TMN de  $\frac{3}{4}$ " lo mínimo es de 3 kg.

✓ Procedimiento

1. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la  $\frac{1}{4}$  parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
2. Se escogen 3 kg de la muestra cuarteada
3. Se lava el material.
4. Se satura la muestra en un recipiente por 24 h.
5. Se decanta el agua con mucho cuidado de no derramar el material.
6. Para obtener la consistencia Saturada Superficialmente Seca (SSS), se seca cuidadosamente el material con una franela si ejercer mucha presión.
7. Se escogen y pesan 2 kg para absorción.
8. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
9. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
10. Se pesa la muestra seca.
11. De la condición SSS se utilizan 226 g para realizar el ensayo de peso específico.

12. Se pesa la canastilla en la balanza de Penfield.
13. Se pesa la canastilla sumergida.
14. Se pesa el material y la canastilla sumergidos.
15. Se seca en el horno por 24 h a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
16. Se saca del horno y se deja enfriar hasta que la base del recipiente se encuentre fría.
17. Se pesa la muestra seca.

✓ Cálculo

*Peso Seco = Peso con recipiente – Peso del recipiente*

**Ecuación 6.** Peso seco para absorción y peso específico.

$$\%A = \% \text{ Absorción} = \frac{\text{Peso Saturado Superficialmente Seco} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

**Ecuación 7.** Porcentaje de absorción.

$$\gamma = \text{Peso Específico} = \frac{\text{Peso Seco}}{\text{Peso Saturado Superficialmente Seco} - \text{Peso Aparente}} * 100$$

**Ecuación 8.** Peso específico.



**Imagen 39:** Lavado.



**Imagen 40:** Muestra Abs.



**Imagen 41:** Peso Seco Abs.



**Imagen 42:** Muestra Densidad.



**Imagen 43:** Peso Seco Densidad.

✓ Ensayo de Pesos Unitarios Suelto y Compactado

Este ensayo tiene como fin indicar la capacidad de compactación del agregado.

✓ Normativa

*NTP 400.017: AGREGADOS: Método de ensayo normalizado determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.*

✓ Instrumentos

 <p><b>Figura 31:</b> Moldes de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.</p>	 <p><b>Figura 31:</b> Varilla.</p>	 <p><b>Figura 7:</b> Cucharón.</p>
	 <p><b>Figura 32:</b> Martillo de goma.</p>	 <p><b>Figura 33:</b> Balanza 30 kg.</p>

✓ Muestra

Según normativa, se debe utilizar 200% de la capacidad del molde (volumen), por lo que se utilizaron 21.206 kg.

✓ Procedimiento

1. Se seca al aire la muestra por 24 h.
2. Realización de cuarteo, al separar en 4 partes el agregado en condiciones húmedas, de esta manera se escogerá la  $\frac{1}{4}$  parte más gradada u heterogénea y se combinará con la de enfrente, siendo esta la muestra a utilizar.
3. Se escogen 21.206 kg de la muestra cuarteada.
4. Pesar los moldes metálicos vacíos.
5. Para los pesos unitarios sueltos, se llenan los dos recipientes metálicos, previamente pesados.
6. Se retira el exceso con una regla lisa.
7. Se pesan los moldes llenos.

8. Para los pesos unitarios compactados, se realizan en 3 capas, cada una se varilla 25 veces con 15 golpes con un martillo de goma.
9. Se retira el exceso con una regla lisa.
10. Se pesan los moldes llenos.



**Figura 44:** Peso Unitario Suelto Húmedo 1 de Agregado Grueso.



**Figura 45:** Peso Unitario Suelto Húmedo 2 de Agregado Grueso.



**Figura 46:** Peso Unitario Compactado Húmedo 1 de Agregado Grueso.



**Figura 47:** Peso Unitario Compactado Húmedo 2 de Agregado Grueso.

✓ Cálculo

$$PUSH = \text{Peso Unitario Suelto Húmedo} = \frac{\text{Peso Suelto}}{\text{Volumen del molde}}$$

**Ecuación 9.** Peso Unitario Suelto Húmedo.

$$PUSS = \text{Peso Unitario Suelto Seco} = \frac{PUSH}{1 - \frac{\%H}{100}}$$

**Ecuación 10.** Peso Unitario Suelto Seco.

$$PUCH = \text{Peso Unitario Compactado Húmedo} = \frac{\text{Peso Compactado}}{\text{Volumen del molde}}$$

**Ecuación 11.** Peso Unitario Compactado Húmedo.

$$PUCS = \text{Peso Unitario Compactado Seco} = \frac{PUCH}{1 - \frac{\%H}{100}}$$

**Ecuación 12.** Peso Unitario Compactado Seco.

### **Elaboración de Diseños de Mezcla**

Los diseños de mezcla de las dosificaciones, se realizaron según ACI y se tiene como consideración que no se trabajó la relación a/c según durabilidad, ya que hubiera sido la misma para ambas dosificaciones con distintos  $f'c$  (175 y 210), la cual era 0.5, pues el suelo es el mismo para ambas (igualmente agresivo). Por ello se trabajó únicamente con los valores de resistencia.

Además, los porcentajes de la adición (Emulsión Asfáltica) no reemplazaban una parte del cemento, sino era en adición al peso del mismo, para poder así lograr la resistencia esperada, de lo contrario, hubiera disminuido aún más considerable, como pudo ser el caso del antecedente de bloques de concreto para sobrecimiento.

A continuación, se realizará el procedimiento de una de las 8 dosificaciones, la cual es de  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con 10% de emulsión asfáltica.

### Paso 1: Determinación de la resistencia requerida ( $f'_{cr}$ )

Se utiliza la siguiente tabla:

$f'_c$	$f'_{cr}$
Menos de 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
sobre 350	$f'_c + 98$

**Tabla 4.** Tabla 7.4.3: Resistencia a la compresión promedio [30].

Entonces, como el  $f'_c$  es de 175, se utiliza el segundo criterio:

$$f'_{cr} = 175 + 70$$

$$f'_{cr} = 245 \text{ kg/cm}^2$$

### Paso 2: Selección del TMN de agregado grueso

Dado que el elemento estructural es un sobrecimiento de 15 cm de ancho, se creyó conveniente utilizar el siguiente TMN de agregado grueso para evitar cangrejeras:

$$TMN = 3/4''$$

### Paso 3: Selección del asentamiento

Se utiliza la siguiente tabla:

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
■ Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
■ Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
■ Vigas y muros armados	4"	1"
■ Columnas de edificios	4"	1"
■ Losas y pavimentos	3"	1"
■ Concreto ciclópeo	2"	1"

El asentamiento puede incrementarse en 1" si se emplea un método de consolidación diferente a la vibración.

**Tabla 5.** Tabla 9.2.2 [30].

Entonces, como el tipo de construcción cimentaciones, el asentamiento máximo será:

$$Slump = 3''$$

#### Paso 4: Contenido de aire

Se utilizará solo el aire atrapado y no incorporado, ya que el diseño no lo amerita.

Se utiliza la siguiente tabla:

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
6"	0,2%

**Tabla 6.** Tabla 11.2.1: Contenido de aire atrapado [30].

Entonces, como el TMN es de 3/4", se obtiene lo siguiente:

$$Aire = 2\%$$

#### Paso 5: Contenido de agua

Se utilizará la siguiente tabla:

Asentamiento	Agua, en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

\* Esta Tabla ha sido confeccionada por el Comité 211 del ACI.  
 \*\* Los valores de esta Tabla se emplearán en la determinación del factor cemento en mezclas preliminares de prueba. Son valores máximos y corres-

**Tabla 7.** Tabla 10.2.1: Volumen unitario de agua [30].

Entonces, como el TMN es de  $\frac{3}{4}$ ", el slump va de 3" a 4" y no se utiliza aire incorporado, se obtiene lo siguiente:

$$\text{Agua} = 205 \text{ lt/m}^3$$

### Paso 6: Relación agua/cemento (a/c)

✓ Por resistencia

Se utilizará la siguiente tabla:

$f'_{cr}$ (28 días)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0,80	0,71
200	0,70	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,40
400	0,43	...
450	0,38	...

\* Esta Tabla es una adaptación de la confeccionada por el Comité 211 del ACI.  
 \*\* La resistencia corresponde a resultados de ensayos de probetas cilíndricas estándar de 15 x 30 cm, preparadas y curadas de acuerdo a lo indicado en la Sección 9 (b) de la Norma ASTM C 31.  
 \*\*\* Las relaciones agua-cemento se basan en tamaños máximos nominales del agregado grueso comprendido entre  $\frac{3}{4}$ " y 1". La resistencia producida por la relación agua-cemento dada deberá incrementarse conforme al tamaño máximo nominal disminuye.

**Tabla 8.** Tabla 12.2.2: Relación agua-cemento por resistencia [30].

Entonces, como el  $f'_{cr}$  se encuentra entre 210 y 250, se tendrá lo siguiente:

$$\begin{array}{rcl}
 & 210 & \longrightarrow & 0.68 \\
 40 & & & \\
 & 250 & \longrightarrow & 0.62 \\
 & & & \\
 & 40 & \longrightarrow & 0.06 \\
 & & & \\
 & 35 & \longrightarrow & x
 \end{array}
 \quad
 \left.
 \begin{array}{l}
 0.06 \\
 \\
 \\
 \end{array}
 \right\}$$

$$x = 0.053$$

$$a/c = 0.627$$

✓ Por durabilidad

Se utilizará la siguiente tabla:

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO <sub>4</sub> ) presente en el suelo, % en peso	Sulfato (SO <sub>4</sub> ) en agua p.p.m.	Tipo de Cemento	Concreto con agregado de peso normal Relación máxima agua/cemento en peso <sup>(1)</sup>	Concreto con agregado de peso normal y ligero Resistencia mínima a compresión, f <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup> (1)
Despreciable	0.00 < SO <sub>4</sub> < 0.10	0 < SO <sub>4</sub> < 150	---	---	---
Moderado <sup>(2)</sup>	0.10 < SO <sub>4</sub> < 0.20	150 < SO <sub>4</sub> < 1 500	II, IP (MS), IS (MS), P (MS), I (PM) (MS), I (SM)(MS)	0.5	280
Severo	0.20 < SO <sub>4</sub> < 2.00	1500 < SO <sub>4</sub> < 10 000	V	0.45	310
Muy severo	SO <sub>4</sub> > 2.00	SO <sub>4</sub> > 10 000	V más puzolana <sup>(3)</sup>	0.45	310

\* Una relación agua-cemento menor puede ser necesaria por razones de baja permeabilidad; por protección contra la corrosión de elementos embebidos o por congelación y deshielo (Ver Tabla 13.2.5).

\*\* Agua de mar.

\*\*\* Debe haberse comprobado que la puzolana es adecuada para mejorar la resistencia del concreto a la acción de los sulfatos, cuando ella es empleada en concretos preparados con cemento Tipo V.

**Tabla 9.** Tabla 13.3.2: Concreto expuesto a soluciones de sulfatos [30].

Entonces, como el sulfato en agua en p.p.m. del suelo de San José es 1120, según el estudio de la calicata, se clasificaría como moderado, por tanto, la relación a/c sería 0.5. Sin embargo, como esto no variaría con la dosificación de 210, se determinó no utilizar el criterio de durabilidad.

**Paso 7: Contenido de cemento**

Para determinar la cantidad de cemento en peso, se realiza lo siguiente:

$$C = \frac{\text{Agua}}{a/c}$$

$$C = \frac{205}{0.627}$$

$$C = 326.95 \text{ kg/m}^3$$

Para determinar la cantidad de cemento en bolsas, se realiza lo siguiente:

$$c = \frac{\text{Peso del cemento}}{\text{Peso de una bolsa de cemento}}$$

$$c = \frac{326.95}{42.5}$$

$$c = 7.69 \text{ bls/m}^3$$

### Paso 8: Pesos de los agregados

✓ Cálculo de  $b/b_0$  y  $PS_{Ag}$

Se utilizará la siguiente tabla:

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del fino.			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8"	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2"	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4"	0,66	0,64	0,62	0,60
1"	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,70
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

\* El agregado grueso se encuentra en la condición de seco compactado, tal como es definida por la Norma ASTM C 29.

\*\* El cálculo del contenido de agregado grueso a partir del coeficiente  $b/b_0$ , permite obtener concretos con una trabajabilidad adecuada para concreto armado usual.

\*\*\* Para concreto menos trabajables, tales como los que se requiere en pavimentos, la relación puede incrementarse en un 10%. Para concretos más trabajables, tales como los concretos bombeados, los valores pueden reducirse en un 10%.

**Tabla 10.** Tabla 16.2.2: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto [30].

Entonces, como el TMN del agregado grueso es 3/4" y el MF del agregado fino es mayor a 3, se tendrá lo siguiente:

$$b/b_0 = 0.6$$

Entonces, el peso seco del agregado grueso será:

$$PS_{AAA} = PUCS_{AAA} * b/b_0$$

$$PS_{AAA} = 1571 * 0.6$$

$$PS_{A\ddot{A}A} = 942.6 \text{ kg/m}^3$$

✓ Volúmenes Absolutos

Se tiene lo siguiente:

✓ *Cemento*

$$C = \frac{C_{\text{Paso 7}}}{W_{\text{Cemento}}}$$

$$C = \frac{326.95}{2990}$$

$$C = 0.109 \text{ m}^3$$

✓ *Agua*

$$Agua = \frac{Agua_{\text{Paso 5}}}{W_{\text{Agua}}}$$

$$Agua = \frac{205}{1000}$$

$$Agua = 0.205 \text{ m}^3$$

✓ *Aire*

$$A\ddot{r}e = \frac{A\ddot{r}e_{\text{Paso 4}}}{100}$$

$$A\ddot{r}e = \frac{2}{100}$$

$$A\ddot{r}e = 0.020 \text{ m}^3$$

✓ *Agregado Grueso*

$$AG = \frac{PS_{AAA}}{\gamma_{AAA}}$$

$$AG = \frac{942.6}{2734}$$

$$Agua = 0.345 \text{ m}^3$$

✓ *Emulsión Asfáltica*

$$EA = \frac{\%_{EA} * C_{Paso 7}}{100 * \gamma_{EA}}$$

$$EA = \frac{10 * 326.95}{100 * 1000}$$

$$EA = 0.033 \text{ m}^3$$

✓ *Agregado Fino*

$$AF = 1 - \text{volúmenes}$$

$$AF = 1 - 0.712$$

$$AF = 0.288 \text{ m}^3$$

✓ Cálculo del PS<sub>Af</sub>

$$PS_{AAA} = AF * \gamma_{AAA}$$

$$PS_{AAA} = 0.288 * 2577$$

$$PS_{AAA} = 742.18 \text{ kg/m}^3$$

**Paso 9: Condiciones secas**

Se tendría lo siguiente:

$C = C_{\text{Paso 7}}$ $AF = PS_{Af}$ $AG = PS_{Ag}$ $\text{Agua} = \text{Agua}_{\text{Paso 5}}$ $EA = EA * 1000$	$C = 326.95 \text{ kg/m}^3$ $AF = 742.18 \text{ kg/m}^3$ $AG = 942.6 \text{ kg/m}^3$ $\text{Agua} = 205 \text{ lt/m}^3$ $EA = 33 \text{ lt/m}^3$
--	--

**Paso 10: Corrección por humedad del agregado**

Se tendría lo siguiente:

- ✓ Cálculo del  $PH_{Af}$

$$PH_{AAA} = PS_{AAA} * \left(1 + \frac{\%H_{AAA}}{100}\right)$$

$$PH_{AAA} = 742.18 * \left(1 + \frac{1.5}{100}\right)$$

$$PH_{AAA} = 753.31 \text{ kg/m}^3$$

- ✓ Cálculo del  $PH_{Ag}$

$$PH_{AAA} = PS_{AAA} * \left(1 + \frac{\%H_{AAA}}{100}\right)$$

$$PH_{AAA} = 942.6 * \left(1 + \frac{0.5}{100}\right)$$

$$PH_{AAA} = 947.31 \text{ kg/m}^3$$

### Paso 11: Cálculo de agua efectiva

✓ Aportes de humedad

✓ *Cálculo del  $AP_{Af}$*

$$AP_{AAA} = PS_{AAA} * \frac{\%H_{AAA} - \%A_{AAA}}{100}$$

$$AP_{AAA} = 742.18 * \frac{1.5 - 0.71}{100}$$

$$A_{AAA} = 5.86 \text{ lt/m}^3$$

✓ *Cálculo del  $AP_{Ag}$*

$$AP_{AAA} = PS_{AAA} * \frac{\%H_{AAA} - \%A_{AAA}}{100}$$

$$AP_{AAA} = 942.6 * \frac{0.5 - 0.91}{100}$$

$$AP_{AAA} = -3.86 \text{ lt/m}^3$$

✓ *Cálculo del  $AP_T$*

$$AP_T = AP_{AAA} + AP_{AAA}$$

$$AP_T = 5.86 - 3.86$$

$$AP_T = 2 \text{ lt/m}^3$$

✓ Agua efectiva

$$AeSS = Agua_{paso 5} - AP_T$$

$$AeSS = 205 - 2$$

$$AeSS = 203 \text{ lt/m}^3$$

### Paso 12: Condiciones húmedas

Se tendría lo siguiente:

$C = C_{\text{Paso 7}}$ $AF = PH_{Af}$ $AG = PH_{Ag}$ $\text{Agua} = A_{ef/c}$ $EA = EA_{\text{Paso 9/c}}$	$C = 326.95 \text{ kg/m}^3$ $AF = 753.31 \text{ kg/m}^3$ $AG = 947.31 \text{ kg/m}^3$ $\text{Agua} = 26.4 \text{ lt/bls}$ $EA = 4.29 \text{ lt/bls}$
--	--

### Paso 13: Dosificación en peso

*Cemento : Agregado fino : Agregado grueso / Agua + Emulsión Asfáltica*

$$\frac{C_{\text{Paso 12}}}{C_{\text{Paso 12}}} : \frac{PH_{AAA}}{C_{\text{Paso 12}}} : \frac{PH_{AAA}}{C_{\text{Paso 12}}} / \text{Agua}_{\text{Paso 12}} + EA_{\text{Paso 12}}$$

$$\frac{326.95}{326.95} : \frac{753.31}{326.95} : \frac{947.31}{326.95} / 26.4 + 4.29$$

$$\mathbf{1 : 2.3 : 2.9 / 26.4 \text{ (lt/bls)} + 4.29 \text{ (lt/bls)}}$$

La diferencia con las dosificaciones patrón es que el valor de emulsión asfáltica es 0.

Si al momento de vaciar el concreto y realizar el ensayo de asentamiento, el slump nos sale como el diseño que es de 3", entonces, se procede a calcular un **reajuste de proporción**. Para este procedimiento, se considerará la misma dosificación anterior, como una continuación y, como en la práctica se obtuvo un resultado de 2" de slump se realiza el siguiente proceso de reajuste:

### Paso 14: Agua aumentada

Considerando un slump obtenido de 2":

$$\text{Agua aumentada} = (\text{Slump de diseño} - \text{Slump obtenido}) * 5 \frac{\text{lt}}{\text{pulg} * \text{m}^3}$$

$$\text{Agua aumentada} = (3" - 2") * 5 \frac{\text{lt}}{\text{pulg} * \text{m}^3}$$

$$\text{Agua aumentada} = 5 \text{ lt/m}^3$$

**Paso 15: Nueva agua**

$$N_{aAAua} = \text{Agua}_{\text{Paso9}} + \text{Agua aumentada}$$

$$N_{aAAua} = 205 + 5$$

$$N_{aAAua} = 210 \text{ lt/m}^3$$

**Paso 16: Nuevo cemento**

$$N_c = \frac{N_{aAAua}}{a/c}$$

$$N_c = \frac{210}{0.627}$$

$$N_c = 334.93 \text{ kg/m}^3$$

En bls/m<sup>3</sup>:

$$N_c = \frac{N_c}{42.5}$$

$$N_c = \frac{334.93}{42.5}$$

$$N_c = 7.88 \text{ bls/m}^3$$

**Paso 17: Volúmenes absolutos**

✓ Cemento

$$C = \frac{N_c}{\gamma_{\text{Cemento}}}$$

$$C = \frac{334.93}{2990}$$

$$C = 0.112 \text{ m}^3$$

✓ Agua

$$Agua = \frac{N_{aAAua}}{W_{AAua}}$$

$$Agua = \frac{210}{1000}$$

$$Agua = 0.210 \text{ m}^3$$

✓ Aire

$$Aire = \frac{Aire_{Paso 4}}{100}$$

$$Aire = \frac{2}{100}$$

$$Aire = 0.020 \text{ m}^3$$

✓ Emulsión Asfáltica

$$EA = \frac{\%_{EA} * N_C}{100 * \gamma_{EA}}$$

$$EA = \frac{10 * 334.93}{100 * 1000}$$

$$EA = 0.033 \text{ m}^3$$

✓ Agregados

El nuevo volumen de agregados sería:

$$V_{AF+AG} = 1 - \text{volúmenes}$$

$$V_{AF+AG} = 1 - 0.375$$

$$V_{AF+AG} = 0.625 \text{ m}^3$$

El antiguo volumen de agregados sería:

$$V_{AF+AG} = V_{AF+AG \text{ del paso 8}}$$

$$V_{AF+AG} = 0.288 + 0.345$$

$$V_{AF+AG} = 0.633 \text{ m}^3$$

Se aprecia que los volúmenes varían.

### **Paso 18: Variación proporcional**

#### ✓ Porcentajes de agregados

- *Agregado grueso*

$$\%AG = \frac{V_{AG \text{ del paso 8}}}{V_{AF+AG \text{ actual}}} * 100$$

$$\%AG = \frac{0.345}{0.633} * 100$$

$$\%AG = 54.5\%$$

- *Agregado fino*

$$\%AF = 100 - \%AG$$

$$\%AF = 100 - 54.5$$

$$\%AF = 45.5\%$$

#### ✓ Volúmenes de agregados

- *Agregado grueso*

$$V_{AG} = \frac{\%AG * V_{AF+AG \text{ nuevo}}}{100}$$

$$V_{AG} = \frac{54.5 * 0.625}{100}$$

$$V_{AG} = 0.341 \text{ m}^3$$

- *Agregado fino*

$$V_{AF} = \frac{\%AF * V_{AF+AG \text{ nuevo}}}{100}$$

$$V_{AF} = \frac{45.5 * 0.625}{100}$$

$$V_{AF} = 0.284m^3$$

✓ Peso seco de agregados

- *Agregado grueso*

$$PS_{AG} = V_{AG} * \gamma_{AAA}$$

$$PS_{AG} = 0.341 * 2734$$

$$PS_{AG} = 932.29 \text{ kg/m}^3$$

- *Agregado fino*

$$PS_{AF} = V_{AF} * \gamma_{AF}$$

$$PS_{AF} = 0.284 * 2577$$

$$PS_{AF} = 731.87 \text{ kg/m}^3$$

### **Paso 19: Condiciones secas**

Se tendría lo siguiente:

$$\begin{aligned} C &= N_C \\ AF &= PS_{AF} \\ AG &= PS_{AG} \\ \text{Agua} &= N_{\text{agua}} \\ EA &= EA * 1000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 334.93 \text{ kg/m}^3 \\ AF &= 731.87 \text{ kg/m}^3 \\ AG &= 932.29 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agua} &= 210 \text{ lt/m}^3 \\ EA &= 33 \text{ lt/m}^3 \end{aligned}$$

**Paso 20: Corrección por humedad del agregado (Como Paso 10)**

Se tendría lo siguiente:

✓ Cálculo del  $PH_{Af}$ 

$$PH_{AAA} = PS_{AF} * \left(1 + \frac{\%H_{AAA}}{100}\right)$$

$$PH_{AAA} = 731.87 * \left(1 + \frac{1.5}{100}\right)$$

$$PH_{AAA} = 742.85 \text{ kg/m}^3$$

✓ Cálculo del  $PH_{Ag}$ 

$$PH_{AAA} = PS_{AG} * \left(1 + \frac{\%H_{AAA}}{100}\right)$$

$$PH_{AAA} = 932.29 * \left(1 + \frac{0.5}{100}\right)$$

$$PH_{AAA} = 936.95 \text{ kg/m}^3$$

**Paso 21: Cálculo de agua efectiva (Como Paso 11)**✓ Aportes de humedad✓ Cálculo del  $AP_{Af}$ 

$$AP_{AAA} = PS_{AF} * \left(\frac{\%H_{AAA} - \%A_{AAA}}{100}\right)$$

$$AP_{AAA} = 731.87 * \left(\frac{1.5 - 0.71}{100}\right)$$

$$A_{AAA} = 5.78 \text{ lt/m}^3$$

✓ *Cálculo del  $AP_{Ag}$*

$$AP_{AAA} = PS_{AG} * \frac{\%H_{AAA} - \%A_{AAA}}{100}$$

$$AP_{AAA} = 932.29 * \frac{0.5 - 0.91}{100}$$

$$AP_{AAA} = -3.82 \text{ lt/m}^3$$

✓ *Cálculo del  $AP_T$*

$$AP_T = AP_{AAA} + AP_{AAA}$$

$$AP_T = 5.78 - 3.82$$

$$AP_T = 1.96 \text{ lt/m}^3$$

✓ Agua efectiva

$$AeSS = N_{agua} - AP_T$$

$$AeSS = 210 - 1.96$$

$$AeSS = 208.04 \text{ lt/m}^3$$

## Paso 22: Condiciones húmedas (Como Paso 12)

Se tendría lo siguiente:

$$\begin{aligned} C &= C_{\text{Paso 19}} \\ AF &= PH_{Af} \\ AG &= PH_{Ag} \\ \text{Agua} &= Ae_f/N_c \\ EA &= EA_{\text{Paso 19}}/N_c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 334.93 \text{ kg/m}^3 \\ AF &= 742.85 \text{ kg/m}^3 \\ AG &= 936.95 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Agua} &= 26.4 \text{ lt/bls} \\ EA &= 4.19 \text{ lt/bls} \end{aligned}$$

### Paso 23: Dosificación en peso (Como Paso 13)

Cemento : Agregado fino : Agregado grueso/ Agua + Emulsión Asfáltica

$$\frac{C_{Paso\ 22}}{C_{Paso\ 22}} : \frac{PH_{AAA}}{C_{Paso\ 22}} : \frac{PH_{AAA}}{C_{Paso\ 22}} / Agua_{Paso\ 22} + EA_{Paso\ 22}$$

$$\frac{334.93}{334.93} : \frac{742.85}{334.93} : \frac{936.95}{334.93} / 26.4 + 4.19$$

$$1 : 2.22 : 2.8 / 26.4 \text{ (lt/bls)} + 4.19 \text{ (lt/bls)}$$

### Ensayos al Estado Fresco del Concreto

#### Ensayo de Asentamiento

Este ensayo tiene como fin indicar la trabajabilidad o fluidez del concreto.

✓ Normativa

*NTP 339.035: HORMIGÓN: Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams.*

✓ Instrumentos



**Figura 48:** Cono de Abrams.



**Figura 31:** Varilla.



**Figura 7:** Cucharón.



**Figura 49:** Trompo.



**Figura 50:** Bandeja metálica.



**Figura 33:** Balanza 30 kg.

✓ Muestra

Se utilizó la cantidad de una probeta de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura más un 30% de desperdicio para todo tipo de dosificación.

✓ Procedimiento

1. Mezclado del concreto.
2. Se humedecen la bandeja, la varilla, el cucharón y el cono.
3. Se coloca la bandeja cerca del trompo y el cono encima.
4. Se pisan las aletas inferiores del cono.
5. Se realiza el vaciado del concreto con el cucharón en 3 capas, cada una con 25 varillazos concéntricos desde el exterior al interior.
6. Se enraza la parte superior con la varilla.
7. Se cogen las manijas del cono y cuidadosamente se levantan los pies del cono.
8. Se levanta verticalmente el cono y se lo coloca al lado de la muestra.
9. Se coloca la varilla encima del cono, el cual debe quedar encima del material también.
10. Se mide desde la superficie promedio del material hasta la parte inferior de la varilla con una wincha.
11. Si la medición cumple con el slump diseñado, se considera correcto el diseño, de lo contrario se realiza un ajuste de proporción y se siguen los mismos pasos hasta obtener el valor deseado.



**Figura 51:** Vaciado de concreto para slump.

- ❖ Los valores de slump y sus correcciones de las 8 dosificaciones se encuentran en el *Anexo13*.

### Temperatura del Concreto

Se realizó la medición de temperatura para determinar si esta variaba considerablemente a medida que se aumentaba el porcentaje de emulsión asfáltica.

- ✓ Instrumentos



**Figura 52:**  
Termómetro para concreto.

✓ Muestra

Se utilizaron las probetas frescas.

✓ Procedimiento

1. Mezclado del concreto.
2. Encender el termómetro.
3. Introducirlo hasta la tercera parte en la probeta fresca de concreto.
4. Esperar unos 2 a 3 min.
5. Leer los valores en la pantalla del termómetro.



