

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1    Introducción.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2    Objetivos.....</b>	<b>12</b>
1.2.1  Objetivo General.....	12
1.2.2  Objetivos Específicos.....	12
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1    El Hormigón.....</b>	<b>13</b>
2.1.1  Historia.....	13
2.1.1.1  Antes del Imperio Romano.....	13
2.1.1.2  Época del Imperio Romano.....	14
2.1.1.3  Siglo XIX, Cemento Puzolánico y Hormigón Armado.....	15
2.1.2  Componentes y Tipos de Hormigón.....	16
2.1.2.1  Componentes del Hormigón.....	16
2.1.2.2  Tipos de Hormigón.....	19
2.1.3  Propiedades del Hormigón.....	21
2.1.4  Dosificaciones y Resistencia.....	23
2.1.4.1  Métodos Empíricos:.....	23
2.1.4.2  Métodos Racionales:.....	24
2.1.4.3  Métodos Prácticos:.....	24
2.1.5  Usos del Hormigón.....	27
<b>2.2    El Fraguado.....</b>	<b>28</b>
2.2.1  Proceso.....	28
2.2.2  Factores que intervienen en el tiempo de fraguado.....	28
<b>2.3    Aditivos Retardadores.....</b>	<b>29</b>
2.3.1  ¿Qué son los Aditivos?.....	29
2.3.2  Aditivos retardadores de fraguado.....	32
2.3.2.1  Retracción como característica principal de los retardadores.....	34
2.3.3  Grupos retardadores.....	35
2.3.4  Retardadores de fraguado comerciales.....	37
<b>2.4    Retardadores de fraguado naturales.....</b>	<b>38</b>
2.4.1  Jugo de Limón.....	39
2.4.1.1  Inicio de su utilización.....	39
2.4.1.2  Composición química.....	40
2.4.2  Azúcar de Remolacha.....	41
2.4.2.1  Inicio de su utilización.....	42

2.4.2.2	Composición química .....	43
2.4.2.3	Proceso de obtención .....	44
<b>2.5</b>	<b>Retardadores de fraguado alternativos .....</b>	<b>45</b>
2.5.1	Sucedáneo jugo de limón .....	46
2.5.1.1	Composición química .....	46
2.5.2	Azúcar envasada.....	46
2.5.2.1	Composición química .....	47
<b>2.6</b>	<b>Comparación con retardadores de fraguado comercial.....</b>	<b>47</b>
2.6.1	Sika Tard-930 v/s Jugo de limón.....	47
2.6.2	Sika Retarder-50 v/s Azúcar.....	48
<b>2.7</b>	<b>Ensayos de laboratorio.....</b>	<b>50</b>
2.7.1	Ensayo Aguja de Vicat.....	50
2.7.2	Ensayo de compresión.....	52
2.7.2.1	Dosificación hormigón a utilizar .....	57
<b>CAPÍTULO III: PROPUESTA DE TRABAJO EXPERIMENTAL.....</b>		<b>58</b>
<b>3.1</b>	<b>Propuesta.....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE ETAPA EXPERIMENTAL .....</b>		<b>61</b>
<b>4.1</b>	<b>Obtención de azúcar de remolacha .....</b>	<b>61</b>
<b>4.2</b>	<b>Determinación de la granulometría .....</b>	<b>62</b>
4.2.1	Materiales e Instrumentos .....	62
4.2.2	Granulometría Grava.....	65
4.2.3	Granulometría Arena.....	65
<b>4.3</b>	<b>Determinación del material fino menor a 0,080 mm. ....</b>	<b>66</b>
<b>4.4</b>	<b>Determinación de las densidades reales, netas y absorción de agua de los áridos. ....</b>	<b>68</b>
4.4.1	Ensayo de absorción, densidades reales y netas de la arena.....	68
4.4.2	Ensayo de absorción, densidades reales y netas de la grava.....	69
<b>4.5</b>	<b>Dosificación de hormigones.....</b>	<b>71</b>
<b>4.6</b>	<b>Confección de hormigones .....</b>	<b>80</b>
4.6.1	Identificación de los hormigones a confeccionar .....	80
4.6.2	Corrección de masa de áridos y humedad de estos.....	81
4.6.3	Mezclado .....	84
4.6.4	Determinación de la docilidad de la mezcla.....	86
4.6.5	Confección y curado de las probetas .....	87
<b>4.7</b>	<b>Ensayo tiempos de fraguado .....</b>	<b>89</b>
<b>4.8</b>	<b>Ensayo a Compresión.....</b>	<b>92</b>