**Figura 53:**  $f^{\circ}c$  175-10%.



**Figura 54:**  $f^{\circ}c$  175-30%.



**Figura 55:**  $f^{\circ}c$  210-0%.



**Figura 56:**  $f^{\circ}c$  210-20%.



**Figura 57:**  $f^{\circ}c$  210-30%.

## Preparación de Probetas Cilíndricas de Concreto

Este ensayo tiene como fin obtener probetas para ensayar a compresión y succión capilar.

### ✓ Normativa

*NTP 339.033: HORMIGÓN: Método de ensayo para elaboración y curado de probetas cilíndricas de concreto en obra.*

### ✓ Instrumentos



**Figura 58:** Moldes de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura y de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura.



**Figura 31:** Varilla.



**Figura 7:** Cucharón.



**Figura 32:** Martillo de goma.



**Figura 33:** Balanza 30 kg.



**Figura 49:** Trompo.



**Figura 59:** Badilejo.

✓ Muestra

Se utilizó la cantidad de una probeta, dependiendo sus dimensiones, más un 30% de desperdicio para todo tipo de dosificación.

✓ Procedimiento

1. Se entornillan los moldes de las probetas.
2. Se engrasan por dentro las probetas.
3. Mezclado del concreto.
4. Se realiza el vaciado del concreto con el cucharón en 3 capas, cada una con 25 varillazos concéntricos desde el exterior al interior y 15 golpes con el martillo de goma alrededor de la capa.
5. Se enraza la parte superior con el badilejo.



**Figura 60:** f'c 175-0%.



**Figura 61:** f'c 175-10%.



**Figura 62:** f'c 175-20%.



**Figura 63:**  $f'c$  175-30%.



**Figura 64:**  $f'c$  210-0%.



**Figura 65:**  $f'c$  210-10%.



**Figura 66:**  $f'c$  210-20%.



**Figura 67:**  $f'c$  210-30%.



**Figura 68:** Golpes con martillo de goma.



**Figura 69:** Curado de probetas en fosa externa.



**Figura 70:** Curado de probetas en fosa interna.

### **Ensayos al Estado Endurecido del Concreto**

#### **Ensayo de Resistencia a la Compresión**

Este ensayo tiene como fin indicar la capacidad que tiene el concreto de resistir esfuerzos axiales.

✓ Normativa

*NTP 339.034: HORMIGÓN: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.*

✓ Instrumentos



**Figura 71:**  
Prensas.

✓ Muestra

Se utilizaron probetas de 15 cm de diámetro con 30 cm de altura para cada dosificación, siendo 3 probetas por cada una de estas.

✓ Procedimiento

1. Se enciende la prensa.
2. Se colocan ambas almohadillas en las probetas, siendo una inferior y otra superior.
3. Se coloca la probeta con las almohadillas en la prensa.
4. Para la prensa 1, se escogen las dimensiones, se le da check y se le marca al 0.
5. Se mueve la palanca a la derecha y luego una más a la izquierda.
6. Cuando ha roto la probeta, se mueve la palanca hacia la izquierda en donde dice Retract y se prosigue a retirar la probeta.
7. Para la prensa 2, se mueve la palanca para que encienda la prensa, se gira la manija hasta que el platillo superior esté en contacto con la cara almohadilla superior y se aumenta la velocidad con la manija de 3 a 7.

8. Cuando ha roto la probeta, se coloca la velocidad en 0, se gira la manija hasta que el platillo superior se retire de la cara superior de la almohadilla y se apaga el interruptor. Ahora, se puede retirar la probeta.



**Figura 72:** Retiro de probeta rota.

✓ Cálculo

$$f'c = \text{Resistencia a la Compresión} = \frac{\text{Fuerza (Prensa)}}{\text{Área axial del molde}}$$

**Ecuación 13.** Resistencia a la compresión del concreto.

- ❖ Los valores de resistencia a la compresión de las 8 dosificaciones se encuentran en el *Anexo14*.

### Ensayo de Absorción Capilar

Este ensayo tiene como fin indicar la capacidad que tiene el concreto de absorber agua mediante sus poros, en este caso en particular, sirve para demostrar que en comparación a un concreto convencional, los valores son menores con la adición de emulsión asfáltica.

✓ Normativa

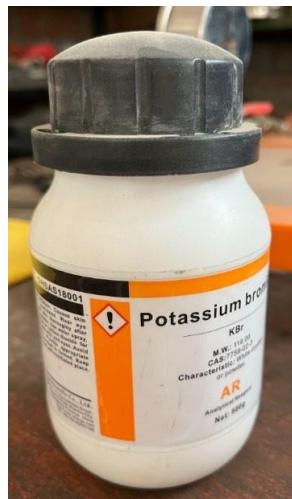
*ASTM C 1585-04: Método de ensayo normalizado para medir el ritmo de absorción de agua de los hormigones de cemento hidráulico.*

✓ Instrumentos

- Amoladora.
- Recipiente impermeable de polietileno u otro material.
- Dispositivo de soporte, barras, pines u otros aditamentos.
- Balanza.
- Bolsas de polietileno para almacenaje.
- Calibrador o pie de rey.
- Bolsa o lámina plástica.



**Figura 73.** Cámaras medioambientales.



**Figura 74.** Bromuro de potasio



**Figura 75.** Silicona para sellar.



**Figura 77.** Medidor.



**Figura 78.** Pistola de silicona.



**Figura 76.** Bomba.



**Figura 79.** Cámara.

✓ Muestra

Se utilizaron probetas de 10 cm de diámetro con 20 cm de altura para cada dosificación, siendo 3 probetas por cada una de estas para utilizar un disco de 5 cm de altura por cada una.

✓ Procedimiento

1. Se realizan las probetas de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura con 28 días de curado.
2. Se cortan las probetas con una amoladora para obtener 1 disco por cada probeta, siendo estas de 5 cm de altura. Cabe recalcar que, se tienen 3 probetas por dosificación. Po lo tanto, serían 3 discos por dosificación.

3. Colocar los discos en las cámaras junto con el bromato.
4. Colocar los discos en bolsas herméticas para que permanezcan sus condiciones,
5. Medir 4 veces las dimensiones de diámetro y espesor de las muestras.
6. Pesas los discos.
7. Sellar los discos con silicona excepto una circunferencia, la cual estará expuesta al agua
8. Pesar los discos con silicona.
9. Se realiza el procedimiento de absorción  $23 \pm 2$  °C con agua.
10. Se sacan los discos en el tiempo determinado, secarlo levemente con una franela.
11. Se pesa la probeta. Cabe mencionar que, el proceso debe ser máximo de 15 s.
12. Se coloca el agua a 1 – 3 mm por encima de la parte superior del dispositivo.
13. Registrar la masa de la probeta a intervalos de  $60 \pm 2$  s, 5 min  $\pm$  10 s, 10 min, 20 min, 30 min y 60 min. Luego, cada hora  $\pm$  5 min hasta 6 horas, 3 días con medidas cada 24 h/día y así son 8 días.



**Figura 80.** Bromuro de potasio.



**Figura 81.** Cámara



**Figura 82.** Cámara y bomba.



**Figura 83.** Discos en bolsas herméticas



**Figura 84.** Discos sumergidos a 5 mm y sellados.



**Figura 85.** Comparación de probetas de 10 cm de diámetro con 20 cm de altura ( $f'c$  175 – E.A. 0%, 10%, 20% y 30%).



**Figura 86.** Comparación de probetas de 10 cm de diámetro con 20 cm de altura ( $f'c$  210 – E.A. 0%, 10%, 20% y 30%).

✓ Cálculo

$$\text{Absorción capilar} = \frac{Q_t - Q_0}{\rho A}$$

**Ecuación 14.** Absorción capilar.

$$\text{Velocidad de absorción capilar} = \frac{Q_t - Q_0}{\rho A} \text{ vs } \sqrt{t}$$

**Ecuación 15.** Velocidad de absorción capilar.

## Ensayo de Cambio de Longitud en Morteros de Cemento Portland Expuestos a Soluciones Sulfatadas

Este ensayo tiene como fin indicar la capacidad que tiene el concreto de resistir a los sulfatos, sin embargo, como en condiciones normales el proceso duraría años, se acelera esto mediante este ensayo.

### ✓ Normativa

*NTP 334.094: CEMENTOS: Método normalizado para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas.*

### ✓ Instrumentos



**Figura 87.** Batidora.



**Figura 88.** Moldes de cubos.



**Figura 89.** Tapers.



**Figura 90.** Sujetador metálico para viguetas.



**Figura 91.** Recipiente de PVC para sujetador metálico.



**Figura 25:** Pisón.



**Figura 92.** Paleta.



**Figura 93.** Moldes de viguetas.



**Figura 94.** Placa de vidrio para moldes de cubos.



**Figura 95.** Llave para pernos.



**Imagen 96.** Placas de vidrio de viguetas.



**Imagen 97.** Pegamento para PVC.



**Imagen 98.** Cierra.



**Imagen 99.** Sulfato de sodio.



**Imagen 100.** Aparato de medición de viguetas.



**Imagen 101.** Aparato de medición de viguetas.



**Figura 9:** Horno.



**Figura 10:** Recipientes.



**Figura 7:** Cucharón. *Fuente Propia.*



**Figura 8:** Balanza.

✓ Muestra

Se utilizaron cubos de 5 cm de largo y ancho con 5 cm de altura para cada dosificación, siendo 3 cubos por cada una de estas. Además, se utilizaron viguetas de 2.5 cm de ancho y altura con 28.5 cm de largo para cada dosificación, siendo 6 viguetas por cada una de estas.

✓ Procedimiento

1. Se engrasan los moldes.
2. Se pesan los componentes del mortero por cada dosificación.
3. Se mezcla el mortero con una velocidad de 1 por 60 s y luego a 2 por 30 s.
4. Se vacían los moldes en 3 capas con golpes mediante el pisón.
5. Se enraza la última capa.
6. Se pegan las placas de vidrio con pegamento de vidrio en la parte superior de los moldes.
7. Se introducen en Tapers repletos de agua.
8. Se colocan los Tapers por 24 h en el horno a 35 °C.

9. Se retiran los Tapers y se procede a decantar el agua.
10. Se desmoldan los cubos.
11. Se dejan secar por 1 día.
12. Se ensayan a compresión los cubos.
13. Se coloca cartón en los extremos de los moldes de viguetas para un mejor desmolde.
14. Se realiza el vaciado de viguetas.
15. Se colocan los Tapers por 24 h en el horno a 35 °C.
16. Se retiran los Tapers y se procede a decantar el agua.
17. Se retiran los cartones para desmoldar las viguetas.
18. Se introducen las viguetas en los sujetadores y estos en los recipientes de PVC. Estos fueron cortados con la cierra y se usó el pegamento para la base.
19. Verter la solución del ensayo en el recipiente con los moldes de las viguetas a  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  un día antes, siendo la solución de 50 g del sulfato de sodio, 900 ml de agua regular y 100 ml de agua destilada.
20. Se realizan mediciones de cambio de longitud cada 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 semanas. Luego a 4, 6, 9 y 12 meses.



**Figura 102.** Cubos de  $f'c$  175 – 0, 10, 20 y 30%.



**Figura 103.** Cubos de  $f'c$  210 – 0, 10, 20 y 30%.



**Figura 104.** Curado de cubos en horno a 35 °C.



**Figura 105.** Muestras secas.



**Figura 106.** Viguetas de  $f'c$  175  $\text{kg/cm}^2$  – 0%.



**Figura 107.** Viguetas con placas de vidrio y sumergidas.



**Figura 108.** Vaciado de viguetas en laboratorio.



**Figura 109.** Curado de viguetas en horno a 35°C.



**Figura 110.** Viguetas de 0%, 10%, 20% y 30%.

✓ Cálculo

$$\Delta L = \text{Camb} \text{ de } \log \text{RR} \text{tud} = \frac{\text{Lectura en el comparador} - \text{Lectura RRnRRcRRal}}{\text{LongRRtud NomRRnal del caRRbre}} * 100$$

**Ecuación 16.** Variación de longitud de viguetas.

- ❖ Los valores de resistencia a la compresión de los cubos de las 8 dosificaciones se encuentran en el *Anexo15*.

## Variación de Peso Unitario del Concreto

Se determinó realizar la variación del volumen del concreto para poder indicar si es que la emulsión asfáltica causa un cambio grande que podría resultar en retracciones.

### ✓ Instrumentos



**Figura 33:** Balanza 30 kg.

### ✓ Muestra

Se utilizaron probetas de 15 cm de diámetro con 30 cm de altura para cada dosificación y probetas de 10 cm de diámetro con 20 cm de altura.

### ✓ Procedimiento

1. Se coloca la probeta con concreto fresco en la balanza y se pesa.
2. Se espera al día de rotura de la probeta y se pesa.

### ✓ Cálculo

$$\Delta V = \text{Variación de Peso Unitario} = \frac{\text{Peso Fresco} - \text{Peso Endurecido}}{\text{Volumen}}$$

**Ecuación 17.** Variación de peso unitario.

## Técnicas

### Técnicas para la Recolección de Datos

✓ Observación Directa

Se realizó para el asentamiento y el tipo de falla.

✓ Experimentos

Aquí se manipulan variables, como los ensayos al suelo, agregados y concreto.

✓ Análisis de Contenido

Se interpreta la información recopilada a través de la búsqueda de antecedentes, teorías, conceptos, libros, artículos y tesis.

### Técnicas para el Procesamiento de Datos

Los datos que se obtienen de todos los ensayos de laboratorio se procesan mediante formatos, posteriormente anexados o colocados en su debido apartado. Cabe mencionar que se tienen formatos propios y externos (ensayos de la zona de estudio).

✓ Formato para ensayo de Granulometría.

✓ Formato para ensayo de Humedad.

✓ Formato para ensayo de Límites de Atterberg.

✓ Formato para ensayo de Gravedad Específica.

✓ Formato para ensayo de Próctor Modificado.

✓ Formato para ensayo de Sales Solubles Totales.

✓ Formato para ensayo de pH.

✓ Formato para ensayo de Cloruros Solubles.

✓ Formato para ensayo de Sulfatos Solubles.

- ✓ Formato para ensayo de Absorción y Peso Específico.
- ✓ Formato para ensayo de Pesos Unitarios Suelos y Compactados.
- ✓ Formato para ensayo de Asentamiento.
- ✓ Formato para Temperatura.
- ✓ Formato para ensayo de Resistencia a la Compresión.
- ✓ Formato para ensayo de Absorción Capilar.
- ✓ Formato para ensayo de Cambio de Longitud en Morteros de Cemento Portland Expuestos a Soluciones Sulfatadas.
- ✓ Formato de Variación de Peso Unitario del Concreto

### **Consideraciones éticas**

Se debe ser reflejado el aspecto ético, mediante las citas de todos los documentos encontrados y que han sido utilizados como referencias para esta investigación, así como la presentación de los ensayos en un laboratorio externo, los cuales deben estar firmados por los encargados correspondientes. Además, se debe quedar evidenciado el trabajo a través del rollo fotográfico del proceso de los ensayos realizados para esta tesis.

## **Resultados y discusión**

### **resultados**

#### **Propiedades del suelo de la zona de estudio**

##### **Ensayo de Granulometría**

Se encuentra en el *Anexo 17*. Se tiene como un análisis prematuro que, al recién retener material en el tamiz N°40 y presentar el mayor peso en el N°200, el suelo es muy fino y se encuentra mal gradado.

##### **Ensayo de Humedad**

Se encuentra en el *Anexo 17*. Se tiene como un análisis prematuro que, al tener una humedad de 4.94, el suelo se encuentra en un estado en el que no se podrá absorber mucha agua, al estar ya considerablemente mojado.

##### **Ensayo de Límites de Atterberg**

Se encuentra en el *Anexo 17*. Se obtuvo el tipo de suelo: Arena fina mal graduada (SPy A-3), coherente con lo observado en la granulometría y por la localización de la muestra, al estar cerca de la playa de San José.

##### **Ensayo de Gravedad Específica**

Se encuentra en el *Anexo 18*.

##### **Ensayo de Próctor Modificado**

Se encuentra en el *Anexo 19*.

##### **Ensayo de Sales Solubles Totales**

Se encuentra en el *Anexo 20*. Se tiene como un análisis prematuro que, al presentar un porcentaje de 0.11 por respecto al peso, se considera como una exposición moderada, pues se encuentra en los límites de 0.1 a 0.2. Además, presenta 1120 ppm, lo cual lo reafirma, pues el rango es de 150 a 1500. Sin embargo, en un estudio de suelos de San José de otras zonas, se evidenció una exposición severa, ya que las muestran

obtuvieron 1844 ppm de sulfato soluble en agua. Esto reafirma la agresividad del suelo, ergo, justificando la elección de solución del proyecto.

### Propiedades del mortero de la zona de estudio

#### Ensayo de pH

Se encuentra en el *Anexo 21*. Se tiene como un análisis prematuro que, los resultados demuestran que el mortero se encuentra en malas condiciones, al ser 5.7 menor que 8-9, por tanto, se encontraría en un estado ácido.

#### Ensayo de Cloruros Solubles

Se encuentra en el *Anexo 22*.

#### Ensayo de Sulfatos Solubles

Se encuentra en el *Anexo 23*.

Estos dos últimos ensayos demostraron que el material se ve más afectado por el ataque de sulfatos que por el de cloruros, justificando una vez más el proyecto por la elección del ensayo de exposición acelerada a sulfatos.

### PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO

#### Ensayo de Granulometría

Se obtuvo lo siguiente:

	Malla		Peso Retenido	% Retenido	% RA	% que pasa
	pulg	mm				
TM	3/8"		0.00	0.00	0.00	100.00
TN	TMN	N° 04	26.72	5.96	5.96	94.04
		N° 08	56.32	12.56	18.52	81.48
		N° 16	88.87	19.82	38.33	61.67
		N° 30	105.23	23.46	61.79	38.21
		N° 50	86.16	19.21	81.01	18.99
		N° 100	48.18	10.74	91.75	8.25
		N° 200	26.61	5.93	97.68	2.32
	Fondo		10.40	2.32	100.00	0.00
<b>Total</b>			<b>448.5</b>			

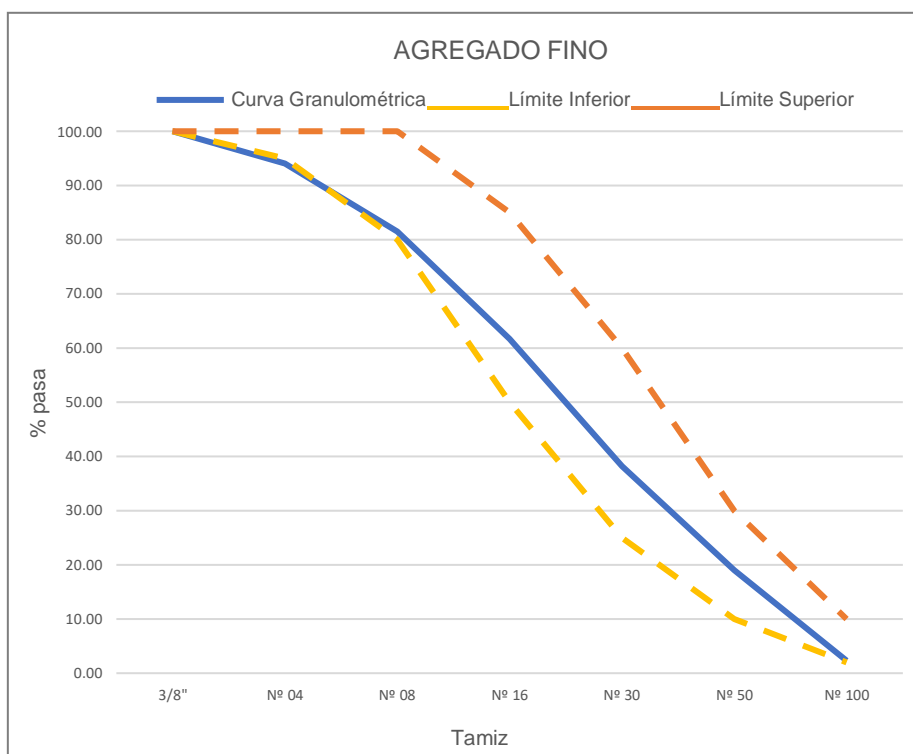
**Tabla 11:** Granulometría de agregado fino.

Según los valores de Peso Retenido, se puede suponer que es un agregado fino porquhay retenido desde las malla N°4 hasta la N° 100.

En cuanto a la gráfica:

Tamiz	Límites		Agregado
3/8"	100	100	100.00
N° 04	95	100	94.04
N° 08	80	100	81.48
N° 16	50	85	61.67
N° 30	25	60	38.21
N° 50	10	30	18.99
N° 100	2	10	2.32

**Tabla 12.** Valores para gráfica de granulometría de agregado fino.



**Figura 111:** Curva granulométrica del agregado fino y Husos.

Como se ve en el gráfico, la curva del agregado cumple con los requisitos de los límites de la NTP 400.012, lo que significa que se encuentra bien gradado.

✓ Módulo de Fineza

Malla (pulg)	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	N° 4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100
% RA	0	0	0	0	5.96	18.52	38.33	61.79	81.01	97.68
MF	3.03									

**Tabla 13.** Módulo de fineza del agregado fino utilizado para el concreto.

El módulo de fineza también se encuentra en el rango de 2.1 a 3.2, demostrando que fue correcto su uso como elemento del concreto del proyecto. Además, se puede acotar que, al estar cerca al valor máximo, demuestra que en este agregado predominan las partículas gruesas.

**Ensayo de Humedad**

$$P_s = 2461 \text{ g}$$

$$P_w = 2499 \text{ g}$$

$$\% H = \frac{(P_w - P_s) * 100}{P_s}$$

$$\% H = 1.5$$

**Ensayo de Absorción y Peso Específico**✓ Absorción

$$P_{SSS} = 500 \text{ g}$$

$$P_R = 81.47 \text{ g}$$

$$P_{R+S} = 577.96 \text{ g}$$

$$P_s = P_{R+S} - P_R$$

$$P_s = 496.49$$

$$\% A = \frac{(P_{SSS} - P_s) * 100}{P_s}$$

$$\% A = 0.71$$

Se tiene como un análisis prematuro que, al ser el valor de la humedad mayor al de la absorción puede existir una mayor fluidez del concreto. Esto ocurre porque el agregado tiene tanta agua que le añadirá una parte a la pasta, así aumentando la relación a/c y disminuyendo el f'c, lo cual podría resultar en fisuras por contracción plástica.

✓ Peso Específico

$$P_{SSS} = 500 \text{ g}$$

$$P_R = 81.47 \text{ g}$$

$$P_{R+S} = 577.96 \text{ g}$$

$$P_M = 140.26 \text{ g}$$

$$P_{M+SSS+A} = 947.58 \text{ g}$$

$$P_s = P_{R+S} - P_R$$

$$P_s = 496.49$$

$$P_{AA} = P_{M+SSS+A} - (P_{SSS} + P_M)$$

$$P_{AA} = 307.32$$

$$\gamma = \frac{W_o}{P_{SSS} - P_{AA}}$$

$$\gamma = 2.577 \text{ g/cm}^3$$

Un rango aproximado del peso específico de los agregados es de 2.4 a 2.9 g/cm<sup>3</sup>, por lo que se puede determinar que 2.577 se encuentra en este. Esto es fundamental, ya que, si fuera mucho menor, indicaría que el material es muy poroso, por tanto, su porcentaje de absorción aumentaría, así debilitando al concreto, es decir, tendría un f'c bajo.

### Ensayo de Pesos Unitarios Suelto y Compactado

#### ✓ Peso unitario suelto húmedo

$$\begin{array}{l}
 P_M = 10.088 \text{ kg} \\
 V_M = 0.0053 \text{ m}^3 \\
 P_{SAF\ 1} = 8.862 \text{ kg} \\
 P_{SAF\ 2} = 8.84 \text{ kg}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 PUSH_1 = \frac{P_{SAF\ 1}}{V_M} \\
 PUSH_1 = 1672 \text{ kg/m}^3
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 PUSH_2 = \frac{P_{SAF\ 2}}{V_M} \\
 PUSH_2 = 1667 \text{ kg/m}^3
 \end{array}$$

**PUSH = 1670 kg/m<sup>3</sup>**

Según la norma NTP 400.017, para un solo operador se considera que la diferencia entre 2 ensayos debe ser de 40 kg/m<sup>3</sup> como máximo. En este caso es de 5 kg/m<sup>3</sup>, por lo que se entiende que los resultados son válidos.

#### ✓ Peso unitario suelto seco

$$\begin{array}{l}
 PUSH = 1670 \text{ kg/m}^3 \\
 PUSS = \frac{PUSH}{(1 - (\%H/100))}
 \end{array}$$

**PUSS = 1695 kg/m<sup>3</sup>**

#### ✓ Peso unitario compactado húmedo

$$\begin{array}{l}
 P_M = 10.088 \text{ kg} \\
 V_M = 0.0053 \text{ m}^3 \\
 P_{CAF\ 1} = 9.65 \text{ kg} \\
 P_{CAF\ 2} = 9.628 \text{ kg}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 PUCH_1 = \frac{P_{CAF\ 1}}{V_M} \\
 PUCH_1 = 1820 \text{ kg/m}^3
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 PUCH_2 = \frac{P_{CAF\ 2}}{V_M} \\
 PUCH_2 = 1816 \text{ kg/m}^3
 \end{array}$$

**PUCH = 1818 kg/m<sup>3</sup>**

Según la norma NTP 400.017, para un solo operador se considera que la diferencia entre 2 ensayos debe ser de 40 kg/m<sup>3</sup> como máximo. En este caso es de 4 kg/m<sup>3</sup>, por lo que se entiende que los resultados son válidos.

✓ Peso unitario compactado seco

$$PUCH = 1818 \text{ kg/m}^3$$

$$PUCS = \frac{PUCH}{(1 - (\%H/100))}$$

$$PUCS = 1846 \text{ kg/m}^3$$

Existe un rango aproximado de 200 kg/m<sup>3</sup>, el cual es la diferencia entre el Peso Unitario Compactado Seco (PUCS) y el Peso Unitario Suelto Seco (PUSS). En este caso es de 151 kg/m<sup>3</sup>, lo que indica que se encuentra conforme al ser un valor cercano y al ser el PUCS mayor que el PUSS.

**PROPIEDADES DEL AGREGADO GRUESO****Ensayo de Granulometría**

Se obtuvo lo siguiente:

	<b>Malla</b>		<b>Peso Retenido</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% RA</b>	<b>% que pasa</b>
	<b>pulg</b>	<b>mm</b>				
	2"		0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"		0.00	0.00	0.00	100.00
TM	1"		0.00	0.00	0.00	100.00
TMN	3/4"		0.86	13.33	13.33	86.67
TN	1/2"		3.09	47.71	61.04	38.96
	3/8"		1.66	25.63	86.67	13.33
	N° 4		0.86	13.33	100.00	0.00
	Fondo		0.00	0.00	100.00	0.00
<b>Total</b>				<b>6.47</b>		

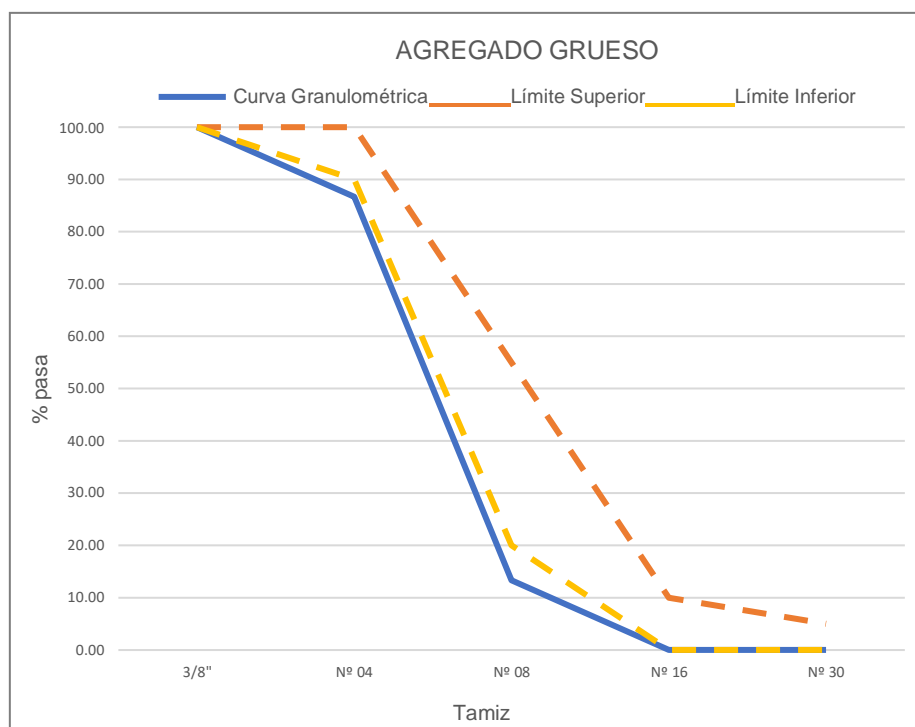
**Tabla 14:** Granulometría de agregado grueso.

Según los valores de Peso Retenido, se puede suponer que es un agregado fino porque hay retenido desde las malla N°4 hasta la N° 100.

En cuanto a la gráfica:

Tamiz	Límites (HUSO 67)		Agregado
1"	100	100	100.00
3/4"	90	100	86.67
3/8"	20	55	13.33
N°4	0	10	0.00
N°8	0	5	0.00

**Tabla 15:** Valores para gráfica de granulometría de agregado grueso.



**Figura 112.** Curva granulométrica del agregado grueso y Husos.

Como se ve en el gráfico, la curva del agregado cumple con los requisitos de los límites del HUSO 67, lo que significa que se encuentra bien gradado.

Se tiene como un análisis prematuro que, el agregado no se encuentra correctamente gradado, pues no cumple con los límites impuestos. Sin embargo, es por muy poco, lo que significa que aún podría utilizarse.

✓ Módulo de Fineza

Malla (pulg)	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	N° 4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100
% RA	0	0	13.33	86.67	100	100	100	100	100	100
MF	7.00									

**Tabla 16.** Módulo de fineza del agregado grueso utilizado para el concreto.

El módulo de fineza también se encuentra en el rango de 5.1 a 7.2, demostrando que fue correcto su uso como elemento del concreto del proyecto. Además, se puede acotar que, al estar cerca al valor máximo, demuestra que en este agregado predominan las partículas gruesas.

**Ensayo de Humedad**

$$P_s = 2.986 \text{ g}$$

$$P_w = 3 \text{ g}$$

$$\% H = \frac{(P_w - P_s) * 100}{P_s}$$

$$\% H = 0.5$$

**Ensayo de Absorción y Peso Específico**✓ Absorción

$$P_{SSS} = 2000 \text{ g}$$

$$P_R = 226 \text{ g}$$

$$P_{R+S} = 2208.00 \text{ g}$$

$$P_s = P_{R+S} - P_R$$

$$P_s = 1982.00$$

$$\% A = \frac{(P_{SSS} - P_s) * 100}{P_s}$$

$$\% A = 0.91$$

Se tiene como un análisis prematuro que, al ser el valor de la humedad menor al de la absorción, el agua primero saturará al agregado y quedará poca para el cemento. Así la mezcla será muy seca y se crearán cangrejas, al quitar el agua el agua del mezclado. Esto se debe a que existe una debilidad en el contacto pasta-cemento, al no envolver correctamente al agregado.

✓ Peso Específico

$$P_{SSS} = 818 \text{ g}$$

$$P_R = 88 \text{ g}$$

$$P_{R+S} = 900.00 \text{ g}$$

$$P_C = 1006 \text{ g}$$

$$P_{C\SUM} = 893 \text{ g}$$

$$P_{C+SSS\SUM} = 1414 \text{ g}$$

$$P_s = P_{R+S} - P_R$$

$$P_s = 812.00$$

$$P_A = P_{C+SSS\SUM} - (P_{C\SUM})$$

$$P_A = 521.00$$

$$v = \frac{W_o}{P_{SSS} - P_A}$$

$$v = 2.734 \text{ g/cm}^3$$

Un rango aproximado del peso específico de los agregados es de 2.4 a 2.9 g/cm<sup>3</sup>, por lo que se puede determinar que 2.734 se encuentra en este. Esto es fundamental, ya que, si fuera mucho menor, indicaría que el material es muy poroso, por tanto, su porcentaje de absorción aumentaría, así debilitando al concreto, es decir, tendría un f'c bajo.

### Ensayo de Pesos Unitarios Suelto y Compactado

#### ✓ Peso unitario suelto húmedo

$$\begin{array}{l}
 P_M = 10.102 \text{ kg} \\
 V_M = 0.0053 \text{ m}^3 \\
 P_{SAG\ 1} = 7.752 \text{ kg} \\
 P_{SAG\ 2} = 7.712 \text{ kg}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 PUSH_1 = \frac{P_{SAG\ 1}}{V_M} \\
 PUSH_1 = 1462 \text{ kg/m}^3
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 PUSH_2 = \frac{P_{SAG\ 2}}{V_M} \\
 PUSH_2 = 1455 \text{ kg/m}^3
 \end{array}$$

$$\text{PUSH} = 1459 \text{ kg/m}^3$$

Según la norma NTP 400.017, para un solo operador se considera que la diferencia entre 2 ensayos debe ser de 40 kg/m<sup>3</sup> como máximo. En este caso es de 7 kg/m<sup>3</sup>, por lo que se entiende que los resultados son válidos.

#### ✓ Peso unitario suelto seco

$$\begin{array}{l}
 PUSH = 1459 \text{ kg/m}^3 \\
 PUSS = \frac{PUSH}{(1 - (\%H/100))} \\
 PUSS = 1466 \text{ kg/m}^3
 \end{array}$$

#### ✓ Peso unitario compactado húmedo

$$\begin{array}{l}
 P_M = 10.102 \text{ kg} \\
 V_M = 0.0053 \text{ m}^3 \\
 P_{CAG\ 1} = 8.278 \text{ kg} \\
 P_{CAG\ 2} = 8.296 \text{ kg}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 PUCH_1 = \frac{P_{CAG\ 1}}{V_M} \\
 PUCH_1 = 1561 \text{ kg/m}^3
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 PUCH_2 = \frac{P_{CAG\ 2}}{V_M} \\
 PUCH_2 = 1565 \text{ kg/m}^3
 \end{array}$$

$$\text{PUCH} = 1563 \text{ kg/m}^3$$

Según la norma NTP 400.017, para un solo operador se considera que la diferencia entre 2 ensayos debe ser de 40 kg/m<sup>3</sup> como máximo. En este caso es de 4 kg/m<sup>3</sup>, por lo que se entiende que los resultados son válidos.

#### ✓ Peso unitario compactado seco

$$\begin{array}{l}
 PUCH = 1563 \text{ kg/m}^3 \\
 PUCS = \frac{PUCH}{(1 - (\%H/100))} \\
 PUCS = 1571 \text{ kg/m}^3
 \end{array}$$

Existe un rango aproximado de  $200 \text{ kg/m}^3$ , el cual es la diferencia entre el Peso Unitario Compactado Seco (PUCS) y el Peso Unitario Suelto Seco (PUSS). En este caso es de  $105 \text{ kg/m}^3$ , lo que indica que se encuentra conforme al ser un valor cercano y al ser el PUCS mayor que el PUSS.

### Elaboración de diseños de mezcla

Se utilizaron los siguientes datos de entrada:

Parámetros	Agregado fino	Agregado grueso	Cemento FORTIMAX	Emulsión asfáltica
TMN (pulg)	Nº 04	3/4"	-	-
MF	3.03	7.00	-	-
%H	1.5	0.5	-	-
%A	0.71	0.91	-	-
$\gamma$ ( $\text{kg/m}^3$ )	2577	2734	2990	1000
PUSH ( $\text{kg/m}^3$ )	1670	1459	-	-
PUSS ( $\text{kg/m}^3$ )	1695	1466	-	-
PUCH ( $\text{kg/m}^3$ )	1818	1563	-	-
PUCS ( $\text{kg/m}^3$ )	1846	1571	-	-

**Tabla 17:** Datos de entrada de diseños de mezcla.

Los resultados se encuentran en el *Anexo 24*.

### Evaluación de las propiedades del estado fresco del concreto

#### Ensayo de Asentamiento

El slump de diseño es de 3", el cual se logró obtener en todas las dosificaciones. Cabe mencionar que en la mayoría se necesitó realizar un ajuste de proporción. En las dosificaciones sin emulsión asfáltica y con las de 10% de la misma, fue usual conseguir un valor de 2", por lo que se ameritó un ajuste de proporción. Sin embargo, con el resto sí se logró el valor esperado, excepto con la de 210 como  $f'c$  y con 30%, la cual fue de 4", pero se corrigió de la misma manera. Esto demostró que, al aumentar el porcentaje de la adición, aumenta la fluidez del concreto.

## Temperatura del Concreto

Se obtuvieron los siguientes valores:

f'c	% Emulsión Asfáltica	Temperatura (°C)	Variación con patrón
175 y 210	0	22.4	0%
	10	22.1	1%
	20	22.1	1%
	30	21.9	2%

**Tabla 18:** Variación de temperatura.


Se tiene como un análisis prematuro que, al aumentar el porcentaje de emulsión asfáltica, disminuye la temperatura del concreto, pero en márgenes mínimos, por lo que no representa un peligro o vulnerabilidad.

## Evaluación de las propiedades del estado endurecido del concreto


### Ensayo de Resistencia a la Compresión

Resistencia a la compresión 175 – 0%				
N°	Días	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% f'ca	<del>W</del>
P <sub>1</sub>	7	166.2	95	140.3
P <sub>8</sub>		127.6	73	
P <sub>9</sub>		127.1	73	
P <sub>2</sub>	14	195.6	112	184.5
P <sub>3</sub>		177.4	101	
P <sub>4</sub>		180.45	103	
P <sub>5</sub>		218.2	125	
P <sub>6</sub>	28	216.2	124	223.2
P <sub>7</sub>		235.2	134	


**Tabla 19:** Valores de resistencia a la compresión de f'c 175 – 0%.

<b>Resistencia a la compresión 175 – 10%</b>				
N°	Días	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% f'ca	
P1		128.8	74	
P8	7	120	69	121.33
P9		115.2	66	
P2		170.5	97	
P3	14	176.386	101	179.39
P4		191.269	109	
P5		204.94	117	
P6	28	202.40	116	204.10
P7		204.97	117	


**Tabla 20:** Valores de resistencia a la compresión de f'c 175 – 10%.

<b>Resistencia a la compresión 175 – 20%</b>				
N°	Días	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% f'ca	
P1		127.2	73	
P8	7	134.2	77	132.7
P9		136.6	78	
P2		158.7	91	
P3	14	161.8	92	160.8
P4		162.0	93	
P5		207.7	119	
P6	28	199.6	114	203.5
P7		203.3	116	


**Tabla 21:** Valores de resistencia a la compresión de f'c 175 – 20%.

<b>Resistencia a la compresión 175 – 30%</b>				
N°	Días	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% f'ca	
P1		99.9	57	
P8	7	99.1	57	102.1
P9		107.4	61	
P2		131.68	75	
P3	14	137.54	79	134.5
P4		134.25	77	
P5		168.86	96	
P6	28	165.45	95	168.3
P7		170.44	97	


**Tabla 22:** Valores de resistencia a la compresión de f'c 175 – 30%.

<b>Resistencia a la compresión 210 –0%</b>				
N°	Días	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% f'ca	
P1		203.1	97	
P8	7	215.8	103	207.6
P9		204	97	
P2		234.49	112	
P3	14	247.24	118	244.1
P4		250.45	119	
P5		258.8	123	
P6	28	297.6	142	277.7
P7		276.7	132	

**Tabla 23:** Valores de resistencia a la compresión de f'c 210 – 30%.

<b>Resistencia a la compresión 210 – 10%</b>				
N°	Días	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% f'ca	
P1		117.9	56	
P8	7	139.3	66	155.2
P9		158.8	76	
P2		167.6	80	
P3	14	197.0	94	198.2
P4		206.6	98	
P5		191.0	91	
P6	28	245.1	117	247.7
P7		248.6	118	

**Tabla 24:** Valores de resistencia a la compresión de f'c 210 – 10%.

<b>Resistencia a la compresión 210 – 20%</b>				
N°	Días	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% f'ca	
P1		145.8	69	
P8	7	109.8	52	132.63
P9		145	69	
P2		143.1	68	
P3	14	174.69	83	175.33
P4		180.35	86	
P5		170.95	81	
P6	28	225.50	107	222.83
P7		222.45	106	

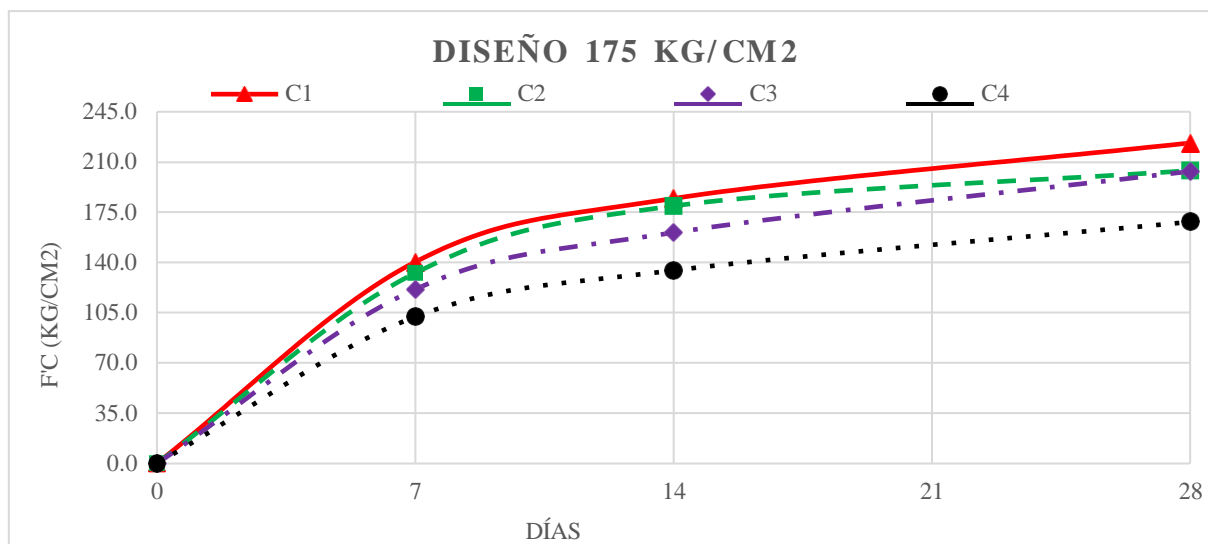
**Tabla 25:** Valores de resistencia a la compresión de f'c 210 – 20%.

<b>Resistencia a la compresión 210 – 30%</b>				
<b>N°</b>	<b>Días</b>	<b>f'c (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>% f'ca</b>	<b><del>99.0</del></b>
P <sub>1</sub>		105.2	50	
P <sub>8</sub>	7	90.2	43	90.7
P <sub>9</sub>		76.56	36	
P <sub>2</sub>		164.73	78	
P <sub>3</sub>	14	160.45	76	163.7
P <sub>4</sub>		165.98	79	
P <sub>5</sub>		192.57	92	
P <sub>6</sub>	28	197.64	94	192.8
P <sub>7</sub>		188.23	90	

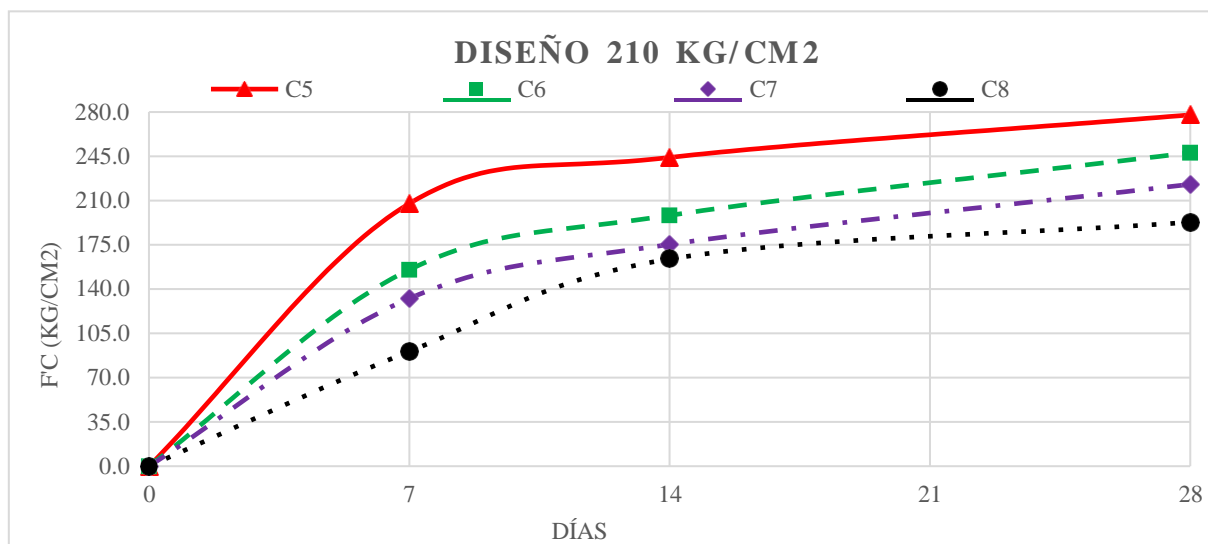
**Tabla 26:** Valores de resistencia a la compresión de f'c 210 – 30%.

<b>Diseño</b>	<b>N°</b>	<b>f'c según días de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)</b>			
		<b>0</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>28</b>
175 kg/cm <sup>2</sup>	C1	0.0	140.3	184.5	223.2
	C2	0.0	132.7	179.4	204.1
	C3	0.0	121.3	160.8	203.5
	C4	0.0	102.1	134.5	168.3
210 kg/cm <sup>2</sup>	C5	0.0	207.6	244.1	277.7
	C6	0.0	155.2	198.2	247.7
	C7	0.0	132.6	175.3	222.8
	C8	0.0	90.7	163.7	192.8

**Tabla 27:** Valores de resistencia a la compresión de f'c 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 113.** Curva de  $f'c$  175 – TMN  $\frac{3}{4}$ ".



**Figura 114.** Curva de  $f'c$  210 – TMN  $\frac{3}{4}$ ".

Se tiene como un análisis prematuro que, al aumentar el porcentaje de emulsión asfáltica, el  $f'c$  disminuye, a ninguna dosificación con adición llegar a los valores del patrón. No obstante, las dosificaciones con 10% y 20% sí llegan a cumplir con el  $f'c$  de diseño esperado, lo cual no sucede con el 30%.

Cabe mencionar que, las fallas recurrentes fueron de tipo 3 y tipo 5.

### Ensayo de Absorción Capilar

Para obtener los resultados de este ensayo, se midieron los discos, obteniendo losiguiente:

Diseño	%	N°	Diámetro (mm)				Espesor (mm)			
			1	2	3	4	1	2	3	4
175	C1	D <sub>1</sub>	101.27	102.21	100.53	101.8	48.49	51.25	49.37	50.83
		D <sub>2</sub>	101.29	102.01	102.33	102.9	50.81	51.87	52.19	50.92
		D <sub>3</sub>	101.53	101.31	100.78	101.09	44.17	48.12	47.58	43
	C2	D <sub>1</sub>	101.45	101.22	101.24	101.49	61.71	58.5	62.18	58.08
		D <sub>2</sub>	101.92	101.97	101.85	101.25	68.99	67.83	66.76	67.88
		D <sub>3</sub>	101.74	101.23	101.29	102.5	61.1	61.87	61.25	61.53
	C3	D <sub>1</sub>	106.81	107.48	106.54	107.07	61.73	60.4	63.47	62.25
		D <sub>2</sub>	107.8	105.94	106.08	107.53	64.03	65.54	63	63.43
		D <sub>3</sub>	108.88	106.33	108.01	107.65	63.49	62.81	66.5	63.61
C4	D <sub>1</sub>	100.96	100.82	101.11	101.22	55.09	54.96	55.411	54.96	
	D <sub>2</sub>	100.77	101.3	101.12	101.27	51.04	51.59	50.66	50.83	
	D <sub>3</sub>	100.77	101.54	101.2	100.95	55.78	54.04	55.05	54.03	
210	C5	D <sub>1</sub>	101.2	102.39	102.15	101.8	50.6	49.53	48.78	49.84
		D <sub>2</sub>	101.62	101.18	101.98	101.2	54.08	54.6	52.32	52.96
		D <sub>3</sub>	101.13	101.53	100.95	101.44	52.09	52.63	52.92	53.98
	C6	D <sub>1</sub>	102.44	101.56	101.24	102.44	64.33	65.8	64.19	66.04
		D <sub>2</sub>	101.46	101.17	100.93	101.42	65.1	64.84	66.14	66.35
		D <sub>3</sub>	101.47	101.86	101.29	101.28	59.72	58.45	59.58	58.13
	C7	D <sub>1</sub>	101.36	101.13	101.27	101.2	65.29	65.67	64.77	64.1
		D <sub>2</sub>	101.99	101.26	101.68	102.02	68.1	69.14	68.4	68.39
		D <sub>3</sub>	100.8	101.6	101.11	101.89	67.42	66.46	67.62	66.69
C8	D <sub>1</sub>	102.65	101.42	102.19	102.29	50.85	51.62	49.4	49.74	
	D <sub>2</sub>	101.5	102.89	102.44	101.98	53.19	53.96	53.56	53.57	
	D <sub>3</sub>	101.88	102.25	102.78	101.69	51.02	51.15	52.3	51.97	

**Tabla 28.** 4 medidas de las dimensiones de los discos de concreto.

Diseño	%	N°	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Área expuesta (mm <sup>2</sup> )
175	C1	D <sub>1</sub>	101.45	49.99	8083.80
		D <sub>2</sub>	102.13	51.45	8192.53
		D <sub>3</sub>	101.18	45.72	8040.03
	C2	D <sub>1</sub>	101.35	60.12	8067.47
		D <sub>2</sub>	101.75	67.87	8130.88
		D <sub>3</sub>	101.69	61.44	8121.69
	C3	D <sub>1</sub>	106.98	61.96	8987.82
		D <sub>2</sub>	106.84	64.00	8964.73
		D <sub>3</sub>	107.72	64.10	9113.02
C4	D <sub>1</sub>	101.03	55.11	8016.21	
	D <sub>2</sub>	101.12	51.03	8030.10	
	D <sub>3</sub>	101.12	54.73	8030.10	
210	C5	D <sub>1</sub>	101.89	49.69	8152.87
		D <sub>2</sub>	101.50	53.49	8090.57
		D <sub>3</sub>	101.26	52.91	8053.55
	C6	D <sub>1</sub>	101.92	65.09	8158.47
		D <sub>2</sub>	101.25	65.61	8050.76
		D <sub>3</sub>	101.48	58.97	8087.38
	C7	D <sub>1</sub>	101.24	64.96	8049.97
		D <sub>2</sub>	101.74	68.51	8129.28
		D <sub>3</sub>	101.35	67.05	8067.47
C8	D <sub>1</sub>	102.14	50.40	8193.33	
	D <sub>2</sub>	102.20	53.57	8203.76	
	D <sub>3</sub>	102.15	51.61	8195.33	

**Tabla 29.** Medidas promedio de las dimensiones y área expuesta de los discos de concreto.

En cuanto, a los pesos iniciales y los sumergidos parcialmente en agua a una altura de 5 mm hasta 8 días, se obtuvo lo siguiente:

Diseño	%	N°	Peso Inicial (g)		Peso Sumergidos en Agua (g)										
			Sin silicona	Con silicona	60 s	5 min	10 min	20 min	30 min	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h
175	C1	D <sub>1</sub>	907.1	934.57	937.29	938.58	939.69	939.85	940.36	942.06	943.07	943.35	943.86	944.4	944.63
		D <sub>2</sub>	948.24	991.94	994.18	994.9	995.12	996.24	996.67	997.06	997.32	998.11	999.26	999.34	998.92
		D <sub>3</sub>	842.84	883.67	886.15	886.42	886.77	887.37	887.57	888.22	889.01	889.03	889.79	890.04	890.32
	C2	D <sub>1</sub>	1053.7	1124.59	1126.21	1126.49	1126.73	1128.36	1128.49	1128.59	1129.08	1128.99	1129	1129.17	1129.41
		D <sub>2</sub>	1208.9	1269.1	1270.83	1271.06	1271.75	1272.94	1273.12	1273.33	1273.7	1273.81	1273.83	1273.9	1273.11
		D <sub>3</sub>	1070.12	1124.22	1125.28	1126.01	1126.33	1126.73	1127.46	1127.78	1127.86	1127.96	1127.97	1128.05	1128.18
	C3	D <sub>1</sub>	1207.2	1257.78	1259.69	1259.79	1259.83	1260.28	1260.77	1260.8	1261.47	1261.44	1261.53	1261.67	1261.81
		D <sub>2</sub>	1236.38	1272.57	1273.89	1274.02	1274.56	1275.92	1276.17	1276.25	1276.27	1276.27	1276.29	1276.41	1276.44
		D <sub>3</sub>	1309.22	1345.24	1346.43	1346.62	1346.7	1346.99	1347.02	1347.38	1347.67	1347.77	1347.96	1348.21	1348.39
	C4	D <sub>1</sub>	932.93	951.99	952.74	952.83	952.87	953.01	953.09	953.26	953.48	953.61	953.84	953.92	953.95
		D <sub>2</sub>	844.38	869.65	870.32	870.43	870.46	870.74	870.8	871.15	871.25	871.37	871.42	871.79	871.88
		D <sub>3</sub>	921.62	928.85	929.47	929.47	929.53	929.71	929.96	929.98	930.14	930.23	930.51	930.52	930.61
210	C5	D <sub>1</sub>	907.59	925.25	926.93	927.7	927.97	928.01	928.18	928.73	928.88	929.6	929.79	929.89	930.06
		D <sub>2</sub>	964.14	974.09	977.16	977.29	977.61	977.71	978.19	978.78	979.12	979.64	979.99	980.31	980.36
		D <sub>3</sub>	951.22	964.59	966.93	967.02	967.04	967.07	967.48	967.84	968.02	968.72	969	969.17	969.31
	C6	D <sub>1</sub>	1175.08	1194.29	1195.28	1195.86	1195.97	1196.2	1196.29	1196.56	1196.69	1197.03	1197.31	1197.34	1197.38
		D <sub>2</sub>	1187.1	1201.58	1202.83	1203.12	1203.18	1203.36	1203.74	1203.84	1203.97	1204.1	1204.4	1204.42	1204.67
		D <sub>3</sub>	1051.4	1065.45	1066.13	1066.86	1066.93	1066.95	1067.19	1067.24	1067.32	1067.61	1067.9	1067.92	1067.99
	C7	D <sub>1</sub>	1106.57	1111.54	1112.29	1112.77	1112.99	1113.12	1113.33	1113.53	1113.65	1113.76	1113.85	1113.98	1114.2
		D <sub>2</sub>	1235.18	1250.74	1251.63	1251.89	1252.09	1252.15	1252.36	1252.38	1252.4	1252.7	1252.83	1252.93	1252.98
		D <sub>3</sub>	1165.67	1180.31	1181.25	1181.36	1181.45	1181.6	1181.6	1181.62	1181.75	1181.79	1182.05	1182.1	1182.18
	C8	D <sub>1</sub>	890.21	902.05	902.69	902.8	903.07	903.08	903.14	903.27	903.27	903.35	903.39	903.45	903.49
		D <sub>2</sub>	918.27	928.12	928.87	928.87	929.21	929.06	929.13	929.43	929.47	929.48	929.54	929.61	929.63
		D <sub>3</sub>	894.56	901.24	901.96	901.97	902.09	902.1	902.26	902.27	902.37	902.61	902.61	902.62	902.65