---

<b>CAPÍTULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>94</b>
<b>5.1 Resultados.....</b>	<b>95</b>
5.1.1 Tiempos de fraguado .....	95
5.1.2 Ensayo a Compresión.....	97
<b>5.2 Gráficos y análisis de resultados.....</b>	<b>101</b>
<b>CAPÍTULO VI: ANÁLISIS CON RETARDADORES COMERCIALES.....</b>	<b>109</b>
• Sika Tard-930 v/s Jugo de limón .....	109
• Sika Retarder-50 v/s azúcar refinada .....	110
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES .....</b>	<b>111</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>117</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Muro Mampostería en Seco. ....	14
<b>Figura 2:</b> Testigo de Hormigón Romano .....	15
<b>Figura 3:</b> Efecto de modificadores de fraguado sobre las resistencias de un hormigón. ....	34
<b>Figura 4:</b> Curva tiempo de fraguado v/s cantidad de retardador.....	37
<b>Figura 5:</b> Fórmula estructural del ácido cítrico.....	41
<b>Figura 6:</b> Fórmula estructural del ácido fórmico. ....	41
<b>Figura 7:</b> Remolacha azucarera en estado natural.....	42
<b>Figura 8:</b> Fórmula estructural sacarosa.....	44
<b>Figura 9:</b> Ejemplo corte de Remolacha.....	45
<b>Figura 10:</b> Diagrama de retraso/estabilización en función de dosificación. ....	48
<b>Figura 11:</b> Gráfico de resistencia a la compresión al aplicar Sika Retarder-50.....	50
<b>Figura 12:</b> Aguja de Vicat.....	52
<b>Figura 13:</b> Sección de ensayo probeta cúbica. ....	54
<b>Figura 14:</b> Altura de la probeta cúbica.....	55
<b>Figura 15:</b> Sección de ensayo probeta cilíndrica. ....	55
<b>Figura 16 :</b> Altura de la probeta cilíndrica. ....	55
<b>Figura 17:</b> Prensa de Ensayo a compresión de hormigón. ....	57
<b>Figura 18:</b> Remolacha en forma de coquetas. ....	61
<b>Figura 19:</b> Áridos utilizados. ....	62
<b>Figura 20:</b> Balanza utilizada. ....	63
<b>Figura 21:</b> Recipientes metálicos.....	63
<b>Figura 22:</b> Tamices utilizados para ensayos. ....	64
<b>Figura 23:</b> Betonera utilizada.....	84
<b>Figura 24:</b> Betonera con hormigón en proceso de confección.....	85
<b>Figura 25:</b> Cono de Abrams realizado. ....	87
<b>Figura 26:</b> Molde utilizado para la confección de probetas (15 x 15 cm). ....	88
<b>Figura 27:</b> Vibrador mecánico utilizado. ....	88
<b>Figura 28:</b> Piscina de curado para las muestras. ....	89
<b>Figura 29:</b> Aparato Aguja de Vicat.....	90
<b>Figura 30:</b> Muestra para ensayo de aguja de Vicat.....	91
<b>Figura 31:</b> Muestra para realizar ensayo de tiempos de fraguado.....	91
<b>Figura 32:</b> Termómetro Laser utilizado para el estudio.....	92
<b>Figura 33:</b> Prensa de ensayo a compresión. ....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Componentes del Cemento Portland.....	16
<b>Tabla 2:</b> Tipos de cemento portland especiales.....	17
<b>Tabla 3:</b> Componentes del Cemento Puzolánico. Elaboración propia. ....	18
<b>Tabla 4:</b> Tabla de la resistencia especificada. ....	25
<b>Tabla 5:</b> Tabla resumen de dosificaciones características.....	27
<b>Tabla 6:</b> Tabla resumen de dosificaciones características.....	32
<b>Tabla 7:</b> Retardadores de fraguado comerciales. ....	38
<b>Tabla 8:</b> Composición química jugo de limón. ....	40
<b>Tabla 9:</b> Composición química azúcar de remolacha. ....	43
<b>Tabla 10:</b> Composición química jugo de limón. ....	46
<b>Tabla 11:</b> Composición química azúcar refinada.....	47
<b>Tabla 12:</b> Dosificaciones de hormigones. ....	57
<b>Tabla 13:</b> Granulometría de grava. ....	65
<b>Tabla 14:</b> Granulometría de grava. ....	66
<b>Tabla 15:</b> Datos de material fino menor a 0,080 mm arena. ....	67
<b>Tabla 16:</b> Datos de material fino menor a 0,080 mm grava.....	67
<b>Tabla 17:</b> Datos de ensayo densidades arena. ....	68
<b>Tabla 18:</b> Resultados de densidades y absorción de arena.....	69
<b>Tabla 19:</b> Datos de ensayo densidades de la grava. ....	70
<b>Tabla 20:</b> Resultados de densidades y absorción de arena.....	71
<b>Tabla 21:</b> Factor de corrección.....	72
<b>Tabla 22:</b> Factor E.....	72
<b>Tabla 23:</b> Resistencia v/s razón a/c. ....	73
<b>Tabla 24:</b> Contenido de aire según tamaño máximo nominal (l/m <sup>3</sup> ).....	74
<b>Tabla 25:</b> Valor correspondiente a M. ....	75
<b>Tabla 26:</b> Valor correspondiente a N. ....	76
<b>Tabla 27:</b> Datos para realizar cálculo final de cada componente.....	78
<b>Tabla 28:</b> Resumen de dosificación para hormigón G25. ....	79
<b>Tabla 29:</b> Identificación de hormigones.....	80
<b>Tabla 30:</b> Cálculo de humedad arena.....	82
<b>Tabla 31:</b> Dosificación base para confeccionar 6 probetas. ....	82
<b>Tabla 32:</b> Dosificación corregida para el día uno. ....	83
<b>Tabla 33:</b> Dosificación corregida para el día dos.....	83
<b>Tabla 34:</b> Dosificación corregida para el día tres.....	84
<b>Tabla 35:</b> Resumen de cantidad de retardador aplicado por día. ....	86
<b>Tabla 36:</b> Tiempo de fraguado Hormigón patrón. ....	95
<b>Tabla 37:</b> Datos para realizar interpolación. ....	96
<b>Tabla 38:</b> Resumen de tiempos de fraguado de aditivos.....	97
<b>Tabla 39:</b> Resumen resistencia hormigón patrón a 7, 14 y 28 días.....	98
<b>Tabla 40 :</b> Resistencias alcanzadas por los hormigones a los 14 días.....	99
<b>Tabla 41:</b> Resistencias alcanzadas por los hormigones a los 28 días.....	99
<b>Tabla 42:</b> Resistencias alcanzadas por los hormigones a los 80 días.....	100