Diseño	%	Nº	Peso Inicial (g)		Peso Sumergidos en Agua (g)							
			Sin silicona	Con silicona	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días	8 días
175	C1	D <sub>1</sub>	907.1	934.57	946.87	947.6	948.87	949.05	949.34	949.37	949.67	949.72
		D <sub>2</sub>	948.24	991.94	1000.45	1001.59	1002.97	1003.15	1003.79	1003.83	1003.85	1003.99
		D <sub>3</sub>	842.84	883.67	892.01	893.36	894.45	894.63	895.35	895.51	895.52	895.62
	C2	D <sub>1</sub>	1053.7	1124.59	1129.42	1129.51	1130.17	1130.35	1130.83	1131.19	1131.21	1131.27
		D <sub>2</sub>	1208.9	1269.1	1274.47	1275.68	1276.91	1277.09	1278.07	1278.34	1279	1279.22
		D <sub>3</sub>	1070.12	1124.22	1128.74	1129.68	1130.45	1130.63	1131.5	1132.17	1132.32	1132.35
	C3	D <sub>1</sub>	1207.2	1257.78	1261.89	1262.07	1262.16	1262.22	1262.25	1262.31	1262.38	1262.42
		D <sub>2</sub>	1236.38	1272.57	1276.55	1276.7	1276.99	1277.17	1277.25	1277.36	1277.43	1277.5
		D <sub>3</sub>	1309.22	1345.24	1348.85	1349.22	1349.94	1350.12	1350.15	1350.17	1350.28	1350.28
	C4	D <sub>1</sub>	932.93	951.99	954.05	954.39	954.8	954.83	954.87	954.98	955	955.04
		D <sub>2</sub>	844.38	869.65	871.89	872.64	873.03	873.21	873.39	873.47	873.51	873.53
		D <sub>3</sub>	921.62	928.85	930.89	931.47	931.98	932.16	932.29	932.4	932.48	932.56
210	C5	D <sub>1</sub>	907.59	925.25	932.2	933.77	934.71	934.89	935.14	935.37	935.41	935.48
		D <sub>2</sub>	964.14	974.09	982.47	982.92	983.55	983.73	983.93	983.95	984.05	984.25
		D <sub>3</sub>	951.22	964.59	971.79	972.93	973.85	974.03	974.64	974.92	975.01	975.03
	C6	D <sub>1</sub>	1175.08	1194.29	1198.36	1199.54	1199.87	1200.05	1200.46	1200.86	1200.88	1201
		D <sub>2</sub>	1187.1	1201.58	1205.51	1206.6	1207.1	1207.28	1207.82	1208.13	1208.25	1208.39
		D <sub>3</sub>	1051.4	1065.45	1069.01	1069.74	1070.32	1070.5	1070.93	1071.31	1071.4	1071.42
	C7	D <sub>1</sub>	1106.57	1111.54	1114.55	1114.65	1115.22	1115.26	1115.28	1115.32	1115.4	1115.44
		D <sub>2</sub>	1235.18	1250.74	1253.37	1253.73	1253.99	1254.17	1254.19	1254.27	1254.29	1254.4
		D <sub>3</sub>	1165.67	1180.31	1182.43	1182.95	1183.15	1183.24	1183.26	1183.33	1183.35	1183.38
	C8	D <sub>1</sub>	890.21	902.05	903.55	903.62	903.87	903.78	903.92	904.02	904.09	904.2
		D <sub>2</sub>	918.27	928.12	929.71	930.23	930.33	930.48	930.51	930.51	930.59	930.7
		D <sub>3</sub>	894.56	901.24	902.8	902.96	903.15	903.19	903.21	903.27	903.32	903.45

**Tabla 30.** Pesos iniciales y parcialmente sumergidos de los discos de concreto.

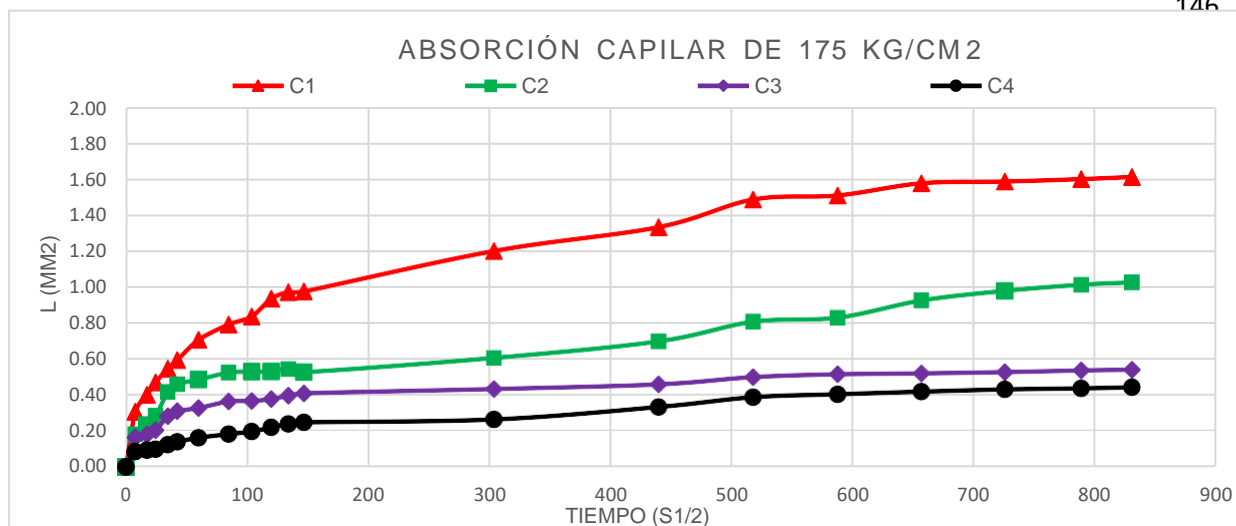
Con lo anterior se obtuvo lo siguiente:

Diseño	%	Absorción capilar (mm)																			
		0 s 0	60 s 8	5 min 17	10 min 24	20 min 35	30 min 42	1 h 60	2 h 85	3 h 104	4 h 120	5 h 134	6 h 147	1 día 304	2 días 440	3 días 518	4 días 588	5 días 657	6 días 726	7 días 789	8 días 831
175	C1	0.00	0.31	0.40	0.47	0.55	0.59	0.71	0.79	0.84	0.93	0.97	0.97	1.20	1.33	1.49	1.51	1.58	1.58	1.60	1.61
	C2	0.00	0.18	0.23	0.28	0.42	0.46	0.48	0.52	0.53	0.53	0.54	0.53	0.61	0.70	0.81	0.83	0.92	0.98	1.01	1.02
	C3	0.00	0.16	0.18	0.20	0.28	0.31	0.33	0.36	0.37	0.38	0.40	0.41	0.43	0.46	0.50	0.51	0.52	0.53	0.54	0.54
	C4	0.00	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.25	0.26	0.33	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44	0.44
210	C5	0.00	0.29	0.33	0.36	0.36	0.41	0.47	0.50	0.58	0.61	0.64	0.65	0.93	1.06	1.16	1.18	1.23	1.25	1.26	1.27
	C6	0.00	0.12	0.19	0.20	0.21	0.24	0.26	0.27	0.31	0.34	0.34	0.36	0.48	0.60	0.66	0.68	0.74	0.78	0.79	0.80
	C7	0.00	0.11	0.14	0.16	0.18	0.19	0.20	0.21	0.23	0.25	0.26	0.28	0.32	0.36	0.40	0.42	0.42	0.43	0.43	0.44
	C8	0.00	0.09	0.09	0.12	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.22	0.24	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28

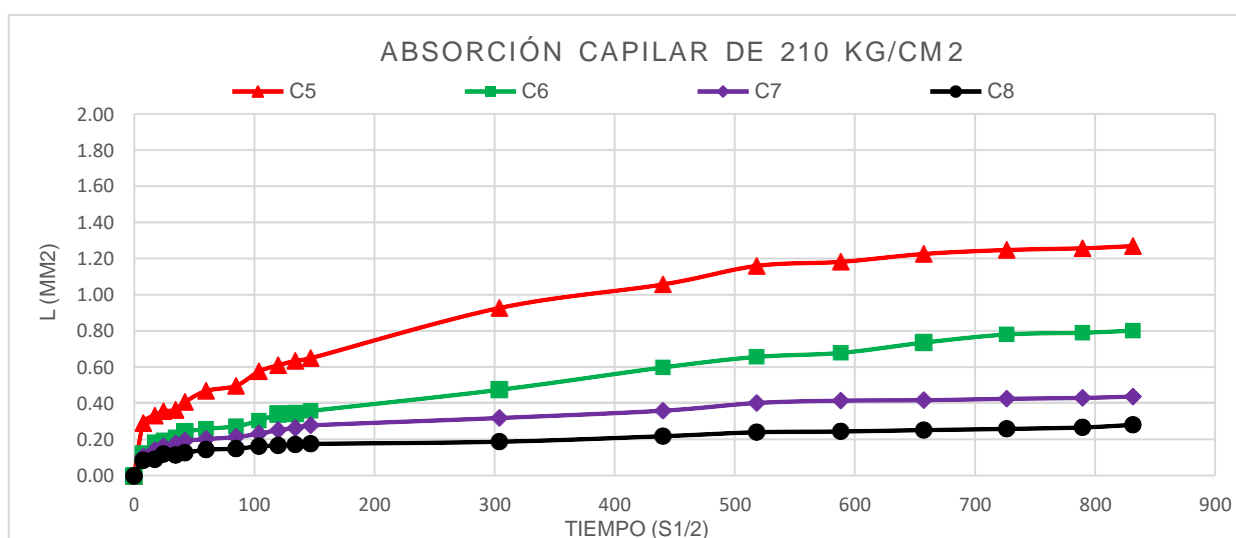
**Tabla 31.** Resultados de absorción capilar para diseños de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Diseño	%	Velocidad de absorción capilar (10 <sup>-4</sup> m/s <sup>1/2</sup> )																			
		0 s 0	60 s 8	5 min 17	10 min 24	20 min 35	30 min 42	1 h 60	2 h 85	3 h 104	4 h 120	5 h 134	6 h 147	1 día 304	2 días 440	3 días 518	4 días 588	5 días 657	6 días 726	7 días 789	8 días 831
175	C1	0.00	0.395	0.231	0.191	0.158	0.140	0.118	0.093	0.080	0.078	0.072	0.066	0.039	0.030	0.029	0.026	0.024	0.022	0.020	0.019
	C2	0.00	0.234	0.134	0.116	0.120	0.108	0.081	0.062	0.051	0.044	0.040	0.036	0.020	0.016	0.016	0.014	0.014	0.013	0.013	0.012
	C3	0.00	0.211	0.103	0.083	0.081	0.073	0.055	0.043	0.035	0.031	0.029	0.028	0.014	0.010	0.010	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006
	C4	0.00	0.109	0.054	0.040	0.036	0.033	0.027	0.021	0.019	0.018	0.018	0.017	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.005
210	C5	0.00	0.377	0.192	0.146	0.105	0.096	0.078	0.059	0.056	0.051	0.047	0.044	0.031	0.024	0.022	0.020	0.019	0.017	0.016	0.015
	C6	0.00	0.155	0.107	0.080	0.062	0.057	0.043	0.032	0.029	0.028	0.026	0.024	0.016	0.014	0.013	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010
	C7	0.00	0.137	0.082	0.066	0.051	0.046	0.034	0.025	0.022	0.021	0.020	0.019	0.011	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005
	C8	0.00	0.111	0.052	0.049	0.033	0.030	0.024	0.018	0.016	0.014	0.013	0.012	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003

**Tabla 32.** Resultados de velocidad de absorción capilar para diseños de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup>.



(a)




(b)

**Figura 115.** Absorción capilar de diseño 175 kg/cm<sup>2</sup> (a) y de 210 kg/cm<sup>2</sup> (b).


Las gráficas demuestran que la absorción inicial se da desde un tiempo 0 hasta los primeros 60 min de empezado el ensayo. Además, se aprecia que las curvas negras que pertenecen a los porcentajes de 30% de la emulsión asfáltica contemplan los mejores resultados, al absorber menos agua. Una vez más se evidencia que a medida que aumenta el porcentaje de la adición, se aumenta la propiedad de impermeabilidad.

### Ensayo de Cambio de Longitud en Morteros de Cemento Portland Expuestos a Soluciones Sulfatadas

En cuanto a los resultados de los cubos preliminares de mortero se obtuvo lo siguiente:

f'c	% Emulsión Asfáltica	f'c	
175	0	54.4	57.9
		41.2	
		78.0	
	10	106.4	98.1
		37.2	
		150.8	
	20	125.6	117.7
		121.6	
		106.0	
	30	88.0	88.1
		89.2	
		87.2	

**Tabla 33.** Resistencia a la compresión de cubos de mortero de diseño 175 kg/cm<sup>2</sup>.

f'c	% Emulsión Asfáltica	f'c	
175	0	175.6	144.4
		128.8	
		128.8	
	10	114.0	107.1
		102.0	
		105.2	
	20	97.6	106.3
		106.4	
		114.8	
	30	96.0	108.5
		105.6	
		124.0	

**Tabla 34.** Resistencia a la compresión de cubos de mortero de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>.

En cuanto a los resultados de las mediciones de las viguetas se tiene lo siguiente:

<b>Diseño M1</b>								
<b>N°</b>	<b>Calibre (mm)</b>	<b>Día 0 (mm)</b>	<b>Día 7 (mm)</b>	<b>Día 14 (mm)</b>	<b>Día 21 (mm)</b>	<b>Día 28 (mm)</b>	<b>Día 35 (mm)</b>	<b>Día 42 (mm)</b>
V <sub>1</sub>	4.727	1.408	1.656	1.727	1.752	1.776	1.842	1.830
V <sub>2</sub>	4.727	6.047	6.459	6.530	6.555	6.579	6.645	6.633
V <sub>3</sub>	4.727	9.836	10.111	10.181	10.206	10.231	10.297	10.285
V <sub>4</sub>	4.727	8.295	8.342	8.366	8.388	8.413	8.479	8.467
V <sub>5</sub>	4.727	6.052	6.327	6.397	6.422	6.447	6.513	6.501
V <sub>6</sub>	4.727	6.215	6.490	6.560	6.585	6.610	6.676	6.664

**Tabla 35.** Medidas de diseño M1.

<b>Diseño M2</b>								
<b>N°</b>	<b>Calibre (mm)</b>	<b>Día 0 (mm)</b>	<b>Día 7 (mm)</b>	<b>Día 14 (mm)</b>	<b>Día 21 (mm)</b>	<b>Día 28 (mm)</b>	<b>Día 35 (mm)</b>	<b>Día 42 (mm)</b>
V <sub>1</sub>	4.727	8.478	8.656	8.710	8.754	8.819	8.841	8.839
V <sub>2</sub>	4.727	5.921	6.096	6.150	6.194	6.259	6.281	6.278
V <sub>3</sub>	4.727	1.215	1.385	1.439	1.483	1.548	1.570	1.567
V <sub>4</sub>	4.727	0.004	0.150	0.204	0.248	0.313	0.335	0.332
V <sub>5</sub>	4.727	3.864	4.032	4.086	4.130	4.195	4.217	4.214
V <sub>6</sub>	4.727	5.266	5.444	5.498	5.542	5.607	5.629	5.627

**Tabla 36.** Medidas de diseño M2.

<b>Diseño M3</b>								
<b>N°</b>	<b>Calibre (mm)</b>	<b>Día 0 (mm)</b>	<b>Día 7 (mm)</b>	<b>Día 14 (mm)</b>	<b>Día 21 (mm)</b>	<b>Día 28 (mm)</b>	<b>Día 35 (mm)</b>	<b>Día 42 (mm)</b>
V <sub>1</sub>	4.727	4.016	4.139	4.163	4.200	4.215	4.269	4.300
V <sub>2</sub>	1.601	7.579	7.702	7.726	7.763	7.778	7.780	7.795
V <sub>3</sub>	4.727	5.459	5.582	5.606	5.643	5.658	5.712	5.743
V <sub>4</sub>	4.727	5.705	5.828	5.852	5.889	5.904	5.958	5.989
V <sub>5</sub>	8.297	0.629	0.752	0.776	0.813	0.828	0.882	0.913
V <sub>6</sub>	4.727	0.473	0.596	0.620	0.657	0.672	0.726	0.757

**Tabla 37.** Medidas de diseño M3.

<b>Diseño M4</b>								
<b>N°</b>	<b>Calibre (mm)</b>	<b>Día 0 (mm)</b>	<b>Día 7 (mm)</b>	<b>Día 14 (mm)</b>	<b>Día 21 (mm)</b>	<b>Día 28 (mm)</b>	<b>Día 35 (mm)</b>	<b>Día 42 (mm)</b>
V <sub>1</sub>	4.727	8.808	8.943	8.965	8.989	9.138	9.256	9.342
V <sub>2</sub>	4.727	5.944	6.078	6.098	6.124	6.216	6.257	6.303
V <sub>3</sub>	4.727	7.515	7.651	7.672	7.7	7.856	7.923	7.953
V <sub>4</sub>	4.727	6.697	6.829	6.848	6.878	7.037	7.149	7.183
V <sub>5</sub>	4.727	7.803	7.934	7.956	7.98	8.137	8.22	8.237
V <sub>6</sub>	4.727	6.573	6.707	6.728	6.75	6.835	7.043	7.178

**Tabla 38.** Medidas de diseño M4.

<b>Diseño M5</b>								
<b>N°</b>	<b>Calibre (mm)</b>	<b>Día 0 (mm)</b>	<b>Día 7 (mm)</b>	<b>Día 14 (mm)</b>	<b>Día 21 (mm)</b>	<b>Día 28 (mm)</b>	<b>Día 35 (mm)</b>	<b>Día 42 (mm)</b>
V <sub>1</sub>	4.727	9.488	10.015	10.0858	10.1106	10.12	10.235	10.295
V <sub>2</sub>	4.727	5.662	5.864	5.878	5.893	5.9	5.951	5.999
V <sub>3</sub>	4.727	8.996	9.387	9.446	9.448	9.488	9.527	9.547
V <sub>4</sub>	4.727	8.04	8.061	8.301	8.325	8.333	8.395	8.378
V <sub>5</sub>	4.727	6.689	6.923	6.941	6.951	6.961	7.185	6.991
V <sub>6</sub>	4.727	6.255	6.527	6.55	6.57	6.582	6.643	6.646

**Tabla 39.** Medidas de diseño M5.

<b>Diseño M6</b>								
<b>N°</b>	<b>Calibre (mm)</b>	<b>Día 0 (mm)</b>	<b>Día 7 (mm)</b>	<b>Día 14 (mm)</b>	<b>Día 21 (mm)</b>	<b>Día 28 (mm)</b>	<b>Día 35 (mm)</b>	<b>Día 42 (mm)</b>
V <sub>1</sub>	4.727	6.446	6.63	6.712	6.734	6.824	6.851	6.862
V <sub>2</sub>	4.727	8.374	8.575	8.647	8.729	8.748	8.755	8.782
V <sub>3</sub>	4.727	7.962	8.135	8.177	8.244	8.255	8.274	8.305
V <sub>4</sub>	4.727	9.847	10.012	10.076	10.131	10.155	10.165	10.026
V <sub>5</sub>	1.601	8.554	8.681	8.691	8.7	8.832	8.854	8.87
V <sub>6</sub>	4.727	5.028	5.247	5.257	5.287	5.401	5.445	5.485

**Tabla 40.** Medidas de diseño M6.

<b>Diseño M7</b>								
<b>N°</b>	<b>Calibre (mm)</b>	<b>Día 0 (mm)</b>	<b>Día 7 (mm)</b>	<b>Día 14 (mm)</b>	<b>Día 21 (mm)</b>	<b>Día 28 (mm)</b>	<b>Día 35 (mm)</b>	<b>Día 42 (mm)</b>
V <sub>1</sub>	4.727	7.235	7.358	7.373	7.404	7.415	7.461	7.485
V <sub>2</sub>	4.727	7.871	7.971	7.993	8.031	8.062	8.134	8.142
V <sub>3</sub>	4.727	5.554	5.69	5.701	5.728	5.736	5.777	5.785
V <sub>4</sub>	4.727	6.667	6.78	6.81	6.851	6.867	6.872	6.958
V <sub>5</sub>	4.727	8.703	8.841	8.871	8.914	8.927	9.02	9.052
V <sub>6</sub>	4.727	8.791	8.92	8.952	8.995	9.009	9.073	9.103

**Tabla 41.** Medidas de diseño M7.

<b>Diseño M8</b>								
<b>N°</b>	<b>Calibre (mm)</b>	<b>Día 0 (mm)</b>	<b>Día 7 (mm)</b>	<b>Día 14 (mm)</b>	<b>Día 21 (mm)</b>	<b>Día 28 (mm)</b>	<b>Día 35 (mm)</b>	<b>Día 42 (mm)</b>
V <sub>1</sub>	1.601	7.909	7.952	7.974	7.992	8.068	8.07	8.536
V <sub>2</sub>	1.601	7.768	7.813	7.833	7.852	7.965	7.9705	8.39
V <sub>3</sub>	4.727	9.902	10	10.021	10.04	10.125	10.17	10.358
V <sub>4</sub>	4.727	9.846	9.938	9.957	9.974	10.092	10.105	10.198
V <sub>5</sub>	4.727	7.942	8.033	8.055	8.073	8.196	8.212	8.31
V <sub>6</sub>	4.727	6.772	6.866	6.887	6.903	6.972	7.027	7.068

**Tabla 42.** Medidas de diseño M8.

En cuanto a los resultados de las variaciones de las viguetas se tiene lo siguiente:

<b>Diseño M1</b>						
<b>N°</b>	<b><math>\Delta L</math> (7)</b>	<b><math>\Delta L</math> (14)</b>	<b><math>\Delta L</math> (21)</b>	<b><math>\Delta L</math> (28)</b>	<b><math>\Delta L</math> (35)</b>	<b><math>\Delta L</math> (42)</b>
V <sub>1</sub>	5.2%	6.7%	7.3%	7.8%	9.2%	8.9%
V <sub>2</sub>	8.7%	10.2%	10.7%	11.3%	12.7%	12.4%
V <sub>3</sub>	5.8%	7.3%	7.8%	8.4%	9.8%	9.5%
V <sub>4</sub>	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%	3.9%	3.6%
V <sub>5</sub>	5.8%	7.3%	7.8%	8.4%	9.8%	9.5%
V <sub>6</sub>	5.8%	7.3%	7.8%	8.4%	9.8%	9.5%

**Tabla 43.** Variaciones de longitud de diseño M1.

<b>Diseño M2</b>						
<b>N°</b>	<b><math>\Delta L</math> (7)</b>	<b><math>\Delta L</math> (14)</b>	<b><math>\Delta L</math> (21)</b>	<b><math>\Delta L</math> (28)</b>	<b><math>\Delta L</math> (35)</b>	<b><math>\Delta L</math> (42)</b>
V <sub>1</sub>	3.8%	4.9%	5.8%	7.2%	7.7%	7.6%
V <sub>2</sub>	3.7%	4.8%	5.8%	7.2%	7.6%	7.6%
V <sub>3</sub>	3.6%	4.7%	5.7%	7.0%	7.5%	7.5%
V <sub>4</sub>	3.1%	4.2%	5.2%	6.5%	7.0%	6.9%
V <sub>5</sub>	3.6%	4.7%	5.6%	7.0%	7.5%	7.4%
V <sub>6</sub>	3.8%	4.9%	5.8%	7.2%	7.7%	7.6%

**Tabla 44.** Variaciones de longitud de diseño M2.

<b>Diseño M3</b>						
<b>N°</b>	<b><math>\Delta L</math> (7)</b>	<b><math>\Delta L</math> (14)</b>	<b><math>\Delta L</math> (21)</b>	<b><math>\Delta L</math> (28)</b>	<b><math>\Delta L</math> (35)</b>	<b><math>\Delta L</math> (42)</b>
V <sub>1</sub>	2.6%	3.1%	3.9%	4.2%	5.3%	6.0%
V <sub>2</sub>	7.7%	9.2%	11.5%	12.4%	12.6%	13.5%
V <sub>3</sub>	2.6%	3.1%	3.9%	4.2%	5.3%	6.0%
V <sub>4</sub>	2.6%	3.1%	3.9%	4.2%	5.3%	6.0%
V <sub>5</sub>	1.5%	1.8%	2.2%	2.4%	3.0%	3.4%
V <sub>6</sub>	2.6%	3.1%	3.9%	4.2%	5.3%	6.0%

**Tabla 45.** Variaciones de longitud de diseño M3.

<b>Diseño M4</b>						
<b>N°</b>	<b><math>\Delta L</math> (7)</b>	<b><math>\Delta L</math> (14)</b>	<b><math>\Delta L</math> (21)</b>	<b><math>\Delta L</math> (28)</b>	<b><math>\Delta L</math> (35)</b>	<b><math>\Delta L</math> (42)</b>
V <sub>1</sub>	2.9%	3.3%	3.8%	7.0%	9.5%	11.3%
V <sub>2</sub>	2.8%	3.3%	3.8%	5.8%	6.6%	7.6%
V <sub>3</sub>	2.9%	3.3%	3.9%	7.2%	8.6%	9.3%
V <sub>4</sub>	2.8%	3.2%	3.8%	7.2%	9.6%	10.3%
V <sub>5</sub>	2.8%	3.2%	3.7%	7.1%	8.8%	9.2%
V <sub>6</sub>	2.8%	3.3%	3.7%	5.5%	9.9%	12.8%

**Tabla 46.** Variaciones de longitud de diseño M4.

<b>Diseño M5</b>						
<b>N°</b>	<b><math>\Delta L</math> (7)</b>	<b><math>\Delta L</math> (14)</b>	<b><math>\Delta L</math> (21)</b>	<b><math>\Delta L</math> (28)</b>	<b><math>\Delta L</math> (35)</b>	<b><math>\Delta L</math> (42)</b>
V <sub>1</sub>	11.1%	12.6%	13.2%	13.4%	15.8%	17.1%
V <sub>2</sub>	4.3%	4.6%	4.9%	5.0%	6.1%	7.1%
V <sub>3</sub>	8.3%	9.5%	9.6%	10.4%	11.2%	11.7%
V <sub>4</sub>	0.4%	5.5%	6.0%	6.2%	7.5%	7.2%
V <sub>5</sub>	5.0%	5.3%	5.5%	5.8%	10.5%	6.4%
V <sub>6</sub>	5.8%	6.2%	6.7%	6.9%	8.2%	8.3%

**Tabla 47.** Variaciones de longitud de diseño M5.

<b>Diseño M6</b>						
<b>N°</b>	<b><math>\Delta L</math> (7)</b>	<b><math>\Delta L</math> (14)</b>	<b><math>\Delta L</math> (21)</b>	<b><math>\Delta L</math> (28)</b>	<b><math>\Delta L</math> (35)</b>	<b><math>\Delta L</math> (42)</b>
V <sub>1</sub>	3.9%	5.6%	6.1%	8.0%	8.6%	8.8%
V <sub>2</sub>	4.3%	5.8%	7.5%	7.9%	8.1%	8.6%
V <sub>3</sub>	3.7%	4.5%	6.0%	6.2%	6.6%	7.3%
V <sub>4</sub>	3.5%	4.8%	6.0%	6.5%	6.7%	3.8%
V <sub>5</sub>	7.9%	8.6%	9.1%	17.4%	18.7%	19.7%
V <sub>6</sub>	4.6%	4.8%	5.5%	7.9%	8.8%	9.7%

**Tabla 48.** Variaciones de longitud de diseño M6.

<b>Diseño M7</b>						
<b>N°</b>	<b><math>\Delta L</math> (7)</b>	<b><math>\Delta L</math> (14)</b>	<b><math>\Delta L</math> (21)</b>	<b><math>\Delta L</math> (28)</b>	<b><math>\Delta L</math> (35)</b>	<b><math>\Delta L</math> (42)</b>
V <sub>1</sub>	2.6%	2.9%	3.6%	3.8%	4.8%	5.3%
V <sub>2</sub>	2.1%	2.6%	3.4%	4.0%	5.6%	5.7%
V <sub>3</sub>	2.9%	3.1%	3.7%	3.9%	4.7%	4.9%
V <sub>4</sub>	2.4%	3.0%	3.9%	4.2%	4.3%	6.2%
V <sub>5</sub>	2.9%	3.6%	4.5%	4.7%	6.7%	7.4%
V <sub>6</sub>	2.7%	3.4%	4.3%	4.6%	6.0%	6.6%

**Tabla 49.** Variaciones de longitud de diseño M7.

Diseño M8						
N°	$\Delta L$ (7)	$\Delta L$ (14)	$\Delta L$ (21)	$\Delta L$ (28)	$\Delta L$ (35)	$\Delta L$ (42)
V <sub>1</sub>	2.7%	4.1%	5.2%	9.9%	10.1%	39.2%
V <sub>2</sub>	2.8%	4.1%	5.2%	12.3%	12.6%	38.9%
V <sub>3</sub>	2.1%	2.5%	2.9%	4.7%	5.7%	9.6%
V <sub>4</sub>	1.9%	2.3%	2.7%	5.2%	5.5%	7.4%
V <sub>5</sub>	1.9%	2.4%	2.8%	5.4%	5.7%	7.8%
V <sub>6</sub>	2.0%	2.4%	2.8%	4.2%	5.4%	6.3%

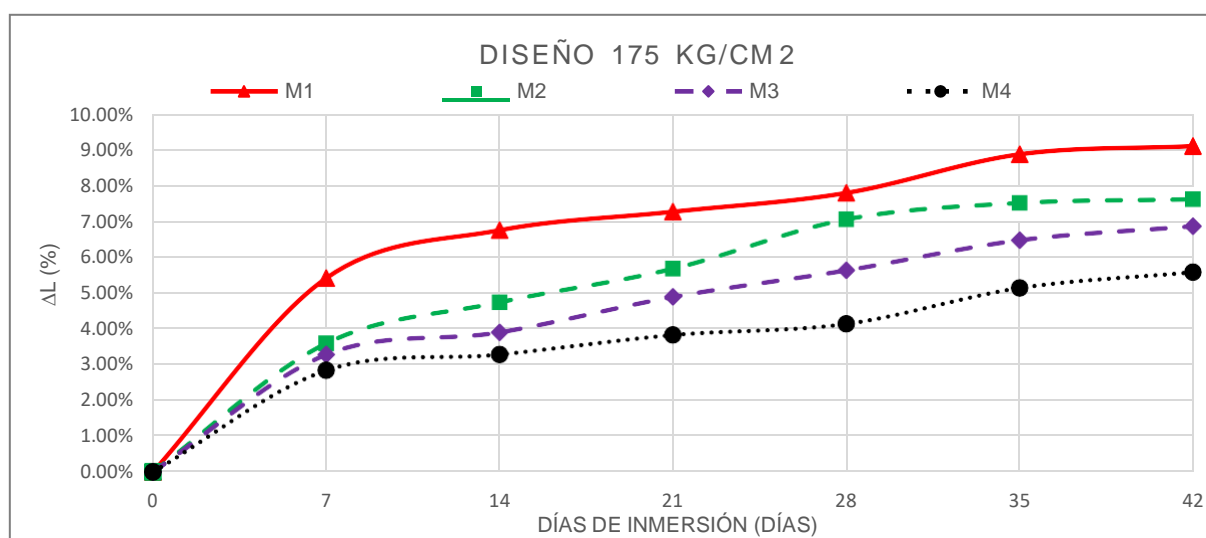
**Tabla 50.** Variaciones de longitud de diseño M8.

Promediando las variaciones se tiene lo siguiente:

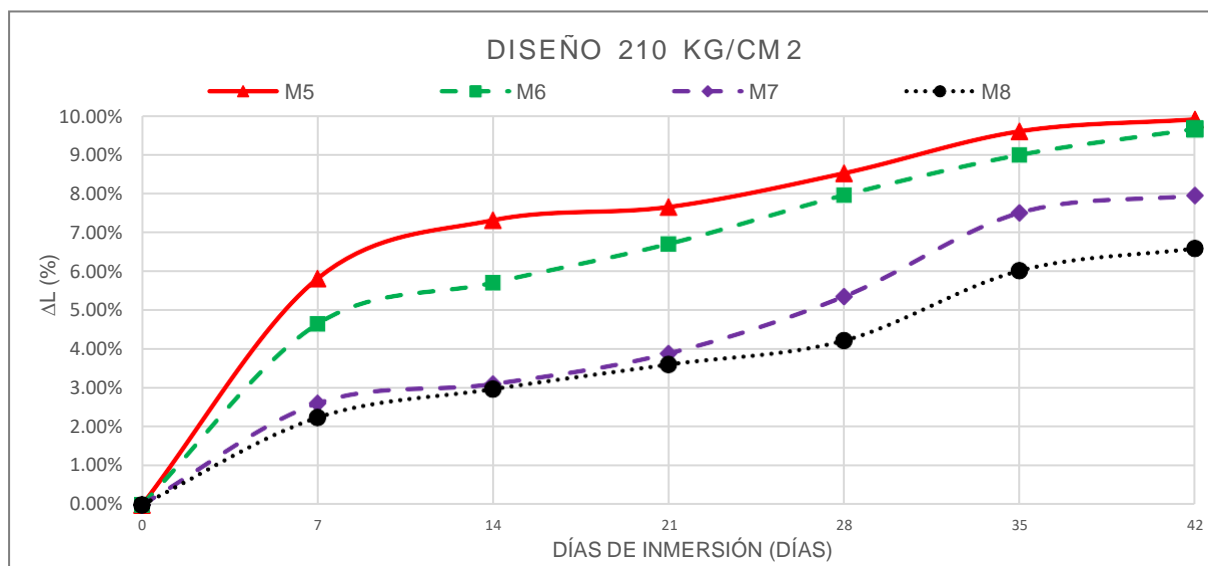
Diseño	N°	$\Delta L$ (días)						
		0	7	14	21	28	35	42
175 kg/cm <sup>2</sup>	M1	0.00%	5.40%	6.73%	7.24%	7.77%	8.84%	9.07%
	M2	0.00%	3.58%	4.72%	5.66%	7.03%	7.49%	7.59%
	M3	0.00%	3.27%	3.89%	4.87%	5.61%	6.45%	6.84%
	M4	0.00%	2.83%	3.27%	3.81%	4.12%	5.12%	5.56%
210 kg/cm <sup>2</sup>	M5	0.00%	5.81%	7.30%	7.64%	8.51%	9.59%	9.89%
	M6	0.00%	4.64%	5.70%	6.70%	7.95%	8.98%	9.65%
	M7	0.00%	2.61%	3.10%	3.89%	5.35%	7.49%	7.94%
	M8	0.00%	2.24%	2.97%	3.60%	4.21%	6.01%	6.58%

**Tabla 51.** Variaciones de longitud de viguetas.

De esta tabla se puede graficar lo siguiente:



(a)



(b)

**Gráfico 116.** Expansión por exposición acelerada a sulfatos de diseño 175 kg/cm<sup>2</sup> (a) y de 210 kg/cm<sup>2</sup> (b).

Los gráficos evidencian que las muestras con emulsión asfáltica presentan una expansión menor a las muestras patrón, lo que demuestra las propiedades de la emulsión asfáltica en el mortero como un material hidrófugo.

#### Evaluación de la variación de peso unitario del concreto

Diseño	C1 y C5 (kg)	C2 y C6 (kg)	C3 y C7 (kg)	C4 y C8 (kg)
175 kg/cm <sup>2</sup> y 210 kg/cm <sup>2</sup>	0.04	0.07	0.08	0.09

**Tabla 52.** Resultados de variación de peso unitario del concreto.

## Discusión

### **Propiedades agresivas del suelo de la zona de estudio**

Los resultados de sales solubles totales demostraron que la zona de se encuentra moderadamente agresiva, según los valores de ppm, siendo 1120 ppm, lo cual lo reafirma, pues el rango es de 150 a 1500, según la norma ACI. Cabe recalcar que, la zona de estudio ensayada no es de las más vulnerables, por lo que se puede inferir que las condiciones pueden llegar a ser aún más agresivas.

### **Condiciones actuales del daño en muestras de la zona de estudio**

Los resultados obtenidos de pH, demuestran que el mortero, el cual pertenece al tarrajeo de muros, se encuentra en pésimas condiciones, al presentar un valor de 5.7, el cual es menor al rango de 8-9, por consiguiente, se encontraría en un estado ácido. Esto significa que ya no se encuentra en su vida útil.

Además, los resultados de la cantidad de cloruros y sulfatos solubles evidencian que el material se ve más afectado por sulfatos que por cloruros, por lo que es coherente realizar el ensayo de exposición acelerada a sulfatos. Cabe aclarar que, el valor de sulfatos solubles es algo alto, lo cual es otra evidencia de la pésima calidad del elemento y la agresividad del ambiente, considerando que la muestra no tiene una edad mayor a 5 meses.

### **Selección de la relación agua-cemento (a/c) del concreto**

Escoger un valor de a/c fue primordial, puesto que se utilizaron los valores por un criterio de resistencia mas no de durabilidad, debido a que el ambiente es el mismo, por lo que el valor hubiera sido de 0.5 para ambos grupos de dosificaciones (175 y 210 kg/cm<sup>2</sup>).

Además, los valores se encuentran en un rango tolerable, ya que el límite es de 0.6 como máximo para considerar al concreto como muy fluido. Sin embargo, se optó por mantener el valor de 0.627 para un f'c de 210, debido a la adición de emulsión asfáltica. Por lo mismo, cuando la mezcla era muy fluida solo bastó un ajuste de proporción para que el slump cumpla con 3”.

## **INFLUENCIA DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (TMN) DEL AGREGADO GRUESO**

Inicialmente se utilizó un TMN de 1" para agregado grueso, sin embargo, la mezcla se tornaba demasiado heterogénea, lo cual puede ser un indicio de posibles cangrejas al utilizar refuerzos de acero corrugado. Por ello, se optó por modificarlo a 3/4", con el que la mezcla tuvo una mejor apariencia.

### **Influencia del orden de mezclado del concreto con emulsión asfáltica**

Para toda mezcla con alguna adición, se tiene que tener en cuenta si la misma generará alguna distorsión a la mezcla, por ello, se decidió probar con el orden de mezclado para obtener una mezcla mejor aglutinada y que no pierda tanta agua. Esto último, debido a la viscosidad misma que posee la emulsión asfáltica.

Como primer orden se tuvo lo siguiente:

- ✓ Agregados.
- ✓ Agua.
- ✓ Emulsión Asfáltica.
- ✓ Cemento.
- ✓ Agua.

Con este orden se obtuvo una mezcla correctamente aglutinada, pero se perdió mucha agua. Incluso, se realizó un ajuste de proporción, pero no hubo diferencia.



**Figura 117.** Muestra un poco seca.

Según lo obtenido, se realizó un cambio de orden:

- ✓ Agua.
- ✓ Emulsión Asfáltica.
- ✓ Agregados.
- ✓ Agua.
- ✓ Cemento.
- ✓ Agua.

Con este nuevo orden, la fluidez se pudo alcanzar. Además, la mezcla estuvo mejor aglutinada.

### **Influencia del porcentaje de emulsión asfáltica en elconcreto**

El concreto con esta adición, de por sí, ya conlleva cambios en el mismo mezclado. No obstante, se analizarán los siguientes puntos de su estado fresco y endurecido.

#### **Relación con la Presencia de Poros**

La mezcla de concreto presenta componentes pesados que por su propio peso se asientan en el fondo del recipiente determinado, mientras que los más livianos se elevan o flotan a la superficie, de estos el que presenta un menor peso es el agua. Esta se evapora o exprime por los lados o en el fondo, moviéndose en todas las direcciones, de esta manera dejando orificios entrecruzados, de igual forma se comporta el aire. Estos huecos se interconectan, así generando el término porosidad [31].

En un concreto convencional, la presencia de poros es mínima, siendo de 1-3 % de la totalidad, siempre y cuando exista un correcto chuzado. En esta investigación, se pudonotar que, en las probetas sin la adición, los poros vistos superficialmente eran mínimos. Sin embargo, con el material bituminoso, aumentaron discretamente, sin distinción alguna entre la cantidad del mismo.

Esto pudo preocupar un poco, pues a medida que más poros se tengan, más frágil será el concreto, por consecuencia, menor esfuerzo podrá soportar y así menor será su utilidad. Por ello, se creyó conveniente realizar un corte a los testigos que demostraron la insignificancia de la cantidad de vacíos, dejando en claro su factibilidad. Cabe aclarar que esto es fundamental, ya que estas aberturas permitirían el paso del agua y sales que permitirían la afloración de eflorescencias, totalmente contrario al objetivo planteado.



**Figura 118.** Probetas con poros.



**Figura 119.** Discos sin presencia de grandes

Durante el mezclado del concreto, se pudo observar que, al vaciar la emulsión en un recipiente, esta era susceptible a formar pequeñas burbujas, como se aprecia en la imagen:



**Figura 120.** Emulsión asfáltica.

Esto podría explicar la presencia de poros en el concreto que, cabe remarcar, fueron superficiales.

### **Relación con la Trabajabilidad**

Al momento de realizar el mezclado y posterior vaciado de testigos, se observó que a medida que se aumentaba el porcentaje de emulsión asfáltica, pasaba lo mismo con la trabajabilidad del concreto. Esto es debido a la densidad del material bituminoso, puesto que es muy similar a la del agua, es decir, es fluida, a diferencia de otras clases de emulsiones.

Un aspecto destacado que reflejó este fenómeno, fue la reducción de ajustes de proporción de diseños de mezcla para alcanzar el slump requerido. Un ejemplo claro fue que solo se realizaron dichos cálculos para mezclas con porcentaje 0% y 10%.

### **Relación con el Aire Atrapado durante el Curado**

En el proceso de curado, se observó un singular acontecimiento en las probetas, ya que aledañas a ellas se encontraban otras que no presentaban emulsión asfáltica. Este fue la presencia de pequeñas burbujas alrededor de las mismas, como se distingue en la siguiente imagen:



**Figura 121.** Probetas en proceso de curado.

Esto demuestra la eficiencia del material en la impermeabilización, pues se observa que se impide el paso o infiltración al concreto.

### **Relación con la Resistencia a la Compresión**

Como se puede observar en las tablas y gráficos del anterior capítulo, la resistencia a la compresión de la muestra patrón (la que no presenta emulsión asfáltica) alcanza los valores más elevados, superando el  $f'c$  de diseño (175 y 210 kg/cm<sup>2</sup>), tal como se esperaba, pues se encuentra diseñado con un factor de seguridad reflejado en el  $f'cr$ .

En cuanto a las muestras que sí tienen porcentajes de la adición, ninguna alcanza la curva patrón, teniendo los peores resultados la muestra de 30% de emulsión asfáltica, con un decrecimiento de 25% para el primer diseño y 31% para el segundo. Sin embargo, a pesar que las muestras C2-C6 (10% E.A.) y C3-C7 (20% E.A.) no alcanzan los valores esperados, sus pérdidas no fueron muy grandes, siendo 9% para C2 y C6 y 11% para C3 junto con 20% para C7.

Considerando estos valores, se puede extraer como indicador que, a mayor porcentaje de emulsión asfáltica, menor será la resistencia a compresión del concreto. Por tanto, un porcentaje óptimo con adición sería el de 10%, es decir, los diseños C2 y C6, pues presentan las menores pérdidas con respecto al patrón y llega a la resistencia esperada de diseño.

Cabe mencionar que, tampoco se consideró como factible la muestra C4, debido a que sus valores de resistencia fueron menores a 175 kg/cm<sup>2</sup>, siendo así inhabilitado su uso para zonas expuestas a sulfatos, según normativa.

### **Relación con la Absorción Capilar**

Los resultados de absorción capilar demostraron que hasta las 6 horas iniciales ocurre el mayor aumento de valores, siendo considerado como el tramo de absorción inicial. A partir de este punto, la absorción es considerada como secundaria, ya que tiende a uniformizarse, es decir, se vuelve una recta continua, puesto que la muestra ya no es capaz de absorber más agua.

Se considera como un rango de velocidad de absorción capilar en morteros y concretos de  $0.09 \times 10^{-4}$  (m/s<sup>1/2</sup>) y  $3.15 \times 10^{-4}$  (m/s<sup>1/2</sup>) [5], lo cual es mucho mayor a los valores obtenidos en esta investigación, siendo el mayor  $0.019 \times 10^{-4}$  (m/s<sup>1/2</sup>), lo que determina que el material puede ser considerado como hidrófugo.

En cuanto a los valores del primer diseño de 175 kg/cm<sup>2</sup>, se puede analizar que la absorción tiende a disminuir a medida que se aumenta el porcentaje del aditivo bituminoso, lo que indica que el material sí logra impermeabilizar al concreto. En adición a esto, se tienen los siguientes valores que permitirán profundizar en esto:

Diseño	Muestra	Cantidad de	Variación de
		emulsión asfáltica (%)	absorción capilar (%)
175 kg/cm <sup>2</sup>	C1	0	0.00
	C2	10	36.65
	C3	20	66.46
	C4	30	72.67
210 kg/cm <sup>2</sup>	C5	0	0.00
	C6	10	37.01
	C7	20	65.35
	C8	30	77.95

**Tabla 53.** Variación de absorción capilar de diseños 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup>.

La tabla superior indica que, el porcentaje que más reduce la absorción capilar es el de 30% (C4 y C8) con un 72.67% para un diseño de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 77.95% para uno de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Como se aprecia, se puede interpretar que, al aumentar la cantidad de cemento, también se reduce la absorción, esto evidenciado con la reducción de los mismos en el segundo diseño.

### **Relación con la Exposición Acelerada a Sulfatos**

Como se puede apreciar en la **Tabla 20**, existen reducciones de variación de longitud en un mismo día de medición en viguetas con emulsión asfáltica, siendo esta de manera ascendente, es decir, cuanto mayor sea el porcentaje de la adición, menor será la variación de longitud de las viguetas. Incluso, se aprecia lo mismo al aumentar el tiempo de medición, teniendo una reducción de hasta el 50% en diseño como M4 y M8 comparados con los M1 y M5. Esto demuestra que el diseño que mejor resiste a los sulfatos son los que tienen 30% de emulsión asfáltica.

### **Influencia de la emulsión asfáltica en la variación de peso unitario del concreto**

En la Tabla 21 se presentan los valores de variación de peso unitario del concreto con y sin el aditivo. Estos demuestran una variación mínima de valores, lo cual no conllevaría a potenciales fisuras por contracción, debido a la variación volumétrica del material cementante durante su proceso de endurecimiento. Estos valores con respecto al estado fresco son 0.3% (C1-C5), 0.5% (C2-C6), 0.6% (C3-C7) y 0.7% (C4-C8). Estos valores indican que, al aumentar la cantidad de aditivo bituminoso, lo mismo ocurre con la variación, sin embargo, al ser muy pequeña, se tiende a despreciar, lo que no significa un factor predominante en el diseño de concreto con este tipo de adición.

### **Uso de concreto estructural adicionado con emulsión asfáltica**

Los resultados del ensayo de resistencia a la compresión fueron fundamentales para determinar si el concreto adicionado con emulsión asfáltica pueden llegar a tener un uso real en la construcción, al comprender los valores de  $f'_c$  del concreto, los que determinan el uso estructural o no estructural del mismo.

Por un lado, para un uso no estructural, como los son los sobrecimientos un valor óptimo y usual es el de  $175 \text{ kg/cm}^2$ , el cual sí se logró obtener para dosificaciones con 10% del aditivo, por lo que se entiende que fácilmente puede ser empleado para dicho elemento constructivo, adicionando el hecho de que permite evitar el paso de agentes nocivos.

Por otro lado, para un uso estructural, como la cimentación de varios tipos como zapatas y losas el valor de  $f'_c$  mínimo es de 210, según la normativa peruana. Según, los resultados del ensayo de resistencia a la compresión, este valor sí pudo conseguirse, siendo el porcentaje de 10% también el óptimo.

Entonces, se podría entender que un concreto con aditivo bituminoso como adición para impermeabilizar el material es factible para el uso de cimentaciones. Esto es de vital importancia, puesto que, aplicar esta solución en estos elementos estructurales reduce la infiltración de sulfatos que degradan el material, lo cual es más radical que usarlo solo en sobrecimientos, pues las cimentaciones ya se habrían visto afectadas.

### Comparación con datos preexistentes de mortero con emulsión asfáltica

El antecedente previamente explicado (Bloques de Concreto con Aditivos Bituminosos para Sobrecimiento) es el más cercano que se tiene con la investigación presente, sin embargo, ella evaluó mortero en lugar de concreto y utilizó una emulsión asfáltica mucho más densa ( $1.06 \text{ kg/m}^3$  en comparación a 1.00) y, por tanto, viscosa, lo cual hace variar los resultados. Por lo tanto, se decidió comparar los resultados considerando los siguientes parámetros de evaluación:

#### Relación con la Resistencia a la Compresión

La investigación de mortero consistía en bloques, por lo que consideraron la norma ASTM C90 para concreto no estructural y la NSR-10 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, el cual recomienda valores de 10 MPa a 13 MPa ( $102 \text{ kg/cm}^2$  –  $133 \text{ kg/cm}^2$ ) para bloques de concreto no estructurales. Además, consideraron el valor de 12.85 MPa ( $131 \text{ kg/cm}^2$ ) para bloques convencionales que pueden adquirirse en el mercado. Sus resultados son los siguientes:

Muestra	Cantidad de emulsión asfáltica (%)	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la compresión ( $\text{kg/cm}^2$ )
1	0	11.40	116.25
2	10	10.67	108.80
3	20	10.12	103.20
4	30	7.85	80.05
5	40	5.92	60.36

**Tabla 54.** Resultados de resistencia a la compresión de los bloques para sobrecimiento [5].

De estos datos, se pueden derivar los siguientes:

<b>Muestra</b>	<b>Cantidad de emulsión asfáltica (%)</b>	<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Variación (%)</b>
1	0	116.25	0
2	10	108.80	6.41
3	20	103.20	11.23
4	30	80.05	31.14
5	40	60.36	48.08

**Tabla 55.** Variación porcentual de resistencia a la compresión de las muestras con respecto al patrón (Muestra 1).

Ahora, la siguiente tabla comparará los valores del artículo con los de esta investigación, considerando solamente hasta las muestras con 30% de emulsión, ya que esta no presenta una de 40%, debido a que se tenía como antecedente (este artículo) que con dicho porcentaje la resistencia a la compresión se reducía considerablemente (48.08%).

<b>Muestra</b>	<b>Cantidad de emulsión asfáltica (%)</b>	<b>Variación de resistencia a la compresión (%)</b>	
		<b>Artículo</b>	<b>Esta investigación</b>
1	0	0	0
2	10	6.41	8.56
3	20	11.23	8.81
4	30	31.14	24.62

**Tabla 56.** Comparación de variaciones de resistencia a la compresión entre el artículo y la presente investigación.

Como se aprecia en la tabla superior, la variación de 10% aumenta en esta investigación, sin embargo, para el resto esta disminuye considerablemente. Esto se puede explicar por el tipo de emulsión utilizada, pues es mucho más fluida al presentar una densidad de prácticamente 1.00 kg/m<sup>3</sup>, en comparación a la del artículo que fue de 1.06 kg/m<sup>3</sup>.

Por lo tanto, se toma como indicador que, a mayor fluidez de la emulsión, menor será la disminución de la resistencia a la compresión, lo cual beneficia a que se pueda usar el material para elementos de concreto estructural.

### Relación con la Absorción Capilar

En el artículo se obtuvieron los siguientes valores:

Muestra	Cantidad de emulsión asfáltica (%)	Velocidad de absorción capilar ( $10^{-4}\text{m/s}^{1/2}$ )	Variación (%)
1	0	0.70	0.00
2	10	0.12	82.86
3	20	0.04	94.29
4	30	0.02	97.14
5	40	0.02	97.14

**Tabla 57.** Variación porcentual de velocidad de absorción capilar de las muestras con respecto al patrón (Muestra 1).

Ahora, la siguiente tabla comparará los valores del artículo con los de esta investigación, considerando solamente hasta las muestras con 30% de emulsión.

Muestra	Cantidad de emulsión asfáltica (%)	Variación de velocidad de absorción capilar (%)		Diferencia (%)
		Artículo	Esta investigación	
1	0	0.00	0.00	0.00
2	10	82.86	36.58	36.83
3	20	94.29	65.97	28.32
4	30	97.14	75.16	21.98

**Tabla 58.** Comparación de variaciones de velocidad de absorción capilar entre el artículo y la presente investigación.

Estos resultados indican que en la presente investigación los valores de velocidad de absorción son mayores a los del artículo, al ser las variaciones menores, es decir, este concreto no es tan impermeable como el del artículo. Esto puede deberse al tipo de emulsión empleada, pues al ser esta más fluida, presenta una menor cantidad de

viscosidad lo que permite el paso del agua con mayor facilidad. Sin embargo, esto dió la ventaja de poder alcanzar valores de  $f'c$  más altos y logrando impermeabilizar al concreto de manera eficiente.

### Comparación con datos preexistentes de otros materiales con emulsión asfáltica

Dado que se tienen los valores de velocidad de absorción capilar, se pueden comparar los datos con los de otros materiales, como se puede apreciar:

<b>Aditivo</b>	<b>N°</b>	<b>Velocidad de absorción capilar (<math>10^{-4}m/s^{1/2}</math>)</b>
Emulsión asfáltica	C4	0.005
	C8	0.003
Ceniza volante		2.55-3.15
Metacaolín		0.13-0.31

**Tabla 59.** Comparación de velocidad de absorción capilar entre distintos aditivos impermeabilizantes [5].

Como se aprecia en la tabla superior, los valores de la emulsión asfáltica son los más favorables al ser los menores, es decir, impermeabiliza más al concreto, por lo tanto, se considera a este como un mejor material hidrófugo.

### Evaluación económica entre un concreto convencional a uno adicionado con emulsión asfáltica

Considerando valores por  $1 m^3$ , se tendría lo siguiente:

<b>Diseño</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad (kg-lt/<math>m^3</math>)</b>				<b>Costo (S./<math>m^3</math>)</b>			
		<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>
175 kg/ $cm^2$	Cemento	334.93	334.93	326.95	326.95	229	229	223	223
	Ag. Fino	829.16	742.85	669.61	583.29	22	20	18	16
	Ag. Grueso	936.95	936.95	947.31	947.31	29	29	29	29
	Agua	207.42	208.05	203.71	204.4	1	1	1	1
	Emulsión asfáltica	0.00	33.02	65.01	98.01	0	174	343	518
	<b>Total</b>					281	453	615	787

**Tabla 60.** Costos de diseños de  $175 kg/cm^2$ .

Diseño	Material	Cantidad (kg-lt/m <sup>3</sup> )				Costo (S./m <sup>3</sup> )			
		C5	C6	C7	C8	C5	C6	C7	C8
210 kg/cm <sup>2</sup>	Cemento	414.41	378.38	369.37	360.36	283	258	252	246
	Ag. Fino	750.69	693.15	606.83	520.51	20	19	16	14
	Ag. Grueso	890.25	934.21	947.31	967.18	27	29	29	30
	Agua	227.78	208.51	204.15	199.85	2	1	1	1
	Emulsión asfáltica	0.00	38.02	74.05	108.02	0	201	391	571
<b>Total</b>						332	508	690	862

**Tabla 61.** Costos de diseños de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Se tendrían las siguientes variaciones:

Diseño	N°	Costo (S./m <sup>3</sup> )	Variación con patrón (%)
175 kg/cm <sup>2</sup>	C1	281	0
	C2	453	61
	C3	615	119
	C4	787	180
210 kg/cm <sup>2</sup>	C5	332	0
	C6	508	53
	C7	690	108
	C8	862	160

**Tabla 62.** Comparación de costos de diseños de 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup>.

La tabla superior indica que los costos aumentan en más de la mitad del precio original de un concreto convencional (C1 y C5), siendo los precios para un concreto de 210 mayores que los de 175 por la disminución de la relación a/c. Además, se recalca que como el porcentaje óptimo es 10%, se enfocará en los diseños C2 y C6, los cuales aumentan el costo en 61% y 53%, respectivamente. Estos valores si bien es cierto son elevados, pueden ser considerables al tener en cuenta las potenciales reparaciones constantes, debido a la permanencia de eflorescencias en las viviendas.

### **Evaluación económica entre la emulsión asfáltica y otros aditivos impermeabilizantes para el concreto**

La empresa Sika informó que cuenta con 3 aditivos impermeabilizantes que pueden ser utilizados tanto para morteros como para concretos, de los cuales el más potente es el tercero. Estos son: Sika 1, Sika Lite y Sika WT-100. Entonces, se tendría la siguiente comparación de costos por lt de aditivo:

<b>Emulsión asfáltica CSSH (S./lt)</b>	<b>Sika 1 (S./lt)</b>	<b>Sika Lite (S./lt)</b>	<b>Sika WT-100 (S./lt)</b>
1.3	1.9	8.5	448

**Tabla 63.** Comparación de costos de aditivos impermeabilizantes.

Estos valores indican que la emulsión asfáltica es la menos costosa, sin embargo, no significa que sea la mejor opción, ya que el aditivo con mayores propiedades hidrófugas es el último: Sika WT-100, por ello su elevado precio. No obstante, se debe considerar que el uso del material bituminoso es dedicado a viviendas en el litoral de San José, por lo que su uso no es tan demandante, es decir, esta adición no es aplicable para ambientes muy agresivos. Además, el contexto amerita un bajo precio con el fin de obtener un material hidrófugo para proteger las viviendas de una zona con bajos recursos.

## Conclusiones

- ✓ El suelo cerca al litoral de la Ciudad de San José obtuvo una clasificación de exposición moderada al tener 1120 ppm de sulfato, lo cual justifica la problemática y la necesidad de utilizar un material hidrófugo.
- ✓ Las propiedades de impermeabilidad, específicamente velocidad de absorción capilar, de un concreto con emulsión asfáltica son superiores a las de otros materiales como ceniza volante y metacaolín, pero no comparado al Sika WT-100 ni a una emulsión asfáltica de mayor densidad. No obstante, sí es mayor al compararlo con un concreto MS, tal como se apreció en los resultados, con un 30% lo impermeabiliza un 75% más.
- ✓ Evaluando las propiedades mecánicas y de durabilidad, se concluye que la dosificación óptima para impermeabilizar al concreto y mantener la resistencia a la compresión esperada para que pueda ser aplicable es el de 10% del material bituminoso como concreto no estructural y estructural, pues con dicho valor se pueden alcanzar valores de  $f'c$  esperados, lo que indica que es aplicable para cimentaciones, las cuales erradicarían desde raíz el problema frecuente de degradación del material por la presencia de sulfatos.
- ✓ Según los resultados de absorción capilar, la emulsión asfáltica reduce dichos valores considerablemente, con 10% reduce el parámetro de durabilidad al 37%, con 20% disminuye 66% y con 30% es 75%, siendo este valor el mayor.
- ✓ Los resultados de expansión por exposición acelerada a sulfatos determinaron que esta propiedad se reduce con 10% de la adición bituminosa en 13%, con 20% disminuye en 39% y con 30% es 48%. Esto indica que el material es capaz de adecuarse a un contexto agresivo como el de San José, pues el ensayo fue dado en una solución mucho más concentrada y aun así se obtuvieron valores apreciables.
- ✓ Se identificó que, al aumentar el porcentaje del aditivo, el  $f'c$  se reducía. Sin embargo, los resultados de los porcentajes de 10% y 20% sí obtuvieron valores considerables al tan solo reducirse 10% y 14%, pero aun manteniendo el  $f'c$  esperado. Lastimosamente, el de 30% se redujo mucho con 28% y sin llegar al  $f'c$ . Entonces, se puede concluir que el porcentaje óptimo para mantener el  $f'c$  es el de 10% de la emulsión asfáltica.
- ✓ Un concreto con emulsión asfáltica es más costoso que uno tradicional en 50%, sin embargo, este precio puede ser considerado como beneficioso al compararlo con otros

como los de Sika que son exorbitantemente más costosos. Por lo tanto, es considerado como el material óptimo para San José al no equivaler grandes costos.