**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

<b>Gráfico 1:</b> Faury – Joisel, determinación de porcentajes de componentes de hormigón. ....	77
<b>Gráfico 2:</b> Tiempos de inicio y final de fraguado de hormigón con jugo de limón natural. ....	101
<b>Gráfico 3:</b> Tiempos de inicio y final de fraguado de hormigón con sucedáneo de jugo de limón. ....	102
<b>Gráfico 4:</b> Tiempos de inicio de fraguado para jugo de limón v/s sucedáneo de limón. ....	102
<b>Gráfico 5:</b> Tiempos de fraguado hormigón retardado con remolacha. ....	103
<b>Gráfico 6:</b> Tiempos de fraguado hormigón retardado con azúcar. ....	103
<b>Gráfico 7:</b> Tiempos de inicio de fraguado hormigón con remolacha v/s hormigón con azúcar. ...	104
<b>Gráfico 8:</b> Resumen de tiempos de fraguado ordenados de menor a mayor. ....	105
<b>Gráfico 9:</b> Resistencia de hormigón patrón v/s resistencia hormigón con jugo de limón. ....	106
<b>Gráfico 10:</b> Resistencia hormigón patrón v/s resistencia hormigón con sucedáneo de limón. ....	106
<b>Gráfico 11:</b> Resistencia hormigón patrón v/s resistencia hormigón con remolacha. ....	107
<b>Gráfico 12:</b> Resistencia hormigón patrón v/s resistencia hormigón con azúcar refinada. ....	107
<b>Gráfico 13:</b> Tiempos de fraguado de jugo de limón v/s Sika Tard-930. ....	109
<b>Gráfico 14:</b> Tiempos de fraguado Azúcar refinada v/s Sika Retarder-50. ....	110