## Recomendaciones

- ✓ Se recomienda como porcentaje óptimo de 10% de emulsión asfáltica para alcanzar valores esperados de  $f'c$  de diseño, especialmente para concreto estructural.
- ✓ El  $a/c$  es un factor importante para determinar la impermeabilidad del concreto, pues cuanto menor sea, mayor será su posibilidad de alcanzar grandes valores de  $f'c$ .
- ✓ El TMN del agregado grueso es un factor fundamental al considerar que su tamaño no debe ser mayor al espaciamiento de varillas. Además, porque de este depende la propiedad de heterogeneidad del material.
- ✓ Para el orden de mezclado del concreto debe considerarse la siguiente secuencia con el fin de evitar aglutinamiento y pérdida de agua de mezclado, resultando en poco slump: agua, emulsión asfáltica, agregados, agua, cemento y agua.
- ✓ Utilizar emulsiones fluidas si se quiere impermeabilizar al concreto, pero sin poner en riesgo su resistencia a la compresión. Si la impermeabilización es primordial, es preferible utilizar emulsiones más viscosas y densas.
- ✓ Se recomienda utilizar un acelerante de fragua para acelerar el proceso de endurecimiento del concreto para cimentaciones para reducir el tiempo de ejecución.
- ✓ Tener en cuenta que el porcentaje de vacíos o poros del concreto no sobrepasen el 3%, pues esto conllevaría a un riesgo de exposición de agentes nocivos, es decir, infiltración.
- ✓ Considerar una corrección de slump calculada como se presenta en el trabajo o por otro método con tal de reducir errores por correcciones empíricas que no permiten un correcto cálculo de la dosificación.

## Referencias bibliográficas

[1] E. Peña Quiroz, "Reparación de muros confinados en viviendas afectadas por la eflorescencia ante eventos sísmicos en la Av. Santa Isabel, El Agustino 2018", Tesis pregrado, Dpto. Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, Perú, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37057>

[2] J. Ardila Tovar, "Estudio patológico por humedades en los muros exteriores e interiores en las casas que conforman el conjunto residencial Guazuca en el Municipio de Guasca", Tesis pregrado, Dpto. Construcción, Universidad Santo Tomás, Colombia, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/20826/2019jorgeardila.pdf?sequ>

[3] G. Vargas Jiménez, "Diagnóstico, prevención y reparación en viviendas de albañilería con problemas de humedad en el Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa - Provincia Tanca - Departamento Tacna", Tesis pregrado, Dpto. Ingeniería Civil, Universidad Privada de Tacna, Perú, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/346>

[4] L. Málaga Gonzáles, J. Kuroiwa Horiuchi, A. Pérez Galleno y A. Zerga Ocaña, "Mapa de Peligros de San José", INDECI, Perú, Informe, 2003. [En línea]. Disponible en: [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_lambayeque/lambayeque/sanjose\\_mp.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_lambayeque/lambayeque/sanjose_mp.pdf)

[5] H. Cañola y C. Echevarría, "Bloques de concreto con aditivos bituminosos para sobrecimiento", *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 35, núm. 2, pp. 491-512, julio-diciembre. 2017. [En línea]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0122-34612017000200491&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0122-34612017000200491&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

[6] M. Boltryk y D. Malaszkiewicz, "Application of anionic asphalt emulsion as an admixture for concrete", *ELSEVIER*, noviembre. 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061812009464>

[7] J. Leyva Leiva y A. Orbegoso Villavicencio, "Estudio comparativo de los aditivos hidrófugos, por cristalización y bloqueadores de poros en la permeabilidad de morteros de cemento Tipo I", Tesis pregrado, Dpto. Ingeniería Civil, Universidad Privada Antenor Orrego, Perú, 2019. [En línea]. Disponible en:

[http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/5981/1/RE\\_ING.CIVIL\\_JUAN.LEYVA\\_A\\_ALEXANDER.ORBEGOSO\\_ADITIVOS.HIDROFUGOS\\_DATOS.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/5981/1/RE_ING.CIVIL_JUAN.LEYVA_A_ALEXANDER.ORBEGOSO_ADITIVOS.HIDROFUGOS_DATOS.pdf)

[8] S. Tejada Romero, "Determinación y evaluación de las patologías del concreto en columnas, vigas, sobrecimiento y muros de albañilería confinada del cerco perimétrico de la Institución Educativa Manuel Antonio Mesones Muro, del Distrito de Ferreñafe, Provincia de Ferreñafe, Región Lambayeque - 2016", Tesis pregrado, Dpto. Ingeniería Civil, Universidad Católica Los Ángeles Chimbote, Perú, 2016. [En línea]. Disponible en: [http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1451/PATOLOGIAS\\_PATOLOGIA\\_DEL\\_CONCRETO\\_TEJADA\\_ROMERO\\_SANTOS\\_EDUARDO.pdf?sequence=1](http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1451/PATOLOGIAS_PATOLOGIA_DEL_CONCRETO_TEJADA_ROMERO_SANTOS_EDUARDO.pdf?sequence=1)

[9] L. Llontop Bances y E. Santisteban Chapoñan, "Evaluación de las patologías de la Infraestructura Educativa N°10160 Rosa de América, Distrito de Mórrope, Lambayeque - 2019", Tesis pregrado, Dpto. Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, Perú, 2016. [En línea]. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35986/Llontop\\_BLA-Santisteban\\_CHEJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35986/Llontop_BLA-Santisteban_CHEJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[10] *Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado*, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – 2009.

[11] *NTP 400.012 Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – 2001.

[12] *NTP 339.185: Método Contenido de Humedad Total Evaporable de Agregados Por secado*, Comisión de Normalización de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias – 2013.

[13] *NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – 2002.

[14] *NTP 400.022: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*, Comisión de Normalización de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias – 2013.

[15] *NTP 339.129: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – 1999.

[16] NTP 339.141: *Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2,700 kN-m/m<sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))*, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – 1999.

[17] NTP 400.017: *Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – 1999.

[18] NTP 339.152: *Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y agua subterránea*, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – 2002.

[19] NTP 339.059: *Método para la obtención y ensayo de corazones diamantino y vigas seccionadas de hormigón (Concreto)*, Comisión de Normalización de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias – 2011.

[20] NTP 339.232: *Método de ensayo para determinar la velocidad de absorción de agua en concretos de cemento Portland*, Comisión de Normalización de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias – 2010.

[21] NTP 339.034: *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – 2008.

[22] NTP 339.162: *Guía estándar para caracterización de campo con fines de diseño de ingeniería y construcción*, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – 2001.

[23] NTP 339.035: *Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams*, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – 1999.

[24] A. Mendoza Rojas, "Determinación de las propiedades físico – mecánicas de un concreto de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de puzolana volcánica en Cajamarca", Tesis pregrado, Dpto. Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1502/TESIS%20PROFESIONAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[25] C. Cachay (2020). Naturaleza del Concreto [Presentación de PowerPoint].

- [26] “¿Para qué Sirve la Emulsión Asfáltica?”. MAVEGSA <https://mavegsa.com/para-que-sirve-la-emulsion-asfaltica/> (acceso: 9 de noviembre de 2021).
- [27] “Corrosión del acero en el hormigón armado”. Más que Ingeniería <https://masqueingenieria.com/blog/corrosion-acero-hormigon-armado/> (acceso: 9 de noviembre de 2021).
- [28] “¿Qué es la capilaridad del agua?”. IAGUA RESPUESTAS <https://www.iagua.es/respuestas/capilaridad-agua> (acceso: 9 de noviembre de 2021).
- [29] “¿Qué es el nivel freático? IAGUA RESPUESTAS <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-nivel-freatico> (acceso: 9 de noviembre de 2021).
- [30] E. Rivva López, *Diseño de Mezclas*, 4° ed. Miraflores, Perú, 2018
- [31] J. López Orosco, *Porosidad del Concreto*. Guatemala, 2004.

## Anexos

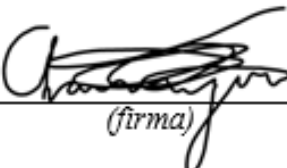
**Anexo 1: Declaración jurada****DECLARACIÓN JURADA**

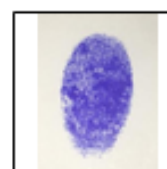
Yo, **APELLIDOS Y NOMBRES**, de nacionalidad peruana; con documento nacional de identidad N° 70275921, domiciliado en la provincia de Chiclayo Urb. San Carlos, estudiante de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, del curso de Proyecto de Tesis- Ciclo académico 2021-II DECLARO BAJO JURAMENTO que:

Verifiqué la no duplicidad del proyecto de tesis titulado: **ANÁLISIS DE CONCRETO SIMPLE CON ADITIVOS BITUMINOSOS PARA SOBRECIMENTOS ANTE LOS EFECTOS DEL SALITRE EN LA CIUDAD DE SAN JOSÉ**, de verificarse que si existe el tema antes mencionado me pongo a plena disposición para las sanciones emitidas por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo según corresponda.

*La verificación de la no duplicidad se realizó en la medida que se pudo por la coyuntura nacional debido al Covid19.*

Chiclayo, 10 de noviembre del 2021

  
\_\_\_\_\_  
(firma)



Huella  
Dactilar

## **Anexo 2: Panel fotográfico**

### • Intersección Augusto B. Leguía con Alfonso Ugarte



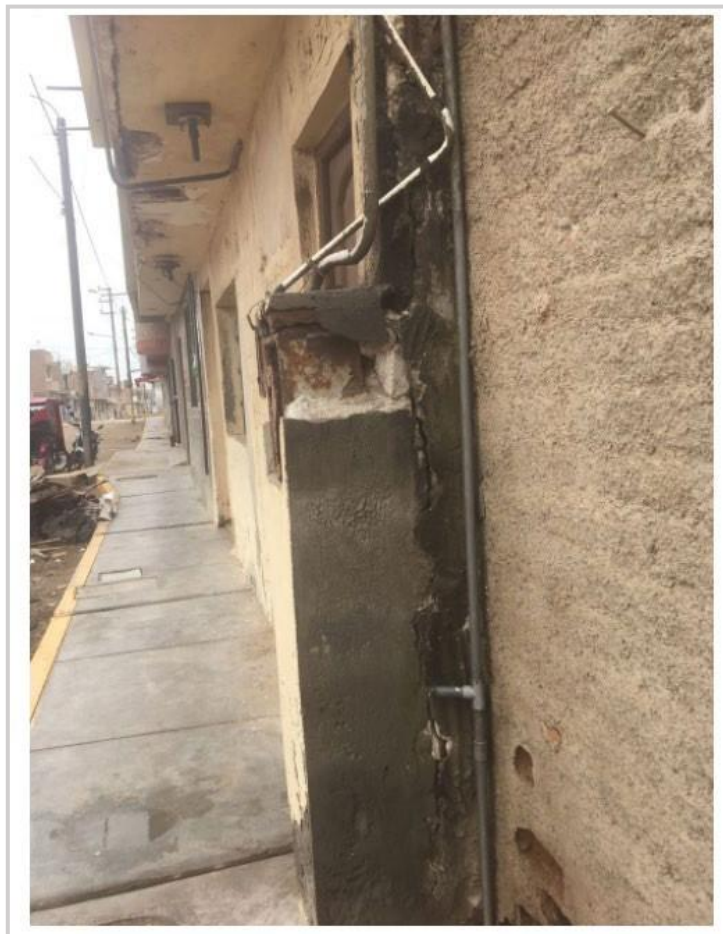
Se evidencia el **inicio** de la manifestación de eflorescencias en el **fondo** de las paredes de la bodega.

**Anexo 2.1:** Intersección Augusto B. Leguía con Alfonso Ugarte.

### • Alfonso Ugarte



**Anexo 2.2:** Alfonso Ugarte.



**Anexo 2.3:** Alfonso Ugarte: Exposición de acero.

• Pasaje Atahualpa



**Anexo 2.4:** Pasaje Atahualpa.

- José Olaya 361



**Anexo 2.5:** José Olaya 361.

- José Olaya 352



**Anexo 2.6:** José Olaya 352.

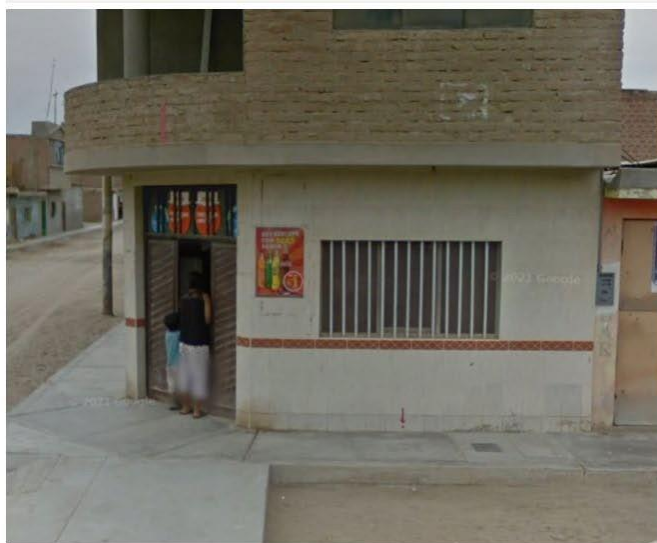
• Augusto B. Leguía



**Anexo 2.7:** Augusto B. Leguía.

- **Intersección: Elvira García y García con Juan Velasco:** Muchos pobladores comentaron que retiraron la cerámica por el alto costo de refacción constante a sus acabados por la acción de la humedad.

2013



2021



**Anexo 2.8:** Comparación a través del tiempo de la Intersección Elvira García y García con Juan Velasco.

- **Elvira García y García: Plaza Mayor Isaac León Fiestas Millones (Losa deportiva)**

2013



2021



**Anexo 2.9:** Comparación a través del tiempo de Elvira García y García: Plaza Mayor Isaac León Fiestas Millones (Losa deportiva).

• Alfonso Ugarte: Plaza Mayor Isaac León Fiestas Millones (Losa deportiva)

2013



2021



**Anexo 2.10:** Comparación a través del tiempo de Alfonso Ugarte: Plaza Mayor Isaac León Fiestas Millones (Losa deportiva).

• Intersección: Elvira García y García con José Olaya

2013



2021



**Anexo 2.11:** Comparación a través del tiempo de la Intersección Elvira García y García con José Olaya.

• Intersección: Elvira García y García con Alfonso Ugarte

2013



2021



**Anexo 2.12:** Comparación a través del tiempo de la Intersección Elvira García y García con Alfonso Ugarte.

• Alfonso Ugarte 863



**Anexo 2.13:** Alfonso Ugarte 863.

• Alfonso Ugarte 793



**Anexo 2.14:** Alfonso Ugarte 793.

• Manuel Seoane 395

2013



2021



En la imagen se presencia la **exposición del acero corroído** de la columna.

**Anexo 2.15:** Comparación a través del tiempo de Manuel Seoane 395.

- Miguel Grau 563



**Anexo 2.16:** Miguel Grau 563.

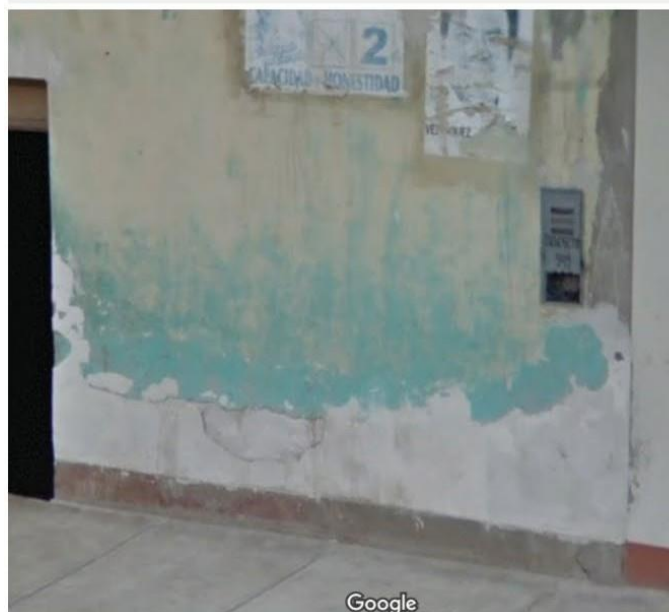
- Miguel Grau 565



**Anexo 2.17:** Miguel Grau 565.

- Miguel Grau 549

2013



Google

2021



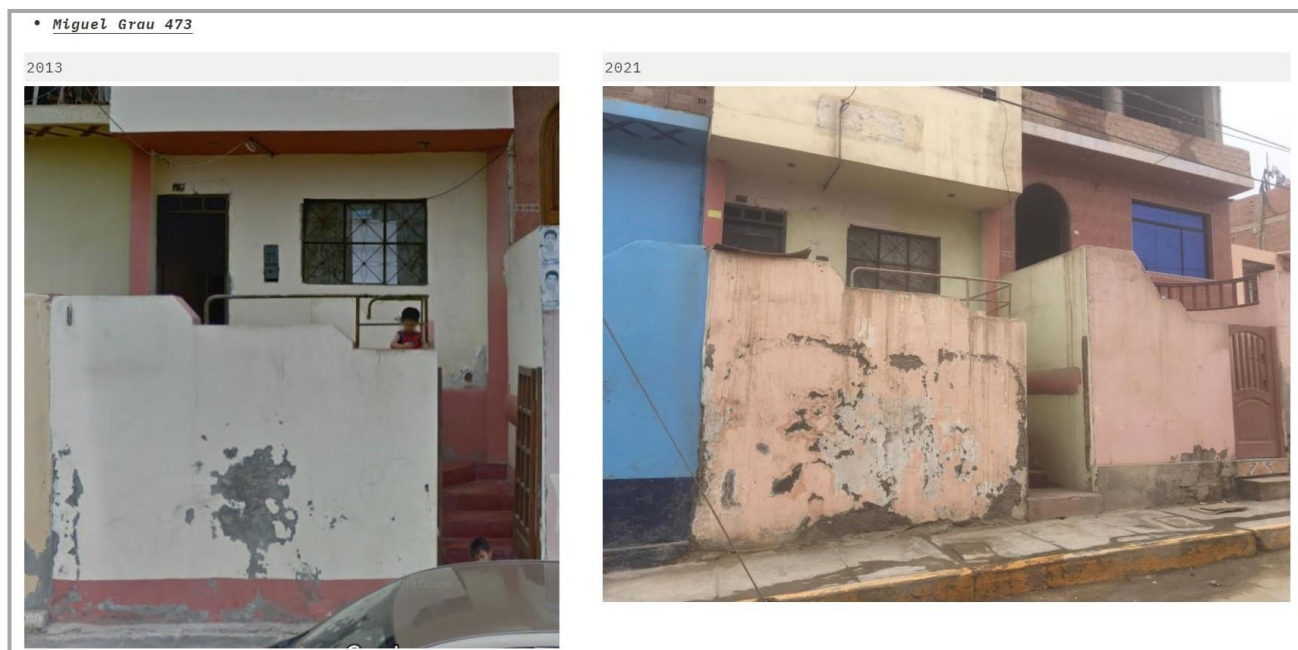
Anexo 2.18: Miguel Grau 549.

- Miguel Grau 545



En la imagen se presencia la *exposición del acero corroído* de la columna.

Anexo 2.19: Miguel Grau 545.



**Anexo 2.20:** Comparación a través del tiempo de Manuel Grau 473.



**Anexo 2.21:** Comparación a través del tiempo de Bolognesi 221 (Frente a la Municipalidad Distrital de San José).



**Anexo 2.22:** Municipalidad Distrital de San José.

• Av. Augusto B. Leguía 57: Centro de Salud San José



**Anexo 2.23:** Av. Augusto B. Leguía 57: Centro de Salud San José.

- Intersección: La Fraternidad con Augusto B. Leguía (Al lado del Centro de Salud San José)



En la imagen derecha se presencia la **exposición del acero corroído** de la columna.

**Anexo 2.24:** Intersección: La Fraternidad con Augusto B. Leguía (Al lado del Centro de Salud San José).

- Augusto B. Leguía: I.E. N°10222 Elvira García y García - San José



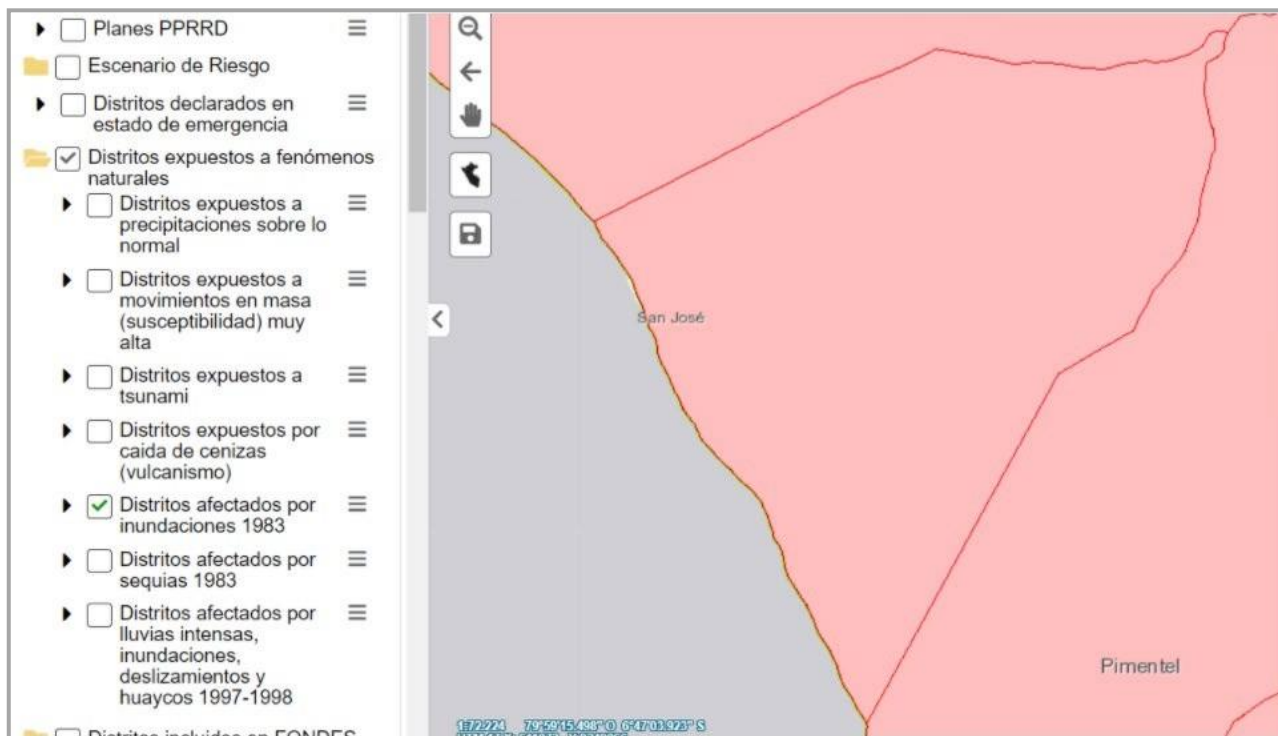
Se evidencia el **inicio** de la manifestación de eflorescencias en el **fondo** de las paredes del colegio.

**Anexo 2.25:** Augusto B. Leguía: I.E. N°10222 Elvira García y García – San José.

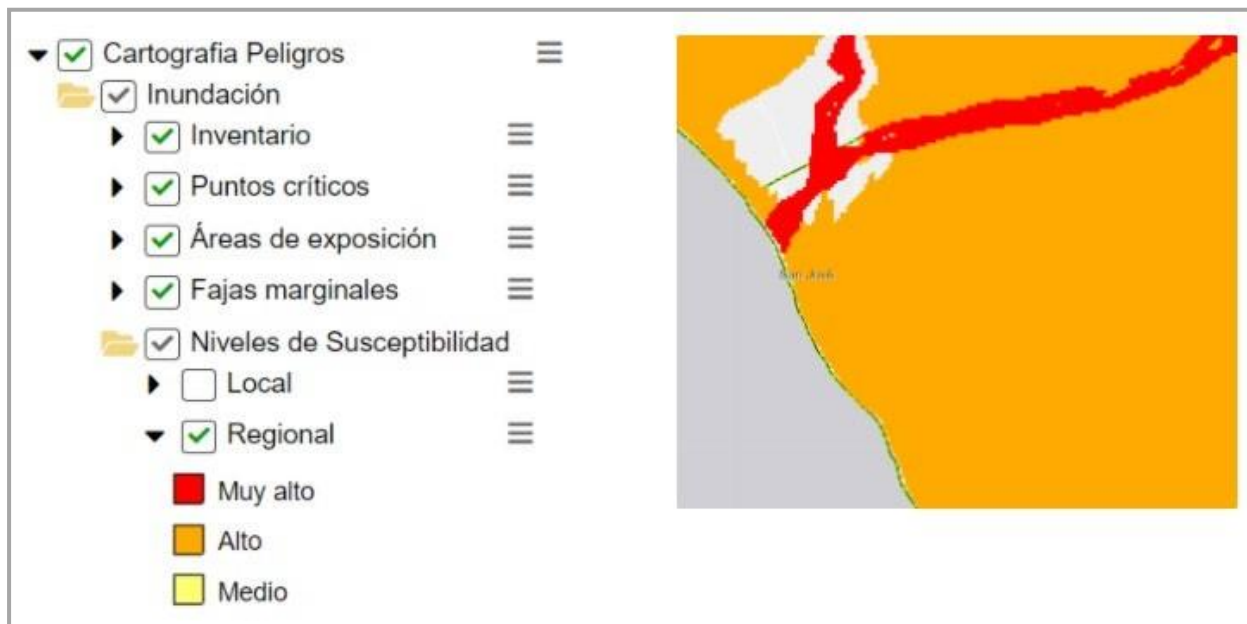


Anexo 2.26: Pasaje Naylamp S/N.

**Anexo 3: Afectación por inundaciones en la ciudad de San José punto de SIGRID**



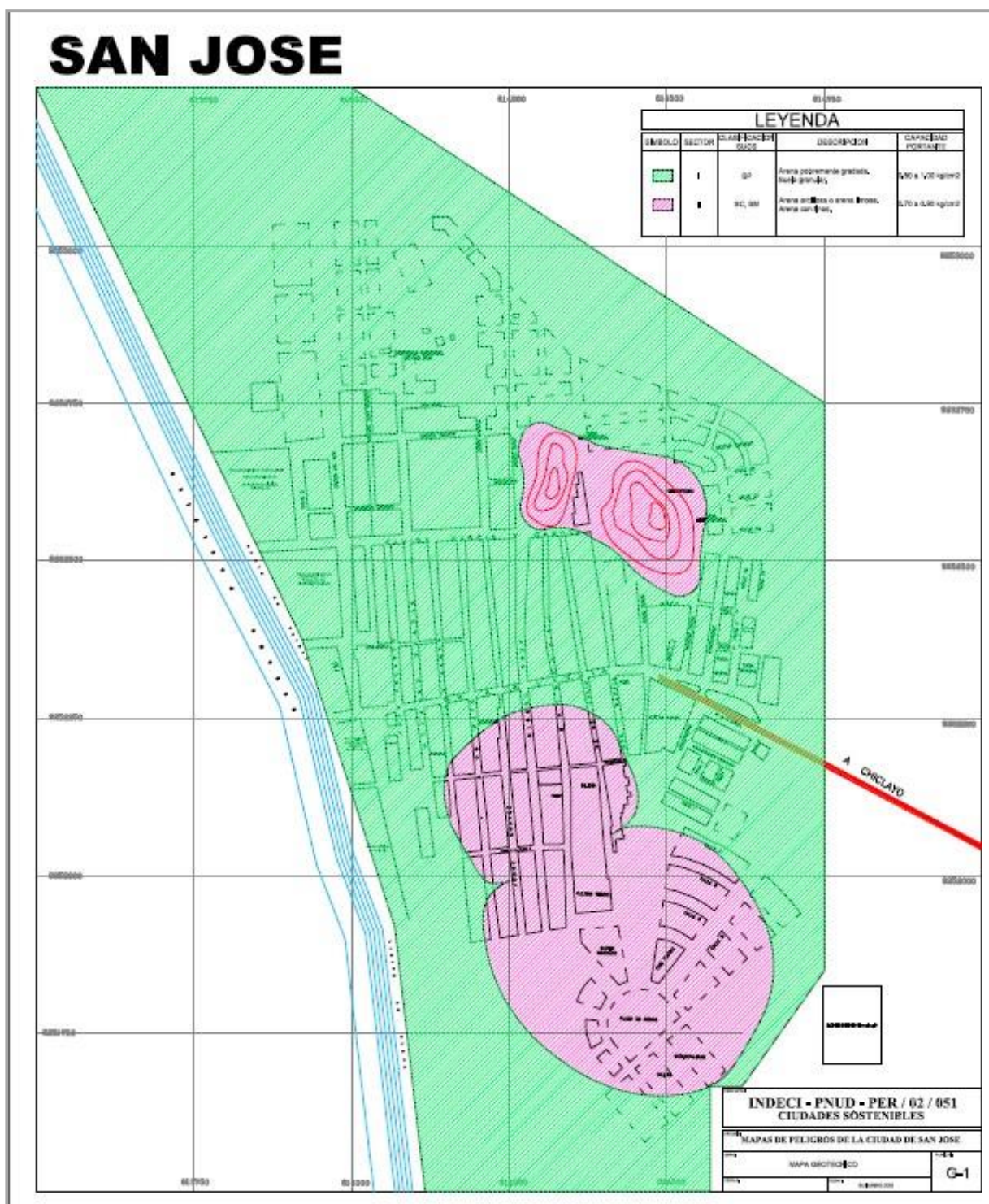
**Anexo 4: Cartografía peligros: inundación: niveles de susceptibilidad: regional: alto proveniente de SIGRID**



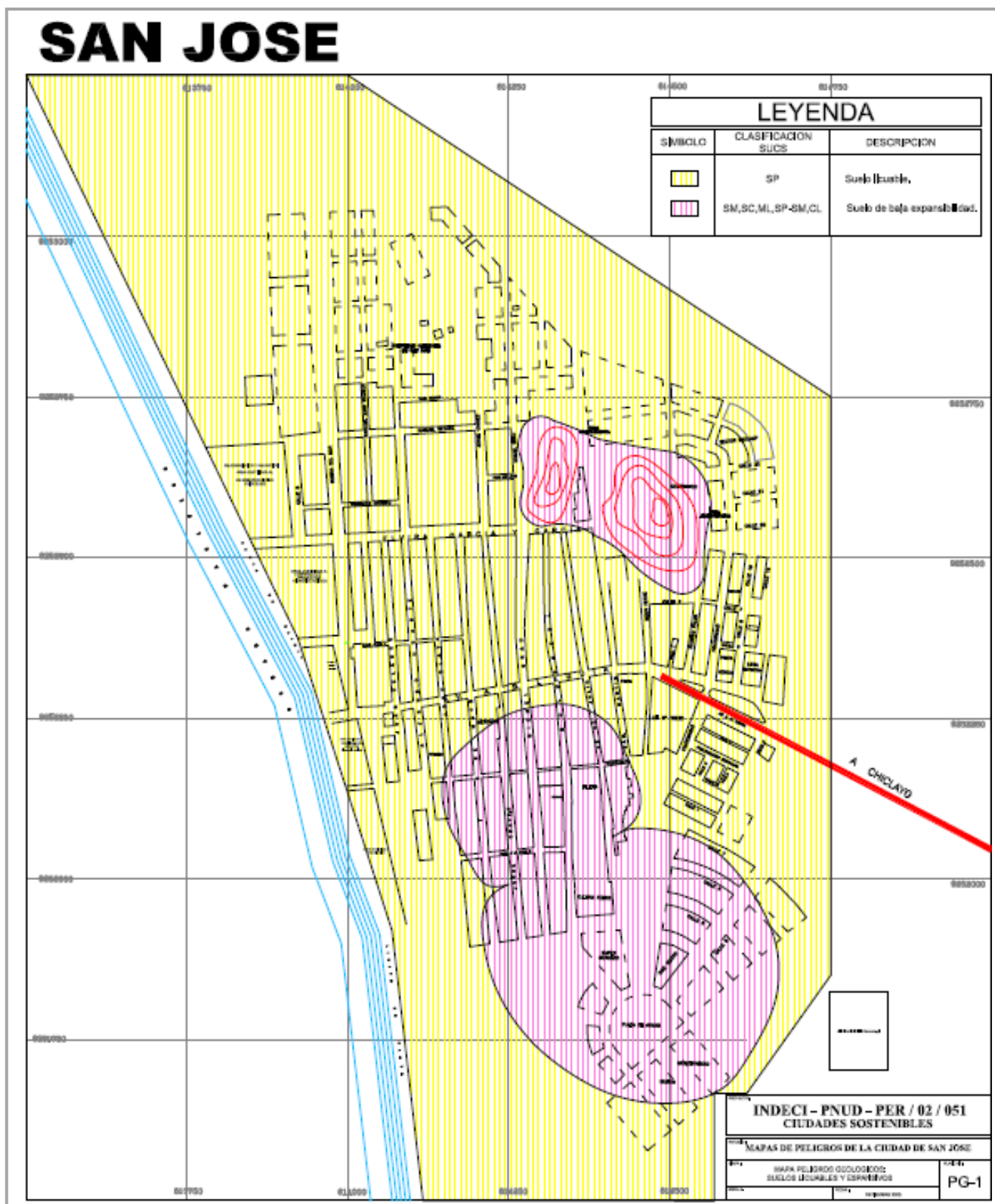
**Anexo 5: Susceptibilidad moderada a inundación fluvial en la ciudad de San José proveniente de GECATMIN**



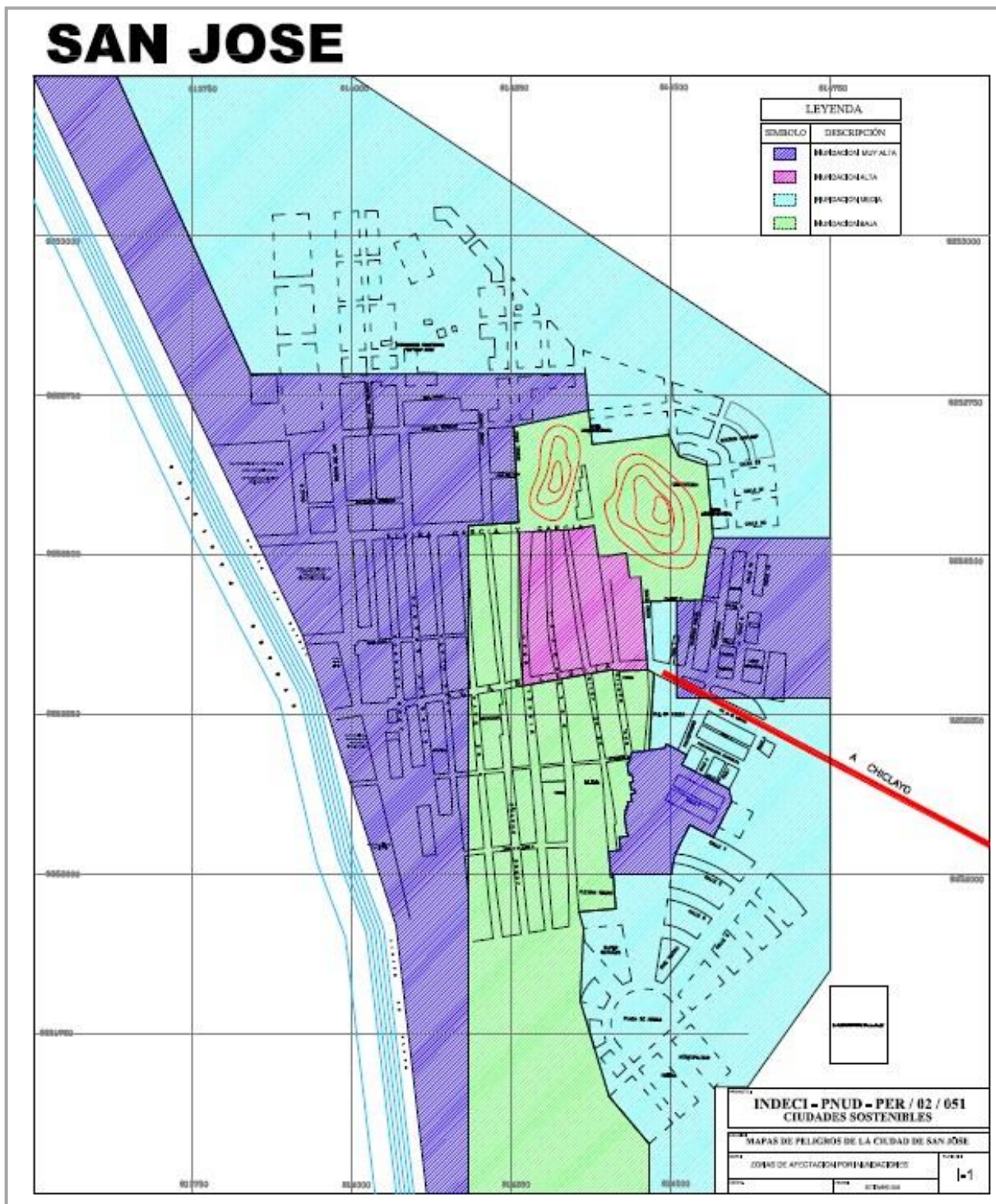
**Anexo 6: Mapa geotécnico proveniente del mapa de peligros de San José**



**Anexo 7: Mapa de peligros geológicos: suelos licuables y expansivos proveniente del mapa de peligros de San José**

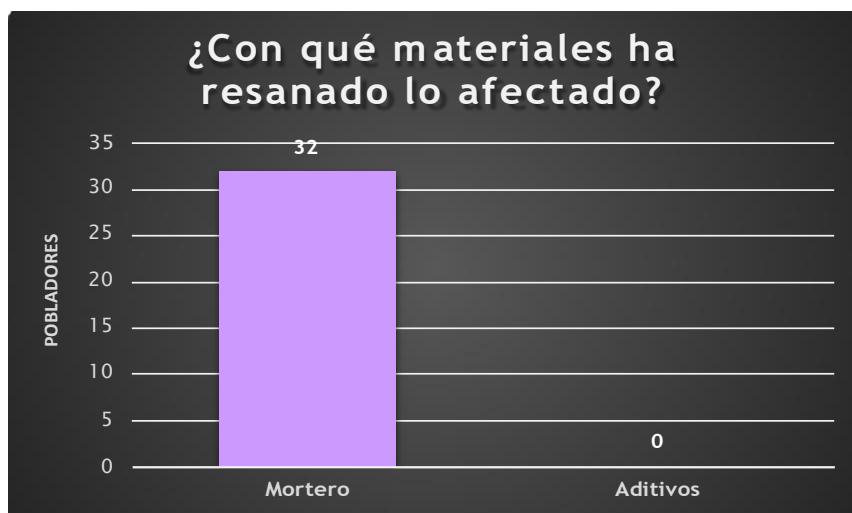


**Anexo 8: Mapa de peligros climáticos: zonas de afectación por inundaciones proveniente del mapa de peligros de San José**



**Anexo 9: Resultados de encuesta**

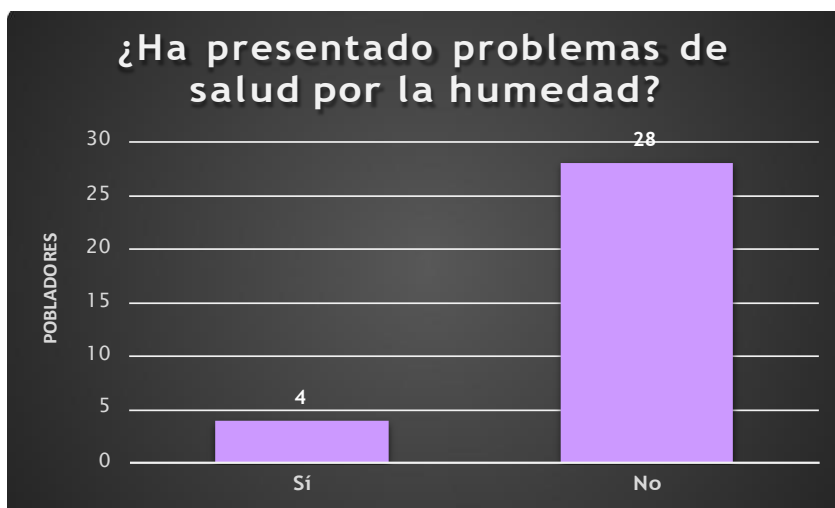
*¿Con qué materiales ha resanado lo afectado?*





*Una vez resanado, ¿cuánto demora en reaparecer?*




*¿Ha presentado problemas de salud por la humedad?*



**Anexo 10: Ficha técnica de la emulsión asfáltica**

	<b>INFORME DE CONTROL DE CALIDAD</b> <b>EMULSIÓN ASFÁLTICA CATIONICA DE ROTURA LENTA</b> <b>(CSS-1H)</b>				Revisión 01
	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Página
	LAB.	JP	GG	27/09/2021	1 de 1
<b>CLIENTE: PAVIMENTOS Y OBRAS VIALES SAC</b>				<b>N° DE INFORME: 236-2021</b>	
FECHA DE MUESTREO	CÓDIGO DE MUESTRA		N° DE ORDEN DE PRODUCCIÓN		
27/09/2021	EMU 236-2021		236-2021-OP		
LOTE DE PRODUCCIÓN	TANQUE		FECHA DE REPORTE		
236-2021-LT	TK-1		27/09/2021		
ENSAYO	MÉTODO DE ENSAYO		RESULTADOS DEL ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN EG 2013 / ASTM D 2397	
				Min.	Max.
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C (SFS)	MTC E 403	ASTM D 244	21.7	20	100
Destilación	MTC E 411	ASTM D 244	60.40	57	-
Contenido de Asfalto Residual, %	MTC E 404	ASTM D 244	0.20	1	
Estabilidad de Almacenamiento, 24 hr, %	MTC E 405	ASTM D 244	0.01	≤ 0.1	
Prueba de tamiz N°20, %	MTC E 407	ASTM D 244	Positivo	Positivo	
Carga de Particula	MTC E 407	ASTM D 244	Positivo	Positivo	
ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO ASFÁLTICO	MÉTODO DE ENSAYO		RESULTADOS DEL ANÁLISIS	ESPECIFICACIÓN EG 2013 / ASTM D 2397	
				Min.	Max.
Penetración, 25°C (77°F), 100g, 5s, dmm	MTC E 304	ASTM D5	61	40	90
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	ASTM D113	> 100	40	
Solubilidad en Tricloroetileno, %	MTC E 302	ASTM D2042	99.6	97.5	-
<b>CONCLUSIONES</b>					
1. Los Resultados solo corresponden a la muestra Analizada					
2. Producto dentro de especificaciones					
3. Se recomienda en caso de Almacenamiento prolongado de la Emulsion agitar frecuentemente					
4. Para uso de Imprimacion Asfáltica se recomienda Dosificar con Agua (Agua / Emulsion - 2:1 a 4:1)					
ELABORADO POR (colocar nombre, cargo y firma):			APROBADO POR:		
LUIS LLUEN DIAZ INGENIERO DE LABORATORIO DE PEA			 Franca C. Conder Delgado Gerente General MCV EMULCORP E.I.R.L.		

## Anexo 11: Solicitud de algún estudio de mecánica de suelos reciente en la ciudad de San José



ASUNTO: Estudio de Mecánica de Suelos del Distrito de San José o un expediente que presente dicho documento

**MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN JOSÉ**  
**RECIBIDO - MESA DE PARTES**

N° DE REGISTRO <u>2973</u>	FECHA <u>11/10/2021</u>
<u>\$</u>	<u>11.56</u>
FIRMA	N° DE FOLIOS <u>02</u>

Sr. NICOLAS LLENQUE FIESTAS.  
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN JOSÉ


Me es grato dirigirme a Ud. Para saludarlo cordialmente y a la vez manifestarle lo siguiente:  
Yo, Vania Vilcama, mún Inyayon  
Domiciliado en: Nicolás de Ayllón 228 - J.L.O - Ch. cluyo Lambuyoque  
Identificado en: \_\_\_\_\_  
Identificado con DNI N° 90275921  
Distrito: José Leopoldo Ortiz Provincia: Chiclayo Departamento: Lambuyoque

Me presento a su institución, para solicitarle lo siguiente:  
un estudio de Mecánica de Suelos del distrito de San José o algún expediente técnico que presente dicho documento, puesto que lo necesito para la elaboración de mi tesis en la universidad USAF, siendo el tema "Adición de Material Bituminoso en el concreto para sobrecimiento como medida preventiva ante la humedad en San José"


Por tal motivo me presento ante su digno despacho que, al cumplir con la documentación y pagos correspondiente al trámite, ordene el área correspondiente haga propicia la atención.  
Me despido de Ud. No sin antes reiterarle mi muestra de aprecio y estima personal.

San José 11 de octubre del 2021

Atentamente

  
FIRMA

## Anexo 12: Solicitud a la municipalidad de San José de noduplicidad de proyecto de tesis



ASUNTO: Solicitud de información de  
duplicidad o existencia de  
algún proyecto relacionado al uso  
de concreto simple con adición de  
materiales bituminosos para sobreamientos

Sr. NICOLAS LLENQUE FIESTAS.  
 ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN JOSÉ

Me es grato dirigirme a Ud. Para saludarlo cordialmente y a la vez manifestarle lo siguiente:  
 Yo, Vania Ulcahuaman Irigoyen  
 Domiciliado en: Nicolás de Ayllón 228  
 Identificado en: \_\_\_\_\_  
 Identificado con DNI N° 7027 5921  
 Distrito: José Leonardo Ortiz Provincia: Chiclayo Departamento: Lambayque

Me presento a su institución, para solicitarle lo siguiente:  
Solito información acerca de la implementación de concreto  
simple adicionado con material bituminoso para sobreamientos  
en San José en alguna obra o proyecto. De no ser el caso,  
solicito un documento que verifique su inexistencia.

Por tal motivo me presento ante su digno despacho que, al cumplir con la documentación y pagos correspondiente al trámite, ordene el área correspondiente haga propicia la atención. Me despido de Ud. No sin antes reiterarle mi muestra de aprecio y estima personal.

San José 26 de Octubre del 2021

Atentamente

**RECIBIDO - MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN JOSÉ - PARTES**  
 N° DE REGISTRO: 3146 28/10/2021  
 HORA: 12:06  
 N° DE FOLIOS: 02  
 FIRMA: \_\_\_\_\_

### Anexo 13: Ensayo de asentamiento



**Anexo 13.1:** Slump 1" (175-10%).



**Anexo 13.2:** Slump 3" (175-10%).



**Anexo 13.3:** Slump 3" (175-10%).



**Anexo 13.4:** Slump 3" (175-20%).



**Anexo 13.5:** Slump 3" (175-30%).



**Anexo 13.6:** Slump 4" (210-0%).



**Anexo 13.7:** Slump 3" (210-0%).



**Anexo 13.8:** Slump 2" (210-10%).



**Anexo 13.9:** Slump 3" (210-10%).



**Anexo 13.10:** Slump 3" (210-10%).



**Anexo 13.11:** Slump 4" (210-30%).



**Anexo 13.12:** Slump 4" (210-30%).



**Anexo 13.13:** Slump 3" (210-30%).

## Anexo 14: Ensayo de resistencia a la compresión



**Anexo 14.1:** P1 -  $f'c$  175 - EA 0%.



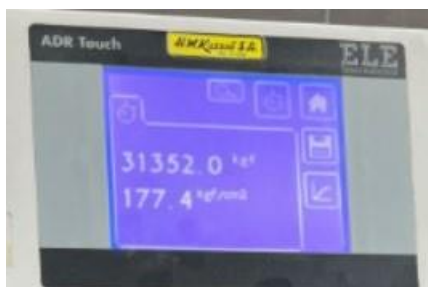
**Anexo 14.2:** P8 -  $f'c$  175 - EA 0%.



**Anexo 14.3:** P9 -  $f'c$  175 - EA 0%.



**Anexo 14.4:** P2 -  $f'c$  175 - EA 0%.



**Anexo 14.5:** P3 -  $f'c$  175 - EA 0%.



**Anexo 14.6:** P4 -  $f'c$  175 - EA 0%.



**Anexo 14.7:** P5 -  $f'c$  175 - EA 0%.



**Anexo 14.8:** P6 -  $f'c$  175 - EA 0%.



**Anexo 14.9:** P7 -  $f_c$  175 - EA 0%.



**Anexo 14.10:** P9 -  $f_c$  175 - EA 10%.



**Anexo 14.11:** P1 -  $f_c$  175 - EA 10%.



**Anexo 14.12:** P2 -  $f_c$  175 - EA 10%.



**Anexo 14.13:** P3 -  $f'c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 14.14:** P4-  $f'c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 14.15:** P5 -  $f'c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 14.16:** P1 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 14.17:** P2 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 14.18:** P3 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 14.19:** P4 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 14.20:** P5 -  $f'c$  175 - EA  
20%. *Fuente Propia.*





**Anexo 14.21:** P4 -  $f'_c$  175 - EA  
30%. *Fuente Propia.***Anexo 14.21:**

**Anexo 14.22:** P5 -  $f'_c$  175 - EA  
30%. *Fuente Propia.***Anexo 14.22:**

**Anexo 14.23:** P6 -  $f'_c$  175 - EA  
30%. *Fuente Propia.***Anexo 14.23:**

**Anexo 14.24:** P7 -  $f'_c$  175 - EA  
30%. *Fuente Propia.***Anexo 14.24:**



**Anexo 14.25:** P1 - f'c 210 - EA 0%.



**Anexo 14.26:** P2- f'c 210 - EA 0%.



**Anexo 14.27:** P3 - f'c 210 - EA 0%.



**Anexo 14.28:** P9 - f'c 210 - EA 10%.



**Anexo 14.29:** P1 - f'c 210 - EA  
10%.



**Anexo 14.30:** P2 - f'c 210 - EA  
10%.



**Anexo 14.31:** P4 - f'c 210 - EA  
10%.



**Anexo 14.32:** P5 - f'c 210 - EA  
10%.



**Anexo 14.33:** P6 - f'c 210 - EA  
10%.



**Anexo 14.34:** P9 - f'c 210 - EA  
20%.



**Anexo 14.35:** P1 - f'c 210 - EA  
20%.



**Anexo 14.36:** P2 - f'c 210 - EA  
20%.



**Anexo 14.37:** P3 - f'c 210 - EA  
20%.



**Anexo 14.38:** P4 - f'c 210 - EA  
20%.



**Anexo 14.39:** P5 - f'c 210 - EA  
20%.



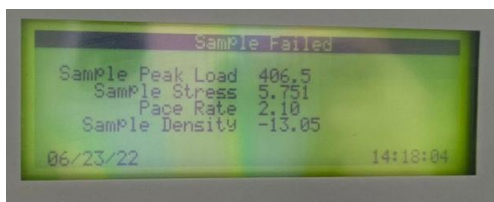
**Anexo 14.40:** P1 - f'c 210 - EA  
30%.



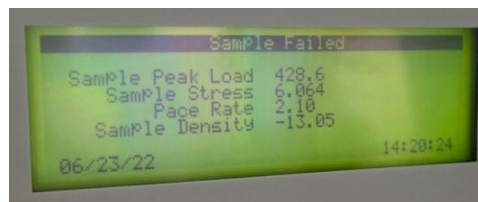
**Anexo 14.41:** P2 -  $f_c$  210 - EA 30%.



**Anexo 14.42:** P3 -  $f_c$  210 - EA 30%.



**Anexo 14.43:** P7 -  $f_c$  210 - EA 0%.



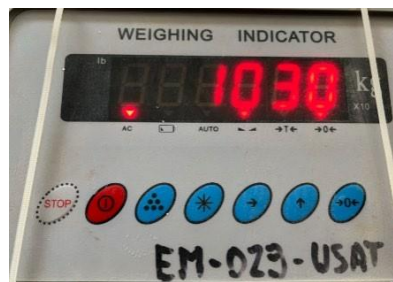
**Anexo 14.44:** P8 -  $f_c$  210 - EA 0%.



**Anexo 15: Ensayo de cambio de longitud en morteros de cementoportland expuestos a soluciones sulfatadas**



**Anexo 15.1:** C1 -  $f'_c$  175 - EA 0%.



**Anexo 15.2:** C2 -  $f'_c$  175 - EA 0%.



**Anexo 15.3:** C3 -  $f'_c$  175 - EA 0%.



**Anexo 15.4:** C1 -  $f'_c$  175 - EA 10%.



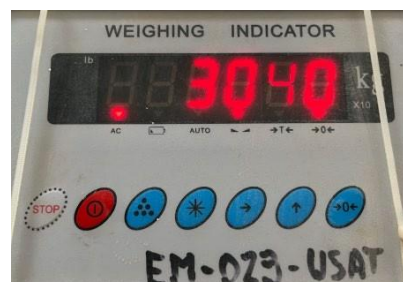
**Anexo 15.5:** C2 -  $f_c$  175 - EA 10%.



**Anexo 15.6:** C3 -  $f_c$  175 - EA 10%.



**Anexo 15.7:** C1 -  $f_c$  175 - EA 20%.



**Anexo 15.8:** C2 -  $f_c$  175 - EA 20%.



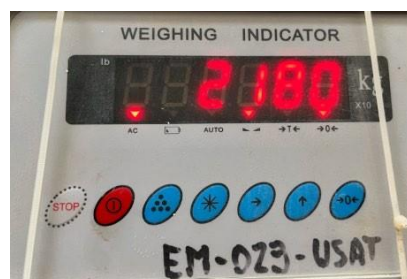
**Anexo 15.9:** C3 -  $f_c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 15.10:** C1 -  $f_c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 15.11:** C2 -  $f_c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 15.12:** C3 -  $f_c$  175 - EA  
30%. *Fuente Propia.*



**Anexo 15.13:** C1 - f'c 210 - EA  
0%. Fuente Propia.



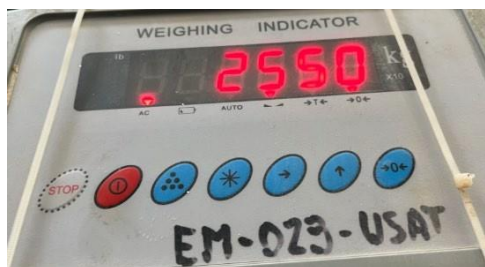
**Anexo 15.14:** C2 - f'c 210 - EA  
0%.



**Anexo 15.15:** C3 - f'c 210 - EA  
0%.



**Anexo 15.16:** C1 - f'c 210 - EA  
10%.



**Anexo 15.17:** C2 - f<sub>c</sub> 210 - EA  
10%.



**Anexo 15.18:** C3 - f<sub>c</sub> 210 - EA  
10%.



**Anexo 15.19:** C1 - f<sub>c</sub> 210 - EA  
20%.



**Anexo 15.20:** C2 - f<sub>c</sub> 210 - EA  
20%.



**Anexo 15.21:** C3 -  $f_c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 15.22:** C1 -  $f_c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 15.23:** C2 -  $f_c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 15.24:** C3 -  $f_c$  210 - EA  
30%.

### Anexo 16: Variación de peso unitario del concreto



**Anexo 16.1:** Pf8 -  $f'c$  175 - EA  
0%.



**Anexo 16.2:** Ps8 -  $f'c$  175 - EA  
0%.



**Anexo 16.3:** Pf9 -  $f'c$  175 - EA  
0%.



**Anexo 16.4:** Ps9 -  $f'c$  175 - EA  
0%.



**Anexo 16.5:** Pf11 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.6:** Pf12 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.7:** Pf1 -  $f'_c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.8:** Ps1 -  $f'_c$  175 - EA  
10%.



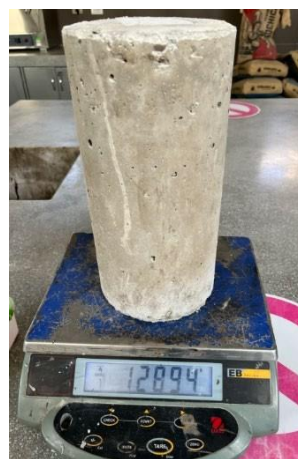
**Anexo 16.9:** Pf2 -  $f'_c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.10:** Ps2 -  $f'_c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.11:** Pf3 -  $f'_c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.12:** Ps3 -  $f'_c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.13:** Pf4 -  $f'c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.14:** Ps4 -  $f'c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.15:** Pf5 -  $f'c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.16:** Ps5 -  $f'c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.17:** Pf6 -  $f'c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.18:** Ps6 -  $f'c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.19:** Pf7 -  $f'_c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.20:** Ps7 -  $f'_c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.21:** Pf8 -  $f'_c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.22:** Ps8 -  $f'_c$  175 - EA  
10%.



**Anexo 16.23:** Pf1 -  $f'_c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.24:** Ps1 -  $f'_c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.25:** Pf2 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.26:** Ps2 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.27:** Pf3 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.28:** Ps3 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.29:** Pf4 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.30:** Ps4 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.31:** Pf5 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.32:** Ps5 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.33:** Pf6 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.34:** Ps6 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.35:** Pf7 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.36:** Ps7 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.37:** Pf8 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.38:** Ps8 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.39:** Pf9 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.40:** Ps9 -  $f'c$  175 - EA  
20%.



**Anexo 16.41:** Pf1 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.42:** Ps1 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.43:** Pf2 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.44:** Ps2 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.45:** Pf3 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.46:** Ps3 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.47:** Pf4 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.48:** Ps4 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.49:** Pf5 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.50:** Ps5 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.51:** Pf6 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.52:** Ps6 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.53:** Pf7 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.54:** Ps7 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.55:** Pf8 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.56:** Ps8 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.57:** Pf9 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.58:** Ps9 -  $f'c$  175 - EA  
30%.



**Anexo 16.59:** Pf1 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.60:** Ps1 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.61:** Pf2 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.62:** Ps2 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.63:** Pf3 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.64:** Ps3 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.65:** Pf4 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.66:** Ps4 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.67:** Pf5 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.68:** Ps5 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.69:** Pf6 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.70:** Ps6 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.71:** Pf7 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.72:** Ps7 -  $f'c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.73:** Pf8 -  $f'_c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.74:** Ps8 -  $f'_c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.75:** Pf9 -  $f'_c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.76:** Ps9 -  $f'_c$  210 - EA  
0%.



**Anexo 16.77:** Pf1 -  $f'_c$  210 - EA  
10%.



**Anexo 16.78:** Ps1 -  $f'_c$  210 - EA  
10%.



**Anexo 16.79:** Pf2 -  $f'_c$  210 - EA  
10%.



**Anexo 16.80:** Ps2 -  $f'_c$  210 - EA  
10%.



**Anexo 16.81:** Pf3 -  $f'_c$  210 - EA  
10%.



**Anexo 16.82:** Ps3 -  $f'_c$  210 - EA  
10%.



**Anexo 16.83:** Pf9 -  $f'_c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.84:** Ps9 -  $f'_c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.85:** Pf1 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.86:** Ps1 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.87:** Pf2 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.88:** Ps2 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.89:** Pf3 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.90:** Ps3 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.91:** Pf4 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.92:** Ps4 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.93:** Pf5 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.94:** Ps5 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.95:** Pf6 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.96:** Ps6 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.97:** Pf7 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.98:** Ps7 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.99:** Pf8 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.100:** Ps8 -  $f'c$  210 - EA  
20%.



**Anexo 16.101:** Pf1 -  $f'c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 16.102:** Ps1 -  $f'c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 16.103:** Pf2 -  $f'c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 16.104:** Ps2 -  $f'c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 16.105:** Pf3 -  $f'c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 16.106:** Ps3 -  $f'c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 16.107:** Pf4 -  $f'c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 16.108:** Ps4 -  $f'c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 16.109:** Pf5 -  $f'c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 16.110:** Ps5 -  $f'c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 16.111:** Pf6 -  $f'c$  210 - EA  
30%. *Fuente Propia.*



**Anexo 16.112:** Ps6 -  $f'c$  210 - EA  
30%.



**Anexo 16.113:** Pf7 -  $f'c$  210 - EA  
30%. *Fuente Propia.*



**Anexo 16.114:** Ps7 -  $f'c$  210 - EA  
30%. *Fuente Propia.*



**Anexo 16.115:** Pf8 - f'c 210 - EA  
30%. Fuente Propia. Anexo



**Anexo 16.117:** Pf9 - f'c 210 - EA  
30%. Fuente Propia.



**Anexo 16.118:** Ps9 - f'c 210 - EA  
30%.

Anexo 17: Ensayos de granulometría, humedad y límites de Atterberg de la calicata



Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Chiclayo – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyc.eirl.com

Solicitante : VANIA VILCAHUAMÁN IRIGOYEN  
 Ubicación : Caleta San José, Distrito Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : Viernes, 01 de abril del 2022  
 Fecha de emisión : Viernes, 08 de abril del 2022.

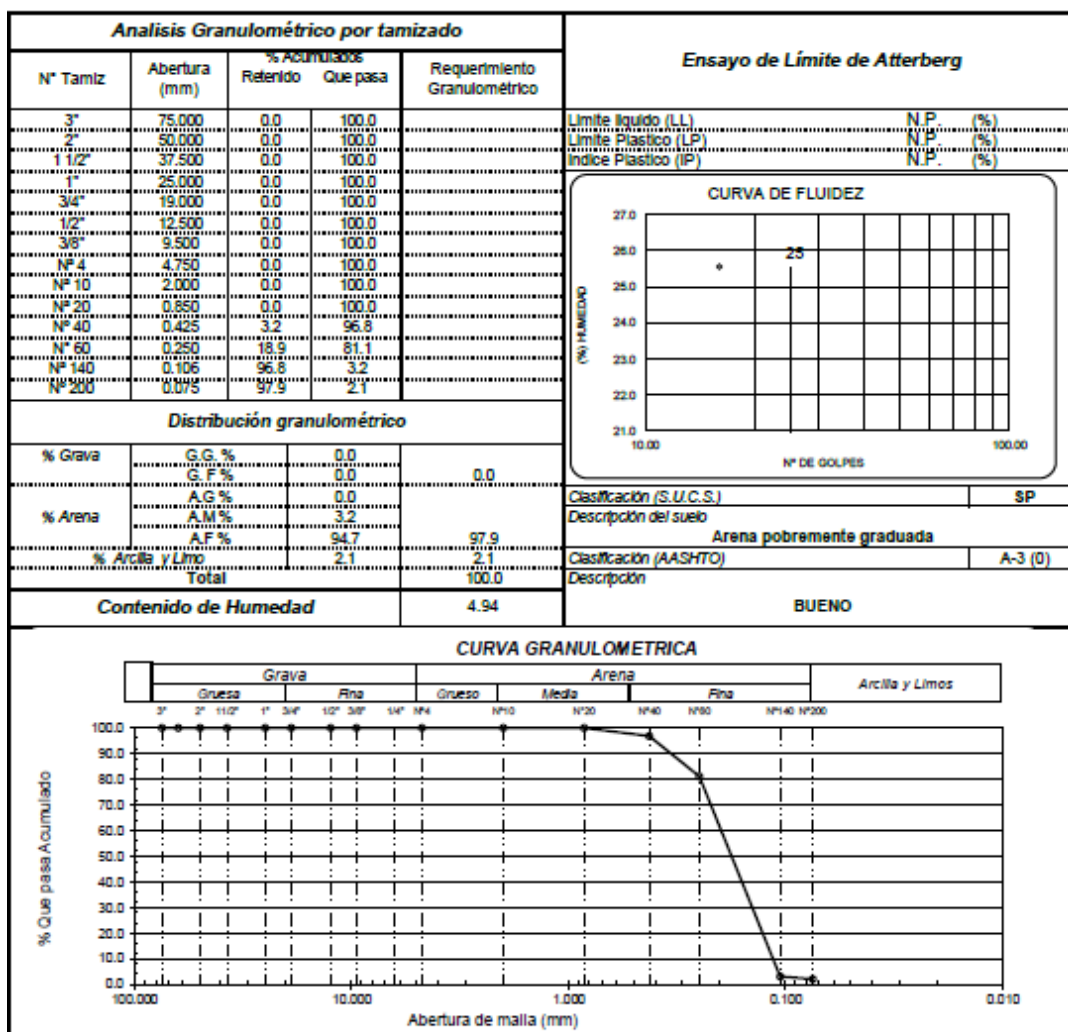
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 399.127: 1996

Calicata: C - 1

Estrato: E - 1

Profundidad: 0.20 - 1.50m



Observaciones:  
 - Muestreo, identificación y ensayo realizado, por el SOLICITANTE.



## Anexo 18: Ensayo de gravedad específica de la calicata



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitante : VANIA VILCAHUAMÁN IRIGOYEN  
 Proyecto : EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO ESTABILIZADO MEDIANTE EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN LA HABILITACION URBANA CONSUELITO, CHICLAYO  
 Ubicación : Caleta San José, Distrito Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de Apertura : Viernes, 01 de abril del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de suelo para determinar el peso específico relativo de las particular solidas de un suelo

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.131 : 1999

<i>Calicata</i>	: C-1
<i>Estrato</i>	: E-1
<i>Profundidad</i>	: 0.20m - 1.50 m
Gravedad Específica de Sólidos ( $G_s$ )	2.76

Observación:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado, por el SOLICITANTE

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON CLAYA AGUILAR  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 19: Ensayo de próctor modificado de la calicata



**LEMS W&C EIRL**

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceir@gmail.com

### INFORME DE ENSAYO

Solicitante : VANIA VILCAHUAMÁN IRIGOYEN  
Ubicación : Caleta San José, Distrito Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de recepción : Viernes, 01 de abril del 2022  
Fecha de emisión : Viernes, 08 de abril del 2022.

Norma empleada:

Código	Norma
N.T.P. 399.141	SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificado (2,700 KN-m/m <sup>3</sup> (56,000 pie-lbf/pie <sup>3</sup> ))

Identificación de la muestra:

Calicata:	Estrato:	Profundidad:
C-1	E-1	0.20 - 1.50 m

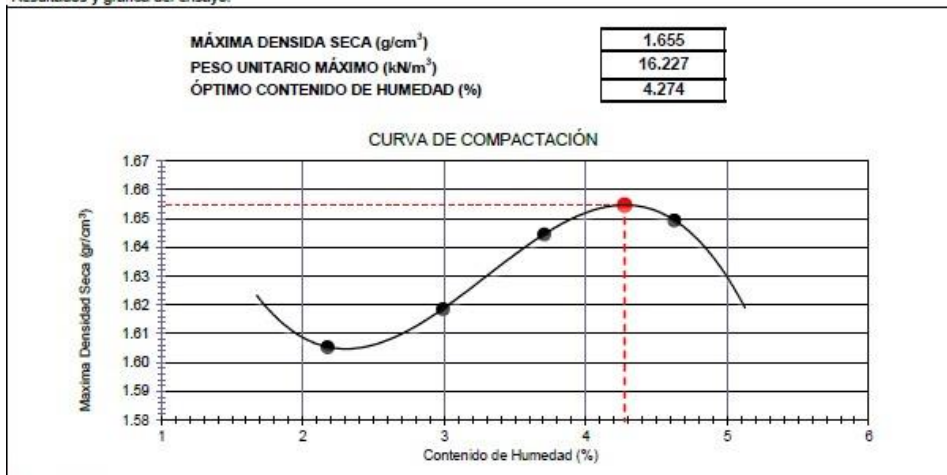
Datos de la muestra y equipo:

Calculo procedimiento	Procedimiento de Ensayo	Incorporando:
% Ret. Tamiz 3/4 in.: 0.00	<b>A</b>	-
% Ret. Tamiz 3/8 in.: 0.00	Método de Preparación	Tipo de pisón
% Ret. Tamiz No. 4: 0.00	<b>Húmedo</b>	<b>Manual</b>

Los resultados del ensayo:

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.17	2.99	3.71	4.63
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.605	1.619	1.645	1.649
PESO UNITARIO SECO (KN/m <sup>3</sup> )	15.744	15.874	16.128	16.176

Resultados y gráfica del ensayo:



Observación:

- Muestreo, identificación y ensayo realizado, por el SOLICITANTE.

**LEMS W&C EIRL**  
*Wilson Olaya Aguilar*  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

*Miguel Angel Ruiz Perales*  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 20: Ensayo de sales solubles totales de la calicata



Solicitante : VANIA VILCAHUAMÁN IRIGOYEN  
 Proyecto / Obra : EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO ESTABILIZADO MEDIANTE EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN LA HABILITACION URBANA CONSUELITO, CHICLAYO  
 Ubicación : Caleta San José, Distrito Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : Viernes, 01 de abril del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelo y agua subterránea.  
 REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.152 : 2002

<u>Calicata</u>	: C-1		
<u>Estrato</u>	: E-1		
<u>Profundidad</u>	: 0.20 - 1.50m		
Constituyentes de sales solubles totales		ppm	1120
Constituyentes de sales solubles totales		%	0.11

### Observaciones:

- Identificación, muestreo y ensayo realizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.P. 246904

## Anexo 21: Ensayo de pH de la zona de estudio



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswcoeirl@gmail.com

Solicitante : VANIA VILCAHUAMÁN IRIGOYEN  
Ubicación : Caleta San José, Distrito Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : Miércoles, 04 de mayo del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo normalizado para la determinación de valor pH en suelos y agua subterránea.

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.176 : 2020 (revisada el 2015)

<u>Calicata</u>	: C-1
<u>Estrato</u>	: E-1
<u>Profundidad</u>	: 0.20 m. -1.50 m
pH	5.7

### Observaciones:

- Muestreo, identificadas y ensayorealizado por el solicitante.

  
**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 **Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 22: Ensayo de cloruros solubles de la zona de estudio



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VANIA VILCAHUAMÁN IRIGOYEN  
Ubicación : Caleta San José, Distrito Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 04 de mayo del 2022

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo para la determinación cuantitativa de cloruros solubles en suelos y agua subterránea.

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.177 : 2002

<i>Calicata</i>	: C - 1
<i>Estrato</i>	: E - 1
<i>Profundidad</i>	: 0.20 m. -1.50 m
Constituyentes de Cloruro solubles (Cl)	% 0.0034

### Observaciones:

- Identificación realizado por el solicitante.

**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
**INGENIERO CIVIL**  
**CIP. 246904**

## Anexo 23: Ensayo de sulfatos solubles de la zona de estudio



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceirl@gmail.com

Solicitante : VANIA VILCAHUAMÁN IRIGOYEN  
Ubicación : Caleta San José, Distrito Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
Fecha de Apertura : Miércoles, 04 de mayo del 2022

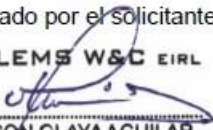

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación  
cuantitativa de sulfatos solubles en suelos y agua subterránea.

REFERENCIA : NORMA N.T.P. 399.178 : 2002

<i>Calicata</i>	: C - 1
<i>Estrato</i>	: E - 1
<i>Profundidad</i>	: 0.20 m. -1.50 m
Constituyentes de Sulfatos solubles (SO <sub>4</sub> )	% 0.0677

Observaciones:

- Identificación realizado por el solicitante.

  
  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 24: Elaboración de diseños de mezcla

### Anexo 24.1. Diseño de Mezcla de Concreto de $f'c$ 175 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 0% - TMN ¾”

9. Dosificación en peso				
1	:	2.48	:	2.8 / 26.32 + 0
				lt/bls                      lt/bls
Cantidad de materiales para testigos				
		D = 15cm / H = 30cm	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		2	0	3
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0138	0	0.0002
Cemento	kg	<b>4.62</b>	<b>0</b>	<b>0.07</b>
A. Fino	kg	<b>11.44</b>	<b>0</b>	<b>0.17</b>
A. Grueso	kg	<b>12.93</b>	<b>0</b>	<b>0.19</b>
Agua	lt	<b>2.86</b>	<b>0</b>	<b>0.04</b>
E. Asáltica	lt	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### Anexo 24.2. Diseño de Mezcla de Concreto de $f'c$ 175 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 10% - TMN ¾”

9. Dosificación en peso				
1	:	2.22	:	2.8 / 26.4 + 4.19
				lt/bls                      lt/bls
Cantidad de materiales para testigos				
		D = 15cm / H = 30cm	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		4	1	3
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0276	0.002	0.0002
Cemento	kg	<b>9.24</b>	<b>0.67</b>	<b>0.07</b>
A. Fino	kg	<b>20.5</b>	<b>1.49</b>	<b>0.15</b>
A. Grueso	kg	<b>25.86</b>	<b>1.87</b>	<b>0.19</b>
Agua	lt	<b>5.74</b>	<b>0.42</b>	<b>0.04</b>
E. Asáltica	lt	<b>0.91</b>	<b>0.07</b>	<b>0.01</b>

**Anexo 24.3. Diseño de Mezcla de Concreto de  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 20% - TMN  $\frac{3}{4}$ ”****13. Dosificación en peso**

**1 : 2.05 : 2.9 / 26.48 + 8.45**  
 lt/bls lt/bls

**Cantidad de materiales por tanda**

C = 42.5 kg/bls  
 AF = 87.13 kg/bls  
 AG = 123.25 kg/bls  
 Agua = 26.48 lt/bls  
 EA = 8.45 lt/bls

◆ = 287.81 kg/bls

**Cantidad de materiales para testigos**

		D = 15cm / H =	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		3	1	3
Desperdicio		1.25	1.25	1.25
Volumen		0.0199	0.002	0.0002
Cemento	kg	<b>6.51</b>	<b>0.65</b>	<b>0.07</b>
A. Fino	kg	<b>13.33</b>	<b>1.34</b>	<b>0.13</b>
A. Grueso	kg	<b>18.85</b>	<b>1.89</b>	<b>0.19</b>
Agua	lt	<b>4.06</b>	<b>0.4</b>	<b>0.04</b>
E. Asáltica	lt	<b>1.29</b>	<b>0.13</b>	<b>0.01</b>

**Anexo 24.4. Diseño de Mezcla de Concreto de  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 30% - TMN  $\frac{3}{4}$ ”****13. Dosificación en peso**

**1 : 1.78 : 2.9 / 26.57 + 12.74**  
 lt/bls lt/bls

**Cantidad de materiales por tanda**

C = 42.5 kg/bls  
 AF = 75.65 kg/bls  
 AG = 123.25 kg/bls  
 Agua = 26.57 lt/bls  
 EA = 12.74 lt/bls

◆ = 280.71 kg/bls

**Cantidad de materiales para testigos**

		D = 15cm / H =	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		3	2	3
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0207	0.0041	0.0002
Cemento	kg	<b>6.77</b>	<b>1.34</b>	<b>0.07</b>
A. Fino	kg	<b>12.07</b>	<b>2.39</b>	<b>0.12</b>
A. Grueso	kg	<b>19.61</b>	<b>3.88</b>	<b>0.19</b>
Agua	lt	<b>4.23</b>	<b>0.84</b>	<b>0.04</b>
E. Asáltica	lt	<b>2.03</b>	<b>0.4</b>	<b>0.02</b>

**Anexo 24.5. Diseño de Mezcla de Concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 0% - TMN  $\frac{3}{4}$ ”**

9. Dosificación en peso				
1		: 1.95	: 2.3 /	23.33 + 0
				lt/bls      lt/bls
Cantidad de materiales para testigos				
		D = 15cm / H = 30cm	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		1	3	3
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0069	0.0061	0.0002
Cemento	kg	<b>2.74</b>	<b>2.42</b>	<b>0.08</b>
A. Fino	kg	<b>5.32</b>	<b>4.71</b>	<b>0.15</b>
A. Grueso	kg	<b>6.29</b>	<b>5.56</b>	<b>0.18</b>
Agua	lt	<b>1.5</b>	<b>1.33</b>	<b>0.04</b>
E. Asáltica	lt	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Anexo 24.6. Diseño de Mezcla de Concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 10% - TMN  $\frac{3}{4}$ ”**

9. Dosificación en peso				
1		: 1.83	: 2.47 /	23.42 + 4.27
				lt/bls      lt/bls
Cantidad de materiales para testigos				
		D = 15cm / H = 30cm	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		4	1	3
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0276	0.002	0.0002
Cemento	kg	<b>10.44</b>	<b>0.76</b>	<b>0.08</b>
A. Fino	kg	<b>19.13</b>	<b>1.39</b>	<b>0.14</b>
A. Grueso	kg	<b>25.78</b>	<b>1.87</b>	<b>0.19</b>
Agua	lt	<b>5.75</b>	<b>0.42</b>	<b>0.04</b>
E. Asáltica	lt	<b>1.05</b>	<b>0.08</b>	<b>0.01</b>

**Anexo 24.7. Diseño de Mezcla de Concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 20% - TMN  $\frac{3}{4}$ ”**

9. Dosificación en peso									
1		:	1.71	:	2.68	/	23.48	+	8.49
							lt/bls		lt/bls
Cantidad de materiales para testigos									
		D = 15cm / H = 30cm	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)					
N°		1	3	3					
Desperdicio		1.3	1.3	1.3					
Volumen		0.0069	0.0061	0.0002					
Cemento	kg	<b>2.49</b>	<b>2.2</b>	<b>0.07</b>					
A. Fino	kg	<b>4.26</b>	<b>3.77</b>	<b>0.12</b>					
A. Grueso	kg	<b>6.65</b>	<b>5.88</b>	<b>0.19</b>					
Agua	lt	<b>1.38</b>	<b>1.22</b>	<b>0.04</b>					
E. Asáltica	lt	<b>0.5</b>	<b>0.44</b>	<b>0.01</b>					

**Anexo 24.8. Diseño de Mezcla de Concreto de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 30% - TMN  $\frac{3}{4}$ ”**

9. Dosificación en peso									
1		:	1.44	:	2.68	/	23.57	+	12.74
							lt/bls		lt/bls
Cantidad de materiales para testigos									
		D = 15cm / H = 30cm	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)					
N°		1	1	3					
Desperdicio		1.3	1.3	1.3					
Volumen		0.0069	0.002	0.0002					
Cemento	kg	<b>2.49</b>	<b>0.72</b>	<b>0.07</b>					
A. Fino	kg	<b>3.59</b>	<b>1.04</b>	<b>0.1</b>					
A. Grueso	kg	<b>6.67</b>	<b>1.93</b>	<b>0.19</b>					
Agua	lt	<b>1.38</b>	<b>0.4</b>	<b>0.04</b>					
E. Asáltica	lt	<b>0.75</b>	<b>0.22</b>	<b>0.02</b>					

**Anexo 24.9. Diseño de Mezcla de Mortero de  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 0%**

9. Dosificación en peso				
1		: 5.14	: 0	/ 24.95 + 0
				lt/bls      lt/bls
Cantidad de materiales para testigos				
		D = 15cm / H = 30cm	D = 10cm / H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		1	1	1
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0069	0.002	0.0002
Cemento	kg	<b>2.31</b>	<b>0.67</b>	<b>0.07</b>
A. Fino	kg	<b>11.88</b>	<b>3.44</b>	<b>0.34</b>
A. Grueso	kg	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Agua	lt	<b>1.36</b>	<b>0.39</b>	<b>0.04</b>
E. Asáltica	lt	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Anexo 24.10. Diseño de Mezcla de Mortero de  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 10%**

9. Dosificación en peso				
1		: 4.88	: 0	/ 25.04 + 4.19
				lt/bls      lt/bls
Cantidad de materiales para testigos				
		D = 15cm / H = 30cm	D = 10cm / H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		4	1	3
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0276	0.002	0.0005
Cemento	kg	<b>9.24</b>	<b>0.67</b>	<b>0.17</b>
A. Fino	kg	<b>45.12</b>	<b>3.27</b>	<b>0.82</b>
A. Grueso	kg	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Agua	lt	<b>5.44</b>	<b>0.39</b>	<b>0.1</b>
E. Asáltica	lt	<b>0.91</b>	<b>0.07</b>	<b>0.02</b>

**Anexo 24.11. Diseño de Mezcla de Mortero de  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 20%****13. Dosificación en peso**

**1 : 4.81 : 0 / 25.07 + 8.45**  
 lt/bls lt/bls

**Cantidad de materiales por tanda**

C = 42.5 kg/bls  
 AF = 204.43 kg/bls  
 AG = 0 kg/bls  
 Agua = 25.07 lt/bls  
 EA = 8.45 lt/bls  
 ◆ = 280.45 kg/bls

**Cantidad de materiales para testigos**

		D = 15cm / H =	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		1	3	3
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0069	0.0061	0.0005
Cemento	kg	<b>2.26</b>	<b>1.99</b>	<b>0.16</b>
A. Fino	kg	<b>10.85</b>	<b>9.59</b>	<b>0.79</b>
A. Grueso	kg	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Agua	lt	<b>1.33</b>	<b>1.17</b>	<b>0.09</b>
E. Asáltica	lt	<b>0.45</b>	<b>0.4</b>	<b>0.03</b>

**Anexo 24.12. Diseño de Mezcla de Mortero de  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 30%****13. Dosificación en peso**

**1 : 4.54 : 0 / 25.15 + 12.74**  
 lt/bls lt/bls

**Cantidad de materiales por tanda**

C = 42.5 kg/bls  
 AF = 192.95 kg/bls  
 AG = 0 kg/bls  
 Agua = 25.15 lt/bls  
 EA = 12.74 lt/bls  
 ◆ = 273.34 kg/bls

**Cantidad de materiales para testigos**

		D = 15cm / H =	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		1	3	3
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0069	0.0061	0.0005
Cemento	kg	<b>2.26</b>	<b>1.99</b>	<b>0.16</b>
A. Fino	kg	<b>10.25</b>	<b>9.06</b>	<b>0.74</b>
A. Grueso	kg	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Agua	lt	<b>1.34</b>	<b>1.18</b>	<b>0.09</b>
E. Asáltica	lt	<b>0.68</b>	<b>0.6</b>	<b>0.05</b>

**Anexo 24.13. Diseño de Mezcla de Mortero de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 0%**

9. Dosificación en peso				
1	:	3.86	:	0 / 22.31 + 0
				lt/bls                      lt/bls
Cantidad de materiales para testigos				
		D = 15cm / H = 30cm	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		1	3	3
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0069	0.0061	0.0005
Cemento	kg	<b>2.86</b>	<b>2.53</b>	<b>0.21</b>
A. Fino	kg	<b>11.03</b>	<b>9.75</b>	<b>0.8</b>
A. Grueso	kg	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Agua	lt	<b>1.5</b>	<b>1.33</b>	<b>0.11</b>
E. Asáltica	lt	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Anexo 24.14. Diseño de Mezcla de Mortero de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 10%**

9. Dosificación en peso				
1	:	4.18	:	0 / 22.21 + 4.27
				lt/bls                      lt/bls
Cantidad de materiales para testigos				
		D = 15cm / H = 30cm	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		4	1	3
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0276	0.002	0.0005
Cemento	kg	<b>10.44</b>	<b>0.76</b>	<b>0.19</b>
A. Fino	kg	<b>43.68</b>	<b>3.16</b>	<b>0.79</b>
A. Grueso	kg	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Agua	lt	<b>5.46</b>	<b>0.4</b>	<b>0.1</b>
E. Asáltica	lt	<b>1.05</b>	<b>0.08</b>	<b>0.02</b>

**Anexo 24.15. Diseño de Mezcla de Mortero de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 20%****13. Dosificación en peso**

**1 : 4.09 : 0 / 22.24 + 8.52**  
 lt/bls lt/bls

**Cantidad de materiales por tanda**

C = 42.5 kg/bls  
 AF = 173.83 kg/bls  
 AG = 0 kg/bls  
 Agua = 22.24 lt/bls  
 EA = 8.52 lt/bls  
 ◆ = 247.09 kg/bls

**Cantidad de materiales para testigos**

		D = 15cm / H =	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		3	1	3
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0207	0.002	0.0005
Cemento	kg	<b>7.65</b>	<b>0.74</b>	<b>0.18</b>
A. Fino	kg	<b>31.24</b>	<b>3.02</b>	<b>0.75</b>
A. Grueso	kg	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Agua	lt	<b>4</b>	<b>0.39</b>	<b>0.09</b>
E. Asáltica	lt	<b>1.53</b>	<b>0.15</b>	<b>0.04</b>

**Anexo 24.16. Diseño de Mezcla de Mortero de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> – E.A. 30%****9. Dosificación en peso**

**1 : 4 : 0 / 22.26 + 12.74**  
 lt/bls lt/bls

**Cantidad de materiales para testigos**

		D = 15cm / H = 30cm	D = 10cm /H = 20cm	Cubos (5x5x5cm)
N°		1	1	3
Desperdicio		1.3	1.3	1.3
Volumen		0.0069	0.002	0.0005
Cemento	kg	<b>2.49</b>	<b>0.72</b>	<b>0.18</b>
A. Fino	kg	<b>9.94</b>	<b>2.88</b>	<b>0.72</b>
A. Grueso	kg	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Agua	lt	<b>1.3</b>	<b>0.38</b>	<b>0.09</b>
E. Asáltica	lt	<b>0.75</b>	<b>0.22</b>	<b>0.05</b